



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG



BukitAsam



INKINDO



+62 721 704947



sinta@eng.unila.ac.id



+62 721 704947 PABX : 202



sinta.eng.unila.ac.id



9 772655 291010

SEMINAR NASIONAL
ILMU TEKNIK
DAN APLIKASI INDUSTRI

ISSN 2655-2914

 **SINTA** 2019

TANTANGAN DAN PELUANG RISET PERGURUAN TINGGI
UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN DUNIA INDUSTRI BERKELANJUTAN



25 SEPTEMBER 2019
BANDAR LAMPUNG

PROSIDING SEMINAR

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG
Jln. Prof . Sumantri Brojonegoro No.1 Bandarlampung 35145

SAMBUTAN KETUA PANITIA

Assalamualaikum wr wb

Alhamdulillahirobbil alamin ...

Tabikpun

Pada kesempatan ini iijinkan saya selaku ketua panitia kegiatan SEMINAR NASIONAL HASIL PENELITIAN SAINS, TEKNIK DAN APLIKASI INDUSTRI FT UNILA (SINTA) tahun 2019 untuk menyampaikan laporan singkat dan kumpulan paper yang telah terseleksi sebagai prosiding seminar nasional.

Seminar di tahun 2019 ini merupakan seminar SINTA kedua yang dikelola oleh Fakultas Teknik Universitas Lampung dan merupakan salah satu seminar nasional yang dimiliki oleh Universitas Lampung dan diberi nama SINTA 2019. Tahun ini seminar nasional SINTA 2019 mengusung tema **“Tantangan dan Peluang Riset Perguruan Tinggi untuk Memenuhi Kebutuhan Dunia Industri Berkelanjutan”**. Hal ini dilatarbelakangi oleh kegiatan penelitian di Perguruan Tinggi yang sangat digalakkan oleh Pemerintah dengan tinjauan luaran penelitian agar memacu para peneliti untuk menghasilkan output yang mendapat pengakuan tinggi baik dalam bentuk artikel jurnal internasional bereputasi maupun dalam bentuk paten produk/proses yang pada akhirnya mengarah kepada hilirisasi hasil penelitian dalam bentuk bisnis produk riset. Selain itu Seminar Nasional SINTA 2019 bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk penelitian Perguruan Tinggi, berdiskusi tentang perkembangan penelitian terkini dalam bidang sains dan keteknikan dan meningkatkan peluang kerjasama antar bidang bagi para peneliti.

Dalam kesempatan ini SINTA 2019 menghadirkan 4 (empat) pembicara utama yang terdiri dari berbagai disiplin ilmu baik dari bidang pelaksana, ilmuwan dan praktisi yang memiliki kompetensi tinggi dibidangnya masing-masing. Adapun keempat pembicara tersebut berasal dari Akademisi dan Peneliti pada Balai Besar Bendungan Indonesia, Direktur Operasional PT. Waskita Karya, dosen Institut Teknologi Bandung dan tentunya wakil dari Universitas Lampung. Mengingat padatnya jadwal dan maraknya seminar nasional yang dikelola oleh beberapa universitas di kawasan barat, maka peserta tahun ini mengalami penurunan hamper 50%, namun hal ini tidak menyurutkan apresiasi dan kontribusi peserta dalam seminar ini. Peserta yang hadir tidak hanya dari akademisi tetapi juga dari praktisi yang ada di Provinsi Lampung maupun diluar Provinsi Lampung. Terdapat 5 bidang utama yang diseminarkan, yaitu: Teknik Kimia dan Lingkungan, Teknik Elektro dan Informatika, Teknik Geologi dan Geofisika, Teknik Sipil dan Arsitektur dan Teknik Mesin dan Material.

Terimakasih yang banyak kami sampaikan kepada para sponsor: PT. Waskita Karya, PT. Bukit Asam, Inkindo Provinsi Lampung dan Selaksa. Terimakasih kepada para rekan dosen dan mahasiswa yg sangat membantu agar acara dapat terselenggara. Terakhir kepada pihak hotel Emersia yg telah dengan baik bekerjasama agar acara ini dapat berlangsung dengan sukses.

Billahi taufik walhidayah Wassalamualaikum wr wb.

Bandar Lampung, 25 Oktober 2019

Andius D. Putra, S.T., M.T., Ph.D

DAFTAR ISI

Penerapan Teknik Data Mining Decision Tree untuk Penentuan Pola Peminatan pada Jalur Penerimaan Mahasiswa Baru Universitas Lampung <i>Era Desti Ramayani, Fadila Amelia Fitri, Moch Mogi Ibrahim, dan Gigih Forda Nama</i>	 1 - 8
Karakteristik Fisik dan Organoleptik Pempek menggunakan Surimi Hasil Budidaya <i>Dasir, Suyatno, Rosmiah</i>	 9 - 15
Perkembangan Arsitektur Rumah Adat Tradisional Bali Kawasan Seputih Raman Lampung Tengah <i>Diana Lisa, Fadhilah Rusmiati, I Gede Yoga Adi Swastika, Dona Jhonnata</i>	 16 – 22
Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Multilevel Inverter dengan Mengatur Tegangan Output <i>Noer Soedjarwanto, Osea Zebua, M. Hardy Lazuardy</i>	 23 - 27
Analisis Pemanfaatan Air Sungai di Hilir Bendung Way Seputih sebagai Suplesi untuk Optimalisasi Daerah Irigasi Way Seputih Layanan Bws.22 S/D Bws.33 Seluas 5000 Ha <i>Muhammad Mukhlis</i>	 28 - 39
Kekesatan Perkerasan Kaku pada Jalan Tol pengan Retak Melintang Pertengahan Jalan <i>Chatarina Niken, Rainal, Muhammad Karami, Vera A</i>	 40 - 47
Conductivity Zone On Audio-Magnetotelluric Data (Amt) in Parangtritis Area, Bantul, Yogyakarta <i>Akroma Hidayatika, Suharno, Hesti</i>	 48 - 53
Analisis Risiko Daerah Rawan Kecelakaan Pada Perlintasan Sebidang Kereta Api (Studi Kasus: Perlintasan Tarahan – Perlintasan Sukamenanti) <i>Meutia Nadia Karunia, Rahayu Sulistyorini, Aleksander Purba</i>	 54 - 62
Efek Swelling yang ditambah dengan Bahan Aditif Limbah Beton terhadap Tebal Perkerasan <i>Iswan, Rahayu Sulistyorini, Kurnia Tammled Fahmi</i>	 63 - 72
Hubungan SDI dan IRI pada perkerasan flexible (studi kasus: Jalan Nasional Lampung Indonesia) <i>Chatarina Niken, Akhmad Tri Heriyanto, Rahayu Sulistyorini, M. Karami, Aleksander Purba</i>	73 - 79
Identifikasi Jenis Daging Konsumsi Berbasis Pengolahan Citra Menggunakan Metode Persentase RGB <i>Afri Yudamson, FX. Arinto Setyawan, Sri Ratna Sulistiyanti, Titin Yulianti</i>	 80 - 84
Uji Validasi Instrumen Akselerometer ADXL345 untuk Pengukuran Kerentanan Gempa dengan Metode HVSR <i>I Gede Boy Darmawan, Rahmi Mulyasari, Ahmad Amirudin, Dersan Surya Efendi dan Suharno</i>	 85 - 92
Analisa Statistik Nilai Kekasaran Permukaan dan Profil Permukaan Ti 6AL-4V ELI pada Pemesinan Micro-milling <i>A. Patihawa, G.A. Ibrahim, A. Hamni, E.A. Supriyadi, E. Saputra</i>	 93 - 99

Rancang Bangun Monitoring Laju Detak Jantung dan Suhu Tubuh dengan Android Berbasis Internet of Things	100 - 106
<i>Titin Yulianti, Yessi Mulyani, Muhamad Komarudin, Era Desti Ramayani, M Hafizh Anbiya, dan M. Aziz Al Assad</i>	
Rancang Bangun Filter LCL Pada Inverter Satu Phasa di Pembangkit Listrik Tenaga Surya	107 - 115
<i>Noer Soedjarwanto, Yayan Alfianto</i>	
Pembangunan Berkelanjutan di Era Revolusi Industri 4.0 dari Sudut Pandang Teknik Sipil	116 - 124
<i>Andius Dasa Putra</i>	
Pengaruh Perlakuan Proses Pendinginan Normalizing Terhadap Hasil Peleburan Batuan Basalt Mataram Baru Lampung Timur	125 - 130
<i>David Candra Birawidha, Kusno Isnugroho, Yusup Hendronursito, Muhammad Amin, Muhammad Al-Muttaqii</i>	
Penerapan Teknologi Pompa tanpa Motor (Hydraulic Ram Pump) untuk membantu Irigasi Pertanian Masyarakat di Sumberrejo Kecamatan Kemiling Bandar Lampung	131 - 139
<i>Jorfri Boike Sinaga, Raja Aman Simarmata, Harnowo Supriadi, dan Novri Tanti</i>	
Perancangan Model Sistem Pembangkit Listrik Menggunakan Turbin Aliran Silang	140 - 148
<i>Jorfri Boike Sinaga, Novri Tanti, Sutran Erwiyantoro</i>	
Penggunaan IRI dan SDI dalam Menentukan Perbaikan Cacat Lubang pada Perkerasan Lentur di Daerah Tropis Dengan Curah Hujan Tinggi	149 - 157
<i>Chatarina Niken, Akhmad Tri Heriyanto, Rahayu Sulistyorini, M. Karami, Sasana Putra</i>	
Analisis Desain Bangunan Terjun Untuk Mengatasi Gerusan Pada Bangunan Bawah Jembatan Kereta Api BH. 364 Km 112+500 antara Purwakarta – Padalarang	158 - 162
<i>Amril Ma'ruf Siregar, Nur Arifaini, Kastamto</i>	
Pengaruh Ketahanan Sosial Masyarakat Desa Wana dalam Ketahanan Identitasnya sebagai Desa Tradisional	163 - 168
<i>Astin Damayanti, Bartoven Vivit Nurdin, Agung Cahyo Nugroho, Dini Hardilla</i>	
Hubungan Antara Kuat Geser dan Pemadatan Tanah Residu Hasil Pelapukam Batuan Tufa Di Lampung Selatan	169 - 176
<i>Edward Riyadi Irawan, Lusmeilia Afriani, Syahidus Syuhada, Rahmat Kurniawan, Idharmahadi Adha</i>	
Seleksi Fitur F-Score untuk Klasifikasi Tingkat Kesegaran Daging Sapi Lokal menggunakan Ekstraksi Fitur Citra	177 - 183
<i>Titin Yulianti, Helmy Fitriawan, Hery Dian Septama, dan Isna Oktadiani</i>	
Simulasi Environment Setting dalam Penyajian Objek Arsitektur Dengan Lumion dalam Pengalaman Interaksi Komunikasi Berbasis 3d Visual Di Era Ri 4.0	184 - 189
<i>Panji Kurniawan, Kelik Hendro Basuki, dan Yunita Kesuma</i>	
Sistem Kontrol Hidroponik Fertigasi Cabai Merah Berbasis Internet of Things dengan Monitoring Menggunakan Blynk Android	190 - 195
<i>Brygita Ayu, Gigih Forda Nama, Yessi Mulyani, dan Mardiana</i>	
Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsor dengan Menurunkan Muka Air Tanah Studi Kasus Longsor Kalitlaga, Banjarnegara, Jawa Tengah	196 - 202
<i>Aminudin Syah, Teuku Faisal Fathani</i>	
Analysis of Slope Stability Using GIS (Geographic Information System) In North Rindingan Hill Area, Ulubelu, Tanggamus	203 - 211
<i>Detri Viki Mandasari, Ditha Arlinsky AR, Tri Wahyu Saputra, Ozza Dinata, Bagus Sapto Mulyatno</i>	

Identifikasi Zona Prospek Hidrokarbon Berdasarkan Prediksi Porositas menggunakan Analisis Multiatribut Pada Lapangan Rumay <i>Ozza Dinata, Bagus Sapto Mulyatno, Resha Ramadian Dhimas Arief R</i>	 212 - 215
Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan Suprpto - Jalan S. Parman Bandar Lampung <i>Aleksander Purba, Dwi Herianto, Fica Rahma Pinggungan, Sasana Putra</i>	216 - 221
Kajian Townscape pada Revitalisasi Kawasan Lapangan Enggal sebagai Pendukung Place Attachment di Ruang Terbuka Publik <i>MM. Hizbullah Sesunan, M. Shubhi Yuda Wibawa, Nugroho Ifadianto</i>	 222 - 228
Model Matematis Kualitas Udara Ambien di Pelabuhan (Studi Kasus Pelabuhan Bakauheni Provinsi Lampung) <i>Siti Anugrah M.P.O, Chatarina Niken DWSBU, Dwi Herianto, Prima Sandy Yonanda</i>	 229 - 238
Descriptive Study: Indonesian Parental Point of View Regarding The Concept of Cyberbullying and The Appropriate Punishment for Perpetrator <i>Ainun Jaryah Bahrir, Ignatius Nalarkusumamurti Sutirto</i>	 239 - 245

Prosiding Seminar Nasional SINTA FT UNILA Vol. 2 Tahun 2019
Riset PT-Eksplorasi Hulu Demi Hilirisasi Produk
Bandar Lampung, 25 Oktober 2019

ISBN: 2655-2914

Penerapan Teknik *Data Mining Decision Tree* Untuk Penentuan Pola Peminatan Pada Jalur Penerimaan Mahasiswa Baru Universitas Lampung

Era Desti Ramayani¹, Fadila Amelia Futri², Moch Mogi Ibrahim³, dan Gigih Forda Nama⁴

^{1), 2), 3), 4)} Teknik Informatika, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail: ¹ eradestirama@gmail.com, ² fadilaameliaf@gmail.com, ⁴ mogi.ibrahim@gmail.com, ⁴ gigih@eng.unila.ac.id

Abstrak. Universitas Lampung memiliki beberapa jalur penerimaan mahasiswa baru yaitu SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri/Undangan), SBMPTN (Seleksi Bersama perguruan Tinggi Negeri), mandiri, PMPAP (Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan), paralel (program pendidikan yang menganut prinsip *long life education* yang menerima lulusan SMA/ sederajat tanpa batasan usia ijazah), prestasi khusus (jalur bagi calon mahasiswa baru yang memiliki prestasi luar biasa pada tingkat nasional atau internasional yang dinilai oleh tim pakar dalam bidang tertentu). Mahasiswa baru yang diterima berasal dari berbagai daerah dan berbagai usia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis klasifikasi minat Fakultas yang dipilih dari berbagai daerah serta usia. Data yang dianalisis adalah data mahasiswa baru Universitas Lampung tahun 2018 dengan menggunakan pendekatan analisis data mining metode *decision tree*, yaitu mengubah bentuk data (tabel) menjadi model pohon kemudian mengubah model pohon menjadi rule, yang selanjutnya menyederhanakan rule tersebut. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan aplikasi Rapid Miner (merupakan salah satu aplikasi *opensource* untuk data mining). Berdasarkan hasil analisis, Fakultas dengan minat tertinggi adalah Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan dan kuota mahasiswa baru berasal dari kota Bandar Lampung.

Kata Kunci: data mining, decision tree, rapid miner

1. Pendahuluan

Data merupakan sebuah elemen yang tidak bisa terpisahkan dalam suatu obyek. Seiring perkembangan teknologi, proses pengambilan data tersebut semakin mudah serta penyimpanannya semakin aman karena dapat tersimpan dalam sebuah database yang terkomputerisasi. Dalam dunia pendidikan, data tersebut berupa identitas stakeholder serta berbagai data yang berhubungan dengan universitas tersebut. Dengan kemudahan setiap universitas dalam meng-input dan menyimpan data tersebut maka jumlah data yang tersimpan dalam sebuah database semakin meningkat. Database tersebut berisi ratusan bahkan ribuan data berkaitan dengan mahasiswa, dosen, karyawan serta data lain yang menyangkut kegiatan kampus.

Salah satu data yang berkaitan yakni data penerimaan mahasiswa baru. Tahun 2018 Universitas Lampung melakukan penerimaan mahasiswa baru sebanyak 5558 orang mahasiswa baru. Penerimaan dilakukan di berbagai jalur di antaranya jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri/Undangan), SBMPTN (Seleksi Bersama perguruan Tinggi Negeri), Afirmasi, Diploma, Mandiri, Pascasarjana, PMPAP (Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan), Jalur Prestasi (jalur bagi calon mahasiswa baru yang memiliki prestasi luar biasa pada tingkat nasional atau internasional yang dinilai oleh tim pakar dalam bidang tertentu), S3, Paralel (program pendidikan yang menganut prinsip *long life education* yang menerima lulusan SMA/ sederajat tanpa batasan usia ijazah), dan luar negeri. Salah satu untuk memanfaatkan data tersebut adalah dengan mengolahnya, sehingga dapat ditemukan pola atau kecenderungan pada data. Apabila data berhasil diolah, salah satu keuntungan yang dapat diambil yakni

membantu dalam pengambilan suatu keputusan. Penelitian ini menggunakan *tools Rapid Miner*. *Rapid miner* merupakan *software tool Open Source* untuk *data Mining*. *Rapid miner* dioperasikan pada sebuah lingkungan untuk *machine learning*, *data mining*, *text mining* dan *predictive analytics* (Intelligence, 2014).

Penelitian sebelumnya yakni mengenai aplikasi data mining menggunakan metode *Decision Tree* untuk menampilkan laporan hasil nilai akhir mahasiswa (Studi Kasus di fakultas Teknik Umsurabaya) (Novianti, 2015). Selain itu terdapat juga penelitian yang berkaitan dengan mahasiswa yang di dalamnya membahas mengenai penentuan kelas IPK mahasiswa Teknik Industri di ITS berdasarkan variabel jenis kelamin, jalur masuk, asal daerah, dan gaji orang tua. Dari ke empat variabel tersebut diketahui variabel jalur masuk menjadi variabel yang paling berpengaruh terhadap IPK. Pengujian data mahasiswa dengan metode *decision tree* memiliki tingkat error rata-rata sebesar 42,01% (Fahmi *et al.*, 2014). Selain menggunakan metode *decision tree* terdapat penelitian sebelumnya yang telah menggunakan algoritma *k-means* untuk *clustering* penilaian dosen berdasarkan indeks kepuasan mahasiswa. Data yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah data kepuasan mahasiswa jurusan Ilmu Pengetahuan Alam, FMIPA, UNNES dengan pengambilan data menggunakan kuesioner dari Badan Penjaminan Mutu Unnes (Nurzahputra, 2017). Data mining adalah teknik bagaimana menelusuri data yang ada untuk membangun sebuah model, kemudian menggunakan model tersebut agar dapat mengenali pola data yang lain yang tidak berada dalam basis data yang disimpan. Salah satu teknik data mining adalah teknik klasifikasi. Teknik klasifikasi adalah teknik pembelajaran untuk prediksi suatu nilai dari target variabel kategori. Algoritma klasifikasi yang cukup populer adalah *decision tree*, *naïve bayes*, dan *neural network* (Bhardwaj, 2011).

Pada penelitian ini melakukan analisis terkait sebaran mahasiswa baru 2018 di Universitas Lampung berdasarkan jalur masuk dengan menggunakan algoritma klasifikasi yakni *Decision Tree*. Metode *decision tree* mengubah fakta yang sangat besar menjadi pohon keputusan yang merepresentasikan aturan. Aturan dapat dengan mudah dipahami dengan bahasa alami. Proses pada *decision tree* adalah mengubah bentuk data (tabel) menjadi model pohon, mengubah model pohon menjadi *rule*, dan menyederhanakan *rule*. Saat menyusun sebuah *decision tree* yang harus dilakukan adalah menentukan atribut mana yang akan menjadi simpul akar dan atribut mana yang akan menjadi simpul selanjutnya (Fahmi *et al.*, 2014). Tujuan dari penelitian ini yakni untuk mengetahui pola/*pattern* terhadap data mahasiswa baru dilihat dari atribut umur, jenis kelamin, dan fakultas sesuai dengan jalur masuk mahasiswa tersebut.

2. Metode Penelitian

a. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang akan digunakan sebagai input dalam penelitian ini. Data yang digunakan adalah data penerimaan mahasiswa baru Universitas Lampung tahun 2018.

b. Tahap Data *Pre Processing*

Pada tahap data *pre processing* terdiri dari beberapa aktivitas seperti data *integration* dan data *cleaning*. Pada proses pembersihan data (data *cleaning*), jika terdapat salah satu data yang hilang (*missing value*) maka data tersebut dapat diabaikan. Begitu pula ketika ada data yang *outlier* maka data tersebut dihilangkan. Setelah itu data akan diseleksi sehingga diperoleh data yang relevan yang akan digunakan untuk proses data mining. Pada tahap ini dari 20 atribut yang ada hanya diambil 5 atribut yang akan dipakai yaitu Strata, Fakultas, Umur, Jenis Kelamin, dan daerah asal mahasiswa.

c. Tahap Pengolahan Data

Tahapan ini merupakan tahap pengolahan data yaitu proses data mining. Pengolahan data ini bertujuan untuk menemukan pola atau informasi penting dari sekumpulan data. Metode yang digunakan dalam proses data mining ini yaitu *decision tree*. *Decision tree* bertujuan melakukan klasifikasi berdasarkan jalur masuk dilihat dari fakultas, umur dan jenis kelamin mahasiswa. Jalur masuk dijadikan sebagai label atau variabel

output. Setelah ditemukan pola atau kecenderungan dari data tersebut kemudian akan dilakukan tahap *post processing* (Untari, 2010).

d. Tahap *Post Processing*

Pada tahap ini akan dilakukan data *post processing* yaitu terdiri dari proses interpretasi, visualisasi, dan evaluasi terhadap pola atau informasi yang telah dihasilkan dari tahap pengolahan data. Proses visualisasi akan ditampilkan dalam bentuk *tree* sehingga akan mudah dipahami. Setelah dilakukan proses ini maka informasi tersebut dapat dijadikan pengetahuan dan informasi penting untuk mengetahui sebaran minat ke fakultas yang dituju dilihat dari usia dan jenis kelamin berdasarkan jalur masuknya.

e. Tahap Analisis dan Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap pengolahan data yang telah dilakukan dalam penelitian ini mulai dari data *pre processing*, pengolahan data, dan data *post processing*. Setelah dilakukan analisis dari semua proses tersebut, maka akan dapat ditarik beberapa kesimpulan yang akan menjawab tujuan dari penelitian ini.

3. Pembahasan

3.1 Sebaran Data

Setelah melalui tahap *pre-processing* diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1 Jumlah Sebaran data berdasarkan jalur masuk

<i>Index</i>	<i>Nominal Value</i>	<i>Absolute Count</i>
1	SBMPTN	1829
2	SNMPTN	1141
3	Mandiri	555
4	Pascasarjana	413
5	Diploma	369
6	PMPAP	167
7	Pararel	124
8	Prestasi Khusus	36
9	Afirmasi	22
10	S3	12
11	Luar Negeri	3

Sebanyak 4669 orang data mahasiswa baru yang berhasil melalui tahap *pre-processing* dimana data awal yang diterima yakni sebanyak 5558 orang. Pengurangan jumlah data terjadi karena sebanyak 887 data mengalami *missing value* yang menyebabkan data tersebut harus dilakukan penghapusan data. Variabel yang digunakan hanya diambil 5 buah variabel dari 69 variabel yang ada di data mentah mahasiswa baru Universitas Lampung tahun 2018. Hal ini dikarenakan 5 buah variabel tersebut (strata, fakultas, umur, jenis kelamin, dan asal daerah) yang berkaitan dengan mahasiswa secara individu dan hanya 5 buah variabel tersebut yang dibutuhkan dalam penelitian ini tanpa memasukkan informasi mengenai orangtua mahasiswa. Tahun 2018 Universitas Lampung menerima mahasiswa baru paling banyak melalui jalur SBMPTN dengan jumlah 1829 orang. SNMPTN sebanyak 1141 orang mahasiswa baru. Sedangkan yang paling sedikit yakni mahasiswa yang dari jalur masuk luar negeri terdata hanya 3 orang mahasiswa baru.

Tabel 2 Jumlah sebaran data berdasarkan fakultas

<i>Index</i>	<i>Nominal Value</i>	<i>Absolute Count</i>	<i>Fraction</i>
1	Keguruan dan Ilmu Pendidikan	1169	0.250
2	Pertanian	710	0.152
3	Teknik	607	0.130
4	Ilmu Sosial dan Politik	601	0.129
5	Hukum	495	0.106
6	Matematika dan Ilmu Pengetahuan	471	0.101
7	Ekonomi	444	0.095
8	Kedokteran	158	0.034
9	Pascasarjana	16	0.003

Ditunjukkan seperti pada tabel 2 di atas, Universitas Lampung melakukan penerimaan mahasiswa baru di tahun 2018 terbanyak adalah fakultas KIP sebanyak 1169 orang mahasiswa baru.

Tabel 3 Jumlah sebaran data berdasarkan Jenis Kelamin

<i>Index</i>	<i>Nominal Value</i>	<i>Absolute Count</i>
1	Perempuan	2801
2	Laki-laki	1868

Tahun 2018 Universitas Lampung menerima mahasiswa dari 147 kabupaten yang ada di Indonesia. Kuota kabupaten terbanyak yakni kota Bandar Lampung dengan jumlah mahasiswa baru sebanyak 1475 orang dari 4669 data yang berhasil melalui tahap *pre-processing*. Ditunjukkan dari tabel 3 di atas, jumlah mahasiswa baru berjenis kelamin perempuan di tahun 2018 sebanyak 2801 orang, sedangkan jumlah mahasiswa baru berjenis kelamin laki-laki sebanyak 1868 orang.

3.2 Analisis Graph

3.2.1 Analisis Mahasiswa Baru Unila berdasarkan jalur masuk Mandiri



Gambar 1 Graph berdasarkan jalur masuk Mandiri

Berdasarkan *graph* di atas, dapat diperoleh:

- Mahasiswa Universitas Lampung yang masuk melalui jalur **Mandiri** dapat dijelaskan bahwa, untuk jenis kelamin **laki-laki** sebagian besar diterima di fakultas Teknik yaitu sebanyak 58 orang.
- Kemudian untuk mahasiswa yang masuk melalui jalur **Mandiri** dengan berjenis kelamin **perempuan** dengan umur di atas 19,5 tahun masuk ke fakultas Kedokteran. Sedangkan yang berumur di bawah 19,5 masuk ke fakultas KIP.

3.2.2 Analisis Mahasiswa Baru Unila berdasarkan jalur masuk Pararel

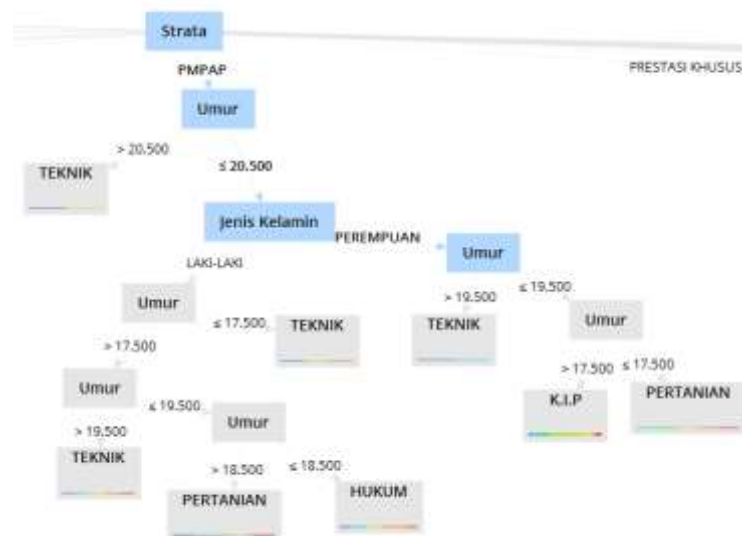


Gambar 2 Graph Mahasiswa Baru Unila berdasar jalur masuk Pararel

Berdasarkan *graph* di atas, dapat diperoleh:

- Mahasiswa Unila yang masuk melalui jalur **Pararel** yang berjenis kelamin **perempuan** maka sebagian besar masuk ke dalam fakultas FISIP yaitu sebanyak 53 orang.
- Kemudian untuk mahasiswa yang masuk jalur **Pararel** yang berjenis kelamin **laki-laki** dengan umur 17,5 atau di bawahnya dan dengan umur antara 19,5 tahun hingga 20 tahun maka sebagian besar masuk ke fakultas Hukum. Sedangkan jika umur di bawah 19,5 tahun maka akan masuk fakultas ISIP.

3.2.3 Analisis Mahasiswa Baru Unila berdasarkan jalur masuk PMPAP

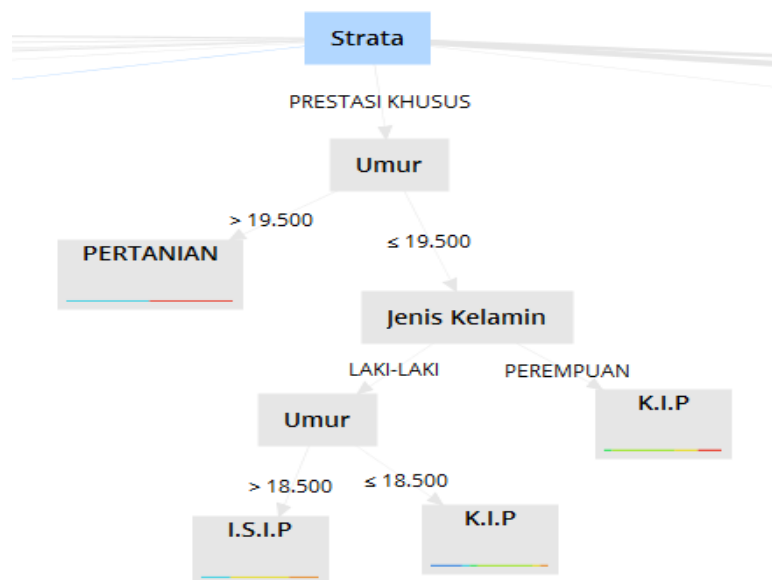


Gambar 3 Graph Mahasiswa Baru Unila berdasar jalur masuk PMPAP

Berdasarkan *graph* di atas, dapat diperoleh:

- Selanjutnya mahasiswa yang masuk melalui jalur **PMPAP** dengan umur di atas 20,5 tahun maka sebagian besar akan masuk ke dalam fakultas Teknik Unila.
- Mahasiswa yang masuk melalui jalur **PMPAP** dengan jenis kelamin **laki-laki** berumur 17,5 tahun dan di bawahnya maka akan sebagian besar masuk ke dalam fakultas Teknik Unila sedangkan dengan umur 18,5 tahun dan di bawahnya masuk ke dalam fakultas Hukum Unila, dan untuk yang berumur di atas 18,5 tahun maka akan masuk fakultas Pertanian Unila.
- Kemudian mahasiwa yang masuk melalui jalur **PMPAP** dengan jenis kelamin **perempuan** yang berumur di atas 19, 5 tahun maka sebagian besar masuk ke dalam fakultas Teknik, sedangkan dengan umur di atas 17,5 tahun sebagian besar masuk ke dalam fakultas KIP Unila dan yang berumur 17,5 atau di bawahnya maka sebagian besar masuk ke fakultas Pertanian Unila.

3.2.4 Analisis Mahasiswa Baru Unila berdasarkan jalur masuk Prestasi Khusus

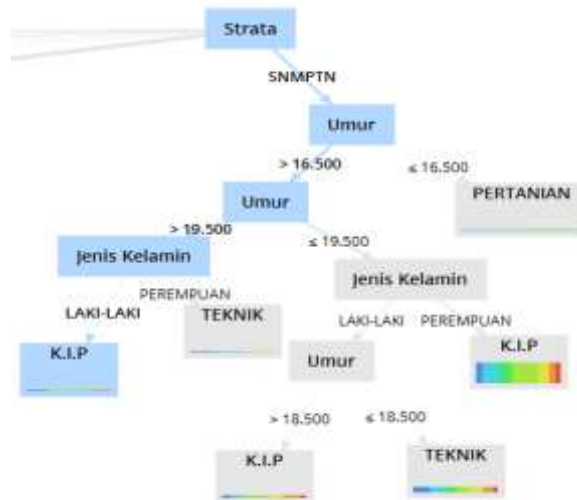


Gambar 4 *Graph* Mahasiswa Baru Unila berdasar jalur masuk Prestasi Khusus

Berdasarkan *graph* dalam gambar 4 diatas, dapat diperoleh:

- Melalui jalur **Prestasi Khusus**, mahasiswa baru dengan umur di atas 19,5 tahun maka sebagian besar masuk ke fakultas Pertanian Unila.
- Kemudian, mahasiswa yang masuk melalui jalur **Prestasi Khusus** berjenis kelamin **laki-laki** dengan umur 18,5 tahun dan di bawahnya maka sebagian besar masuk ke fakultas KIP, sedangkan dengan umur di atas 18 tahun maka sebagian besar masuk ke fakultas ISIP Unila. Mahasiswa yang masuk melalui jalur **Prestasi Khusus** yang berjenis kelamin **perempuan** sebagian besar masuk ke fakultas KIP Unila.

3.2.5 Analisis Mahasiswa Baru Unila berdasarkan jalur masuk SNMPTN

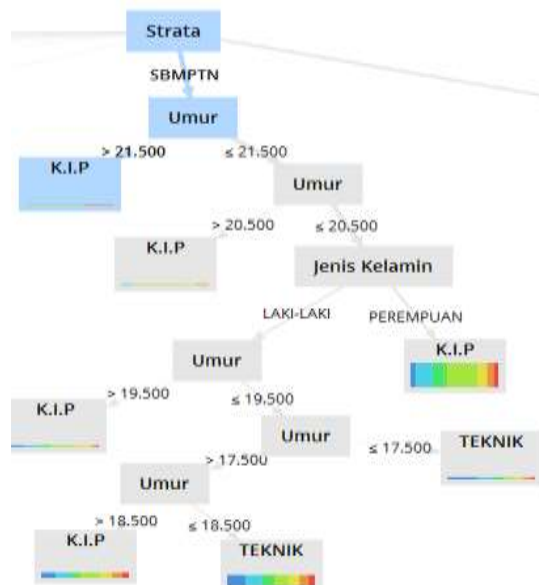


Gambar 5 Graph Mahasiswa Baru Unila berdasarkan jalur masuk SNMPTN

Berdasar gambar 5 pada *graph* di atas, diperoleh:

- Mahasiswa baru yang masuk melalui jalur **SNMPTN** dengan umur 16,5 tahun dan di bawahnya sebagian besar masuk ke dalam fakultas Pertanian Unila.
- Mahasiswa yang masuk melalui jalur **SNMPTN** dengan jenis kelamin **laki-laki** yang berumur di atas 18,5 tahun dan 19,5 tahun sebagian besar masuk fakultas KIP UNILA, sedangkan yang berumur 18,5 atau di atasnya sebagian besar masuk fakultas Teknik UNILA.
- Mahasiswa yang masuk melalui jalur **SNMPTN** dengan jenis kelamin **perempuan** yang berumur 19,5 tahun atau di bawahnya sebagian masuk ke dalam fakultas KIP Unila, sedangkan dengan umur di atas 19,5 tahun sebagian besar masuk ke dalam fakultas Teknik Unila.

3.2.6 Analisis Mahasiswa Baru Unila berdasarkan jalur masuk SBMPTN



Gambar 6 Graph Mahasiswa Baru Unila berdasar jalur masuk SBMPTN

Hasil yang diperoleh:

- a. Mahasiswa yang masuk melalui jalur **SBMPTN** dengan umur di atas 20,5 tahun dan di atas 21,5 tahun sebagian besar masuk ke dalam fakultas KIP Unila.
- b. Mahasiswa yang masuk melalui jalur **SBMPTN** yang berjenis kelamin **laki-laki** dengan umur 18,5 tahun atau di bawahnya sebagian besar masuk ke dalam fakultas Teknik Unila, untuk umur di atas 18,5 tahun maka sebagian besar masuk ke fakultas KIP Unila, dan mahasiswa dengan umur di atas 19,5 tahun sebagian besar masuk ke fakultas KIP Unila.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan tahap *pre-processing* jumlah data mahasiswa baru Unila tahun 2018 semula 5558 orang menjadi 4669 orang dikarenakan sebanyak 887 data mengalami *missing value* yang menyebabkan data tersebut harus dilakukan penghapusan data. Penerimaan Mahasiswa baru Universitas Lampung terbanyak melalui jalur SBMPTN yakni 1829 orang. Sedangkan kabupaten terbanyak yakni mahasiswa yang berasal dari kota Bandar Lampung 1475 orang. Mahasiswa yang masuk melalui jalur Mandiri dengan berjenis kelamin **perempuan** dengan umur di atas 19,5 tahun masuk ke fakultas Kedokteran sedangkan yang berumur 19,5 atau di bawah itu masuk ke fakultas KIP. Jalur PMPAP dengan jenis kelamin **laki-laki** berumur 17,5 tahun dan di bawahnya maka akan sebagian besar masuk ke dalam fakultas Teknik, sedangkan dengan umur 18,5 tahun dan di bawahnya masuk ke dalam fakultas HUKUM dan untuk yang berumur di atas 18,5 tahun maka akan masuk fakultas Pertanian. Dari 69 variabel yang ada di data mentah mahasiswa baru hanya 5 variabel yang digunakan (variabel strata, fakultas, umur, jenis kelamin, dan daerah asal) yang langsung berkaitan langsung dengan identitas individu mahasiswa baru.

Daftar Pustaka

- Bhardwaj, B. K. (2011) 'Data Mining: A prediction for performance improvement using classification', 9(4).
- Fahmi, I. *et al.* (2014) 'Aplikasi data mining untuk memprediksi performansi mahasiswa dengan metode klasifikasi decision tree', pp. 1–6.
- Intelligence, B. (2014) *An Introduction to Advanced Analytics An Introduction to*. Rapid Miner. Available at: <https://rapidminer.com/wp-content/uploads/2014/04/advanced-analytics-introduction.pdf>.
- Novianti, T. (2015) 'Aplikasi Data Mining Menggunakan Metode Decision Tree Untuk Menampilkan Laporan Hasil Nilai Akhir Mahasiswa', 1(3), pp. 198–203.
- Nurzahputra, A. (2017) 'Penerapan Algoritma K-Means Untuk Clustering Penilaian Dosen Berdasarkan Indeks Kepuasan Mahasiswa', 16(1), pp. 17–24.
- Untari, D. (2010) *Data Mining Untuk Menganalisa Prediksi Mahasiswa Berpotensi Non-Aktif Menggunakan Metode Decision Tree C4.5*.

Karakteristik Fisik dan Organoleptik Pempek menggunakan Surimi Hasil Budidaya

Dasir¹⁾, Suyatno¹, Rosmiah²

¹⁾ Prodi Ilmu & Teknologi Pangan Universitas Muhammadiyah Palembang Jl. Jend. A.Yani 13 Ulu Palembang

²⁾ Prodi Agroteknologi Universitas Muhammadiyah Palembang Jl. Jend. A.Yani 13 Ulu Palembang

Email: jatiprahu@yahoo.co.id

Abstrak. Jenis ikan untuk pembuatan pempek adalah ikan air tawar non budidaya seperti ikan belida dan gabus, tetapi ikan tersebut semakin langka dan belum ada upaya budidaya yang nyata. Saat ini budidaya ikan lele, patin dan mujair produksi semakin meningkat setiap tahun. Tetapi kualitas daging ke tiga jenis ikan tersebut perlu dilakukan perbaikan menjadi produk surimi. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan perlakuan surimi ikan; S1 (lele), S2 (patin) dan S3 (mujair) dan perbandingan tepung tapioka; T1 (1:1), T2 (1:1,5) dan T3 (1:2) dengan 3 ulangan. Hasil penelitian pada skor penilai organoleptik 1 sampai 5, penilaian panelis tertinggi terhadap warna 3,92 (S2T1), aroma 4,58 (S2T3) dan rasa 4,62 (S3 T1). Skor uji lipat tertinggi 8,68 (sedikit retak bila dilipat) dan uji gigit 8,58 (kuat kekenyalannya) pada S2T3. Kesimpulan perlakuan terbaik dalam pembuatan pempek adalah surimi ikan patin dan perbandingan tepung 1:1 (S2T1).

Kata kunci: budidaya, hasil, ikan, pempek, surimi

1. Pendahuluan

Pempek merupakan makanan khas Palembang yang dibuat dari campuran tepung kanji dan ikan. Bahan utama pempek adalah tepung tapioka dengan daging ikan gabus giling. Ikan yang telah dihaluskan dicampur dengan tepung kanji dan diaduk. Selanjutnya dibentuk sesuai dengan yang diinginkan, dilakukan perebusan atau pengukusan hingga bahan mengapung sebagai tanda matang cukup. Cara pembuatan sangat mempengaruhi kekenyalan dan aroma pempek, terutama pada tahap pengadukan dengan tepung tapioka untuk menghasilkan adonan yang kompak dan mudah dibentuk.

Bahan baku dalam pembuatan pempek adalah ikan giling atau ikan lumat dan tepung tapioka. Jenis ikan yang digunakan pada pembuatan pempek oleh para pengusaha adalah jenis ikan air tawar non budidaya yaitu ikan belida (*Notopterus chitala*) dan ikan gabus (*Channa striata*). Karena ikan belida dan ikan gabus (*Channa striata*) memiliki kualitas daging yang baik warna daging yang putih, kandungan protein tinggi 16,5% dan lemak 5,3 % (Depkes RI, 2004). Saat ini ikan belida dan ikan gabus semakin langka, harganya mahal, hanya mengandalkan hasil tangkapan di alam dan belum ada upaya budidaya yang dilakukan, sehingga perlu digantikan dengan jenis ikan hasil budidaya yang produksinya kontinyu dan cenderung meningkat.

Saat ini ada beberapa jenis ikan air tawar yang telah berhasil dibudidayakan dengan produksi yang cukup tinggi, diantaranya adalah ikan lele (*Clarias batracus*), ikan patin (*Pangasius pangasius*) dan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). Jenis-jenis ikan tersebut umumnya hanya dimanfaatkan sebagai ikan konsumsi sebagai lauk pauk dan masih sangat sedikit dimanfaatkan sebagai produk olahan pangan yang lain seperti pempek.

Struktur daging, warna dan aroma daging ikan hasil budidaya yang kurang baik menyebabkan kurang disukai oleh pengusaha pempek, sehingga diperlukan perlakuan lain untuk memperbaiki mutunya

sebelum digunakan sebagai bahan baku pembuatan pempek. Salah satu cara untuk memperbaiki mutu tersebut adalah dengan mengolahnya terlebih dahulu menjadi surimi.

Surimi adalah protein miofibril ikan yang telah distabilisasikan dan diproduksi melalui tahapan proses secara kontinu yang meliputi penghilangan kepala dan tulang, pelumatan daging, pencucian, penghilangan air, dan pembekuan dengan *croyoprafectant* Park and Morrissey, 2000; Pipatsattayanuwong *et al.* 1995 dalam Santoso *et al.*, 2007), sehingga mempunyai kemampuan fungsional terutama kemampuannya dalam membentuk gel dan mengikat air. Surimi merupakan produk antara yang dapat diolah menjadi berbagai macam produk lanjutan seperti kamaboko, chikuwa yang spesifikasinya menuntut kelenturan atau spingines (Santana *et al.*, 2012 dan Yoedy *et al.*, 2015). Pada prinsipnya proses pembuatan surimi dibagi menjadi empat tahap, yaitu (1) pencucian daging ikan, (2) penggilingan, (3) pengemasan, dan (4) pembekuan. Pencucian daging ikan dilakukan dengan tiga sampai lima kali. Air yang digunakan mempunyai suhu rendah (5-10°C) atau air es, karena air keran dapat merusak tekstur (akibat denaturasi/kerusakan protein) dan mempercepat degradasi lemak. Pencucian merupakan tahapan kritis dalam pembuatan surimi, karena pencucian dapat menghilangkan materi larut air seperti darah, protein sarkoplasma, garam inorganik, senyawa organik molekul rendah seperti trimetil amin dan urea (Santoso *et al.*, 2007).

2. Eksperimental

2.1 Bahan dan alat

Bahan utama yang menjadi objek penelitian adalah surimi ikan (lele, patin dan mujair), tepung tapioka dan bahan pendukung adalah air bersih, minyak makan, karagenan, garam dan penyedap rasa serta bahan-bahan analisis laboratorium. Alat-alat yang digunakan adalah timbangan, baskom, panci, kompor dan alat-alat analisis laboratorium.

2.2 Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan ulangan sebanyak 3 kali. Perlakuan surimi ikan (S) terdiri dari S1 surimi ikan lele, S2 surimi ikan patin dan S3 surimi ikan mujair dan perlakuan perbandingan tepung tapioka (T1 1 : 1, T2 perbandingan 1 : 1,5 dan T3 perbandingan 1 : 3).

Penelitian aplikasi surimi yang telah dilakukan dalam pembuatan pempek. Selanjutnya dilakukan uji indrawi terhadap tingkat kesukaan panelis terhadap warna, rasa, dan aroma pempek yang. Adapun tahapan pembuatan sebagai berikut:

1. Surimi ikan (lele, patin dan mujair) ditambahkan sedikit minyak makan, garam, penyedap rasa, karagenan dan air secukupnya sambil diaduk hingga bahan menjadi homogen
2. Campuran bahan-bahan pada (nomor 2) selanjutnya ditambahkan tepung tapioka dengan perbandingan terhadap surimi (1 : 1, 1 : 1,5 dan 1 : 2) dan dilakukan pencampuran sedikit demi sedikit dengan pengadukan sampai adonan kalis
3. Pembentukan menjadi lenjeran
4. Pemasakan pempek dalam air mendidih (perebusan) hingga pempek mengapung.
5. Pempek diangkat dan ditiriskan

2.3 Parameter yang diamati

Parameter yang diamati adalah uji organoleptik terhadap warna, aroma, rasa dengan menggunakan skor uji 1 sampai 5 (sangat tidak suka sampai sangat suka) dan uji fisik terhadap uji lipat dan uji gigit.

3. Pembahasan

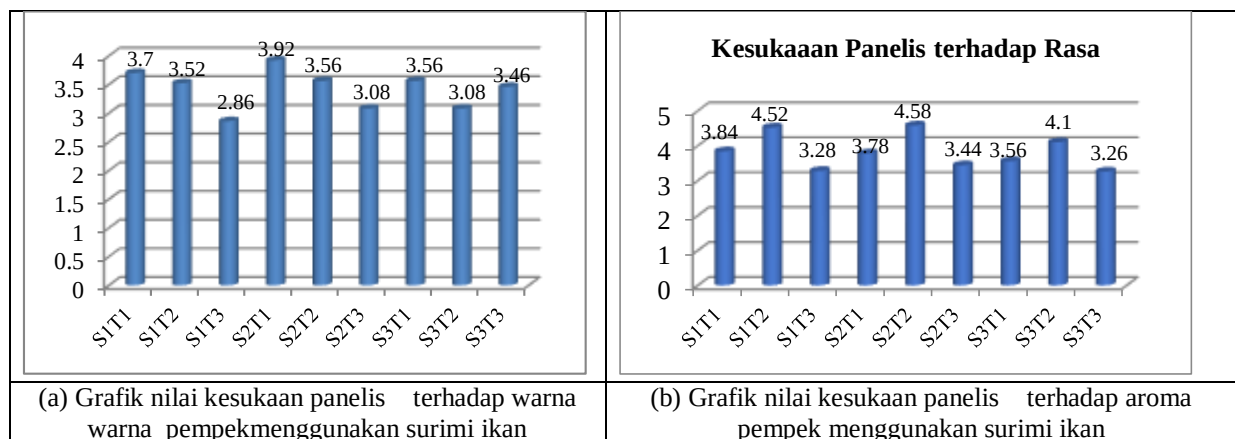
3.1. Uji Organoleptik

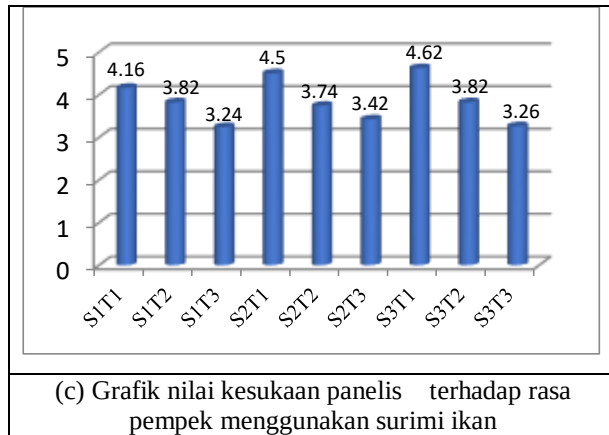
Hasil uji organoleptik terhadap warna, aroma dan rasa pempek dengan menggunakan surimi ikan menunjukkan bahwa F – tabel 0.05 pada derajat bebas $k_1 = 2$ dan $k_2 = 48$ adalah 3,19 lebih besar dibandingkan T – Kritik. Berarti adanya pengaruh yang berbeda pada masing-masing perlakuan surimi berbagai jenis ikan dan perbandingan tepung tapioka terhadap warna, aroma dan pempek yang dihasilkan. Hasil uji lanjut dengan uji Conover (Soejono, 1985), perbedaan warna, aroma dan rasa pempek pada masing-masing perlakuan seperti pada uji lanjut (uji Conover) Tabel 1. Sedangkan nilai rata-rata nilai kesukaan panelis terhadap warna, aroma dan rasa pempek yang dihasilkan disajikan pada Gambar (a), Gambar (b) dan Gambar (c).

Tabel 1: Uji Conover Berbagai Jenis Bahan Pengembang terhadap Warna, Aroma dan Rasa Pempek menggunakan Surimi Ikan Budidaya

Perlakuan	Nilai Jumlah Pangkat Warna	Nilai Jumlah Pangkat Aroma	Nilai Jumlah Pangkat Rasa
	Nilai Uji Conover = 31,70	Nilai Uji Conover = 54,05	Nilai Uji Conover = 24,85
S2T1	160,83 ^a	129,05 ^{abc}	192,5 ^{ab}
S3T1	149,05 ^{ab}	102 ^{abc}	199 ^a
S1T1	144,05 ^{abc}	136,5 ^{abc}	160 ^c
S2T3	127,55 ^{abc}	82 ^{abc}	79,5 ^{cde}
S1T2	127,05 ^{abc}	193 ^a	99,5 ^{cde}
S2T2	126,83 ^{abc}	195 ^{ab}	114 ^{cde}
S3T3	120,55 ^{abc}	64 ^{abc}	64,5 ^{cde}
S3T2	89,83 ^{abc}	157 ^{abc}	124,5 ^{cd}
S1T3	66,33 ^{abc}	66 ^{abc}	63,5 ^{cde}

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama berarti berbeda nyata





Tingkat kesukaan panelis tertinggi terhadap warna pempek terdapat pada interaksi perlakuan S2T1 (menggunakan surimi ikan patin dengan perbandingan 1 : 1) dengan nilai rata-rata 3,92 (kriteria mendekati disukai), sedangkan nilai terendah adalah 2,86 pada perlakuan S1T3 (pempek menggunakan surimi ikan lele dengan perbandingan tepung 1 : 2, dengan kriteria mendekati agak disukai).

Pencucian pada pembuatan surimi dengan sejumlah besar air berfungsi untuk menghilangkan protein sarkoplasma, darah, lemak dan komponen nitrogen lain dari daging lumat ikan yang menghasilkan warna lebih putih dibanding warna bahan bakunya (Park dan Morrissey, 2000 dan Dayse *et al.*, 2017). Pada proses pembuatan surimi, ikan patin menghasilkan warna putih kekuningan sedangkan ikan lele menghasilkan warna putih gelap dan ikan mujair menghasilkan warna putih pucat, sehingga pada pembuatan pempek surimi ikan patin dengan tepung 1 :1 menghasilkan warna putih kekuningan yang sangat cerah. Kondisi ini yang menyebabkan panelis memberikan penilaian tertinggi pada perlakuan tersebut.

Tingkat kesukaan panelis tertinggi terhadap aroma pempek terdapat pada interaksi perlakuan S2T2 (menggunakan surimi ikan patin dengan perbandingan 1 : 1,5) dengan nilai rata-rata 4,58 (kriteria mendekati sangat disukai), sedangkan nilai terendah adalah 3,26 pada perlakuan S3T3 (pempek menggunakan surimi ikan lele dengan perbandingan tepung 1 : 2, dengan kriteria agak disukai). Aroma lebih banyak berhubungan dengan panca indera pembau. Bau-bauan baru dapat dikenali bila berbentuk uap dan molekul-molekul komponen bau yang menyentuh silia sel olfaktori. Pada umumnya bau yang diterima oleh hidung dan otak lebih banyak merupakan campuran empat bau utama yaitu harum, asam, tengik dan hangus (Winarno, 2004). Aroma makanan juga salah satu indikator penting dalam menentukan kualitas bahan pangan. Umumnya konsumen akan menyukai bahan pangan jika mempunyai aroma khas yang tidak menyimpang dari aroma normal.

Aroma yang khas dan biasa dirasakan oleh indera pencium tergantung kepada bahan penyusunnya dan bahan yang ditambahkan pada makanan tersebut. Sedangkan penilaian terhadap aroma dipengaruhi oleh faktor psikis dan fisiologi yang memberikan pendapat berlainan (Kartika *et al.*, 1988).

Aroma pada pempek menggunakan berbagai surimi dari berbagai jenis ikan budidaya lebih dipengaruhi oleh aroma spesifik masing-masing ikan. Dengan perbandingan tepung yang semakin tinggi maka semakin rendah aroma ikan yang dihasilkan, tetapi pada perbandingan surimi dan tepung tapioka 1 : 1 memberikan nilai rata-rata kesukaan panelis lebih rendah dibandingkan pada 1 : 1,5. Hal ini disebabkan pada perbandingan 1 : 1 aroma khas ikan sangat dominan. Sehingga pada masing-masing surimi semua jenis ikan, nilai tertinggi kesukaan panelis terdapat pada perbandingan 1 : 1,5.

Tingkat kesukaan panelis tertinggi terhadap rasa pempek terdapat pada interaksi perlakuan S3T1 (menggunakan surimi ikan mujair dengan perbandingan 1 : 1) dengan nilai rata-rata 4,62 (kriteria disukai atau mendekati sangat disukai). Rasa pempek menggunakan surimi ikan patin dan ikan lele dengan perbandingan tepung 1 : 1 mempunyai skor penilaian hampir sama yaitu 4,50 dan 4,16 (kriteria disukai atau mendekati sangat disukai). Sedangkan nilai terendah adalah 3,24 pada perlakuan S1T3 (pempek

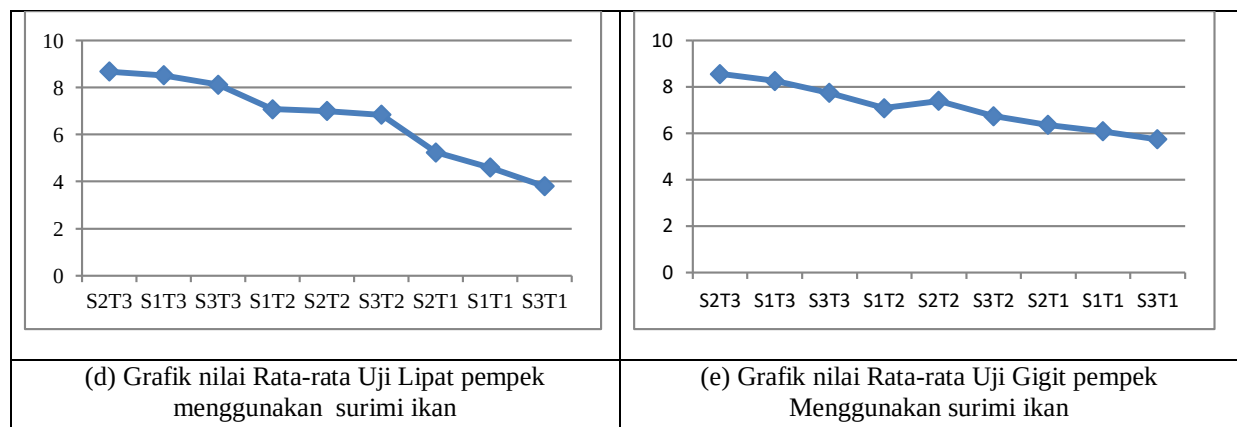
menggunakan surimi ikan lele dengan perbandingan tepung 1 : 2, dengan kriteri penilaian panelis mendekati agak disukai).

Menurut Winarno (2004), kandungan zat gizi pada suatu bahan pangan seperti protein, karbohidrat dan lemak, selain sebagai sumber zat pembangun dan energi juga berperan dalam menentukan rasa dari bahan pangan tersebut. Rasa berbeda dengan bau dan lebih banyak melibatkan panca indera lidah. Penginderaan cecapan dapat dibagi menjadi empat cecapan utama yaitu asin, asam, manis dan pahit. Rasa makanan dapat dikenali dan dibedakan oleh kuncup-kuncup cecapan yang terletak pada papila yaitu bagian noda merah jingga pada lidah. Hasil penelitian Dasir *et al.* (2018), kadar protein surimi ikan lele 11,90 % lebih tinggi dibandingkan surimi ikan patin 8,18 % dan ikan mujair 7,40 %. Sedangkan kadar lemak ikan lele 1,1 % lebih tinggi dibandingkan ikan patin 1,09 dan ikan mujair 1,00 %. Dengan kandungan protein, lemak, kekhasan rasa masing-masing jenis ikan dan kadar karbohidrat pada tepung tapioka 88,69 % panelis memberikan penilaian pada S3T1 4,62 (mendekati sangat disukai) berbeda tidak nyata dengan S2T1 4,50. Menurut Ketaren (1986), selama proses pengolahan bahan pangan akan terjadi penguraian karbohidrat, protein dan mineral, sehingga citarasanya akan lebih baik.

3.2. Uji Fisik

Hasil analisis keragamannya pada uji lipat dan uji gigit pempek menggunakan surimi ikan hasil budidaya dan perbandingan tepung tapioka berpengaruh tidak nyata terhadap uji lipat pempek yang dihasilkan. Nilai rata-rata penilaian panelis terhadap uji lipat seperti pada Gambar (d) dan Gambar (e).

Nilai rata-rata uji lipat pempek menggunakan surimi dari 3 jenis ikan hasil budidaya dan perbandingan tepung tapioka berkisar antara 3,80 sampai 8,68 dari sedikit retak sampai tidak retak jika dilipat. Pada perbandingan surimi dan tepung tapioka 1 : 1 menghasilkan uji lipat sedikit retak jika dilipat 4 pada semua jenis ikan. Tetapi untuk perbandingan 1 : 1,5 dan 1 : 2 pempek yang dihasilkan tidak retak pada semua jenis ikan.



Metode uji lipat digunakan untuk memisahkan antara gel yang bermutu tinggi dengan yang bermutu rendah, tetapi metode tersebut tidak sensitif untuk membedakan antara gel yang bermutu baik dan bermutu sangat baik (Lanier, 1992 dalam Granada, 2011). Pembentukan gel dipengaruhi oleh kandungan protein, tingkat kesegaran ikan dan nilai pH daging ikan (Rostini, 2013). Tekstur gel pada ikan yang dihasilkan diduga dipengaruhi proses pencucian dalam pembuatan surimi. Pencucian dapat meningkatkan kekuatan gel, menghilangkan protein sarkoplasma yang akan menghambat pembentukan gel serta melarutkan protein miofibril sehingga membentuk selaktomiosin (Oktaviani, 2012).

Protein ikan dapat diklasifikasikan menjadi protein miofibril, sarkoplasma dan stroma. Komposisi setiga jenis protein pada daging ikan terdiri dari 65-75% miofibril, 20-30% sarkoplasma, dan 1-3% stroma (Samsundari, 2007). Miofibril berperan dalam pengikatan air, penggumpalan dan pembentukan gel pada daging ikan yang diolah. Menurut Karthikeyan *et al.* (2006) peningkatan kadar air selama proses

pencucian kemungkinan disebabkan proses hidrasi oleh protein miofibril. Menurut Granada (2011), semakin banyak air dalam adonan yang akan terserap, semakin kompak tekstur yang terbentuk, maka uji lipat yang dihasilkan pun akan semakin lebih baik.

Nilai rata-rata analisis fisik pada parameter uji gigit dari semua perlakuan yang dihasilkan berkisar antara 5,74 – 8,56. Artinya pempek berada pada kriteria agak lemah kekenyalannya hingga hampir mendekati sangat kekenyalannya. Perlakuan S2T3 (surimi ikan patin) dan S1T3 (ikan mujair) dengan perbandingan tepung tapioka 1 : 2. Memiliki nilai uji gigit hampir mendekati sangat kuat kekenyalannya. Protein yang terdapat dalam bahan akan membentuk ikatan silang dan gel yang terbentuk akan menambah kekenyalan pempek pada perlakuan tersebut.

Uji gigit dilakukan untuk memberikan taksiran secara subjektif untuk mengetahui kekuatan gel dan kekenyalan sosis ikan yang dihasilkan (Granada, 2011). Menurut Yulianti (2003), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kekuatan gel sehingga nilainya pun berbeda-beda, pembentukan gel atau gelasi dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain konsentrasi, pH, adanya komponen lain serta perlakuan panas ketika pemasakan.

Semakin tinggi konsentrasi protein yang ditambahkan maka kekenyalan akan semakin meningkat dan mempengaruhi hasil uji gigit. Karena semakin tinggi kandungan protein maka akan semakin banyak ikatan silang dan gel yang terbentuk, akibatnya tekstur akan semakin kenyal dan kompak (Yulianti 2003). Kadar protein per 100 gram ikan mujair adalah 19,70% dalam setiap 100g dagingnya (Direktorat Gizi Depkes RI, 2004). Berdasarkan hasil penelitian Dasir *et al.*, (2018), surimi ikan lele menghasilkan kadar protein tertinggi sebanyak 11,90%, ikan patin 8,18% dan ikan mujair sebanyak 7,40%.

Hasil penelitian Santoso *et al* (2007) dan Wijayanti *et al* (2012), pencucian surimi dengan frekuensi sebanyak tiga kali menghasilkan gel yang tinggi dibandingkan dengan nilai gel daging lumat. Seiring dengan pengurangan jumlah bahan baku surimi mengakibatkan persentase gel dalam adonan nugget semakin sedikit sehingga terjadi penurunan nilai uji lipat. Menurut Chaijan *et al* (2004), menyatakan bahwa uji pelipatan dengan nilai tiga menunjukkan tingkat elastisitas cukup baik dan nilai empat elastisitasnya baik. Wijayanti *et al.* (2012) melaporkan bahwa bertambahnya frekuensi pencucian meningkatkan nilai uji gigit dari 5,4 menjadi 6,94.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan uji organoleptik tertinggi terhadap warna pempek 3,92 (mendekati disukai) pada perlakuan S2T1, aroma tertinggi 4,58 (disukai) pada S2T2 dan rasa tertinggi 4,62 (disukai) pada S3T1. Hasil uji fisik tertinggi terhadap uji lipat 8,68 dan uji gigit tertinggi 8,58 terdapat pada perlakuan S2T3

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dalam penelitian:

1. Kemenristek Dikti yang telah memberikan dana hibah penelitian terapan tahun 2017 sampai 2019
2. Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah memberikan dukungan kepada para dosen berupa kebijakan dalam penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.
3. Anggota peneliti yang telah bekerja sama dalam penelitian ini.
4. Kepala Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian.

Daftar Pustaka

Benjakul, S., Chantarasuwan, C., & Visessanguan, W. 2003. Effect of medium temperature setting on gelling characteristics of surimi from some tropical fish, Food Chemistry. 82: 567–574.

- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., and Faustman, D.C. 2004. *Characteristics And Gel Properties Of Muscles From Sardine (Sardinella gibbosa) And Mackerel (Rastrelliger kanagurta) Caught In Thailand*. *Food Res.Int.* 37 (2004) : 1021-1030.
- Dasir, Suyatno and Helmizuryani, 2018. Comparison of Parameters Physical and Chemical Surimi from Three Species of Fish Cultivation and Washing Frequency. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4) 6078-6083
- Dayse Lícia De Oliveira, Thiago Luís Magnani Grassi, Edson Francisco Do Espirito Santo, Jefferson Felipe Cavazzana, Marcelo Tacconi De Siqueira Marcos, Elisa Helena Giglio Ponsano. 2017. Washings and cryoprotectants for the production of Tilapia. *Food Sci. Technol. Campinas* 37 (3): 432-436.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 2004. Daftar Komposisi Bahan Makanan. Bharata Karya Aksara, Jakarta.
- Granada, I.P. 2011 . Pemanfaatan Surimi Ikan Lele Dumbo (*Claris Ggaripepinus*) dalam Pembuatan Sosis Rasa Sapi Dengan Penambahan Isolat Protein Kedelai. Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kartika, B. dan Supartono, W. 1988. Pedoman Uji Inderawi Bahan. Pangan. Yogyakarta.
- Karthikeyan M, Dileep AO, Shamasundar BA. 2006. Effect Of Water Washing On The Functional And Rheological Properties Of Proteins From Threadfinbream (*Nemipterus japonicus*) Meat. *International Journal of Food Science and Technology* 41: 1002–1010
- Ketaren, S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Jakarta.
- Oktaviani, D. 2012. Karakteristik Fisika Kimia Gel dan Bakso Dari Surimi Ikan Layaran (*Istiophorus sp.*) “Skripsi” FPIK IPB. Bogor
- Park, J.W. and Morrissey M.T. 2000. *Manufacturing of Surimi from Light Muscle Fish*. Di dalam : Park JW, editor. *Surimi dan Surimi Food*. New York : Marcell Decker Inc.
- Rostini, I. 2013. Pemanfaatan Daging Limbah Fillet Ikan Kakap Merah sebagai Bahan Baku Surimi untuk Produk Perikanan. *Jurnal Akuatika* 4(2):141-148
- Samsundari S. 2007. Identifikasi Ikan Segar Yang Dipilih Konsumen Beserta Kandungan Gizinya Pada Beberapa Pasar Tradisional Di Kota Malang. *J. Protein.* 14 (1).
- Santana, P., Huda, N. and Yang, T. A. 2012. Technology for Production of Surimi Powder and Potential of Applications. *Journal International Food Research.* 19(4): 1313-1323
- Santoso, J., A.W.N. Yasin dan Santoso. 2007. Perubahan Sifat Fisiko Kimia Daging Lumat Ikan Cucut dan Pari Akibat Pengaruh Pengkomposisian dan Penyimpanan Dingin. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 12(1):1-7.
- Yoedy, As., Rodiana, Novianti dan S. Lestari. 2015. Pemanfaatan Surimi Ikan Nilai (*Oreochromis niloticus*) dengan Penambahana Tepung Rumpun Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Sebagai Bahan Baku Pempek . *J. of Fishery Products Technology.* 4(2): 158-169.
- Wijayanti, I., Joko Santoso dan Agus M. Jacob. 2012. Pengaruh Frekuensi Pencucian Terhadap Karakteristik Gel Surimi Ikan Lele Dumbo. *Jurnal Saintek Perikanan* Vol. 8. No. 1, 2012.
- Winarno, F.G. 2004. Kimia Pangan dan Gizi. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Yulianti, T. 2003. Mempelajari Pengaruh Karakteristik Isolat Soy Protein terhadap Mutu Sosis. [Skripsi]. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Perkembangan arsitektur rumah adat tradisional Bali kawasan Seputih Raman Lampung Tengah

Diana Lisa¹, Fadhilah Rusmiati², I Gede Yoga Adi Swastika³, Dona Jhonnata⁴

^{1,2,4}Program Studi Teknik Arsitektur, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

³ Program Studi Teknik Arsitektur, Universitas Bandar Lampung, Jl.Z.A Pagar Alam No.26, Bandar Lampung 35142

E-mail: diana.lisa@eng.unila.ac.id

Abstrak. Indonesia memiliki kebudayaan beraneka ragam, tersebar luas dan memiliki perbedaan. Salah satu dari kebudayaan masyarakat secara langsung dan berwujud nyata adalah rumah adat tradisional. Arsitektur tradisional merupakan bagian kehidupan dari masyarakat yang memiliki nilai keluhuran, tak lepas dari cara hidup ataupun kebiasaan yang sudah ada sejak jaman dahulu. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi perkembangan rumah adat tradisional Bali seperti tata letak, pola ruang, bentuk bangunan. Mengambil lokasi studi di dua rumah adat tradisional Bali kawasan Seputih Raman, Kabupaten Lampung Tengah. Dalam mendukung penulisan ini dilakukan studi pustaka konsep dan tata letak pola ruang rumah adat tradisional Bali berdasarkan kajian konsep rumah adat tradisional di Bali. Menggunakan metode kualitatif yang bersifat Ground Research untuk mengidentifikasi dengan membandingkan antara data studi pustaka dan observasi serta interview. Berdasarkan hasil diketahui bahwa rumah adat tradisional Bali mengalami beberapa perubahan tata letak, sirkulasi dan pengurangan beberapa bagian kondisi keterbatasan serta lahan yang kurang kondusif.

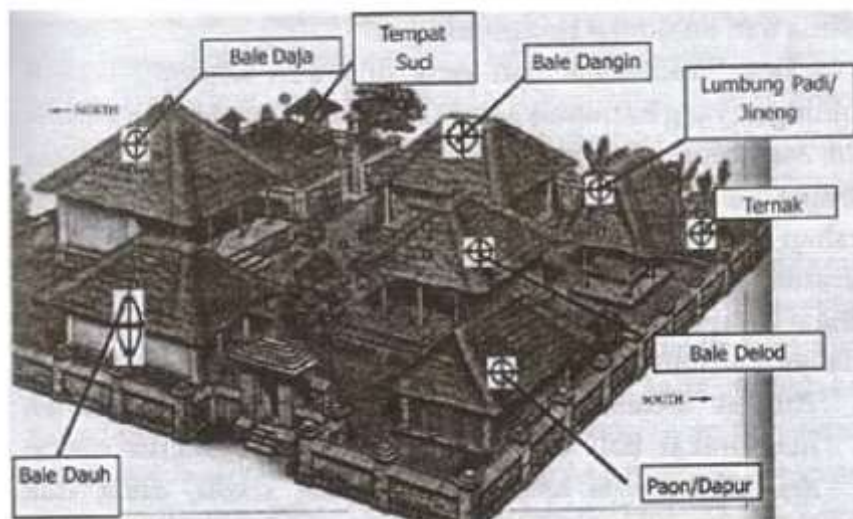
Kata kunci: kualitatif, perkembangan, perubahan, rumah, tradisional

1. Pendahuluan

Keberadaan rumah adat tradisional di Indonesia sangat beragam dan mempunyai arti yang penting dalam perspektif sejarah, warisan, dan kemajuan masyarakat dalam sebuah peradaban. Arsitektur tradisional Bali sebagai perwujudan ruang secara turun-temurun dapat meneruskan nilai-nilai budaya yang terdapat dalam masyarakat sesuai dengan pandangan dan idealismenya. Arsitektur tradisional Bali beranjak dari aturan-aturan serta pedoman tradisional yang mengandung nilai-nilai ergonomis, religi, dan manusiawi, oleh karena segala perwujudannya tak pernah lepas dari konsepsi hakekat kehidupan dan bersumber dari ajaran-ajaran agama Hindu (Suardana, 2015). Karya arsitektur tradisional Bali mencerminkan aktivitas pemiliknya, dengan demikian maka modul ruang dan bentuk yang diambil dari ukuran tubuh manusia dan aktivitas pemiliknya. Modul ruang dan bentuk dari kegiatan yang digambarkan terjadi diberbagai ruang, berlangsung pada waktu-waktu yang tertentu, sehingga kegiatan manusia dianggap sebagai cerminan tata nilai yang dianut, dan dengan demikian juga merupakan cerminan budaya masyarakat bali itu sendiri (Setiawan, Haryadi. B, 2010). Rumah adat tradisional Bali merupakan penerapan dari pada filosofi yang ada pada masyarakat Bali itu sendiri. Ada 3 aspek yang harus diterapkan didalamnya, aspek Pawongan (manusia/penghuni rumah), Palemahan (lokasi/lingkungan), dan terakhir Parahyangan. Filosofi arsitektur tradisional Bali pada masa prasejarah hingga kekuasaan Majapahit (abad XV – XIX) dianggap sebagai masa tumbuh dan berkembangnya arsitektur tradisional Bali yang dilandasi oleh Lontar Hastakosala-Hastakosali dan Lontar-Hastabumi (Bhagawan Wiswakarma dan Bhagawan Panyarikan). Dalam pembuatannya ini terkenal dengan konsep Hasta Kosala Kosali. Hasta Kosala adalah aturan tentang bentuk-bentuk Niyasa (simbol) Pelinggih, Hasta Bumi adalah aturan tentang luas halaman pura, pembagian ruang halaman, dan jarak Antarpelinggih. Menurut I Nyoman Gelebet 1982, arsitektur tradisional Bali merupakan arsitektur yang ditumbuhkembangkan dari generasi kegenerasi berikutnya dan dibuat dengan aturan-aturan tradisional Bali baik tertulis maupun lisan serta dapat diterima oleh masyarakat

Bali secara berkelanjutan karena dianggap baik dan benar. Rumah adat tradisional Bali memiliki ciri khas yang dimana bangunannya terpisah-pisah dan memiliki fungsi masing-masing sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Arsitek atau perancang dari rumah adat Bali disebut dengan Undagi yang berpedoman pada Hasta Kosala Kosali dengan pembagian ruang berikut :

1. Angkul – Angkul: merupakan pintu masuk utama dan satu-satunya,
2. Aling – Aling: pembatas antara angkul - angkul dengan tempat suci,
3. Sanggah/Pameraja: tempat suci bagi suatu keluarga tertentu,
4. Bale Meten/Daja: ruang tidur kepala keluarga atau anak gadis, letaknya di utara, berbentuk persegi panjang dan terdiri dua buah Bale di kiri dan kanan,
5. Bale Dauh: tempat menerima tamu dan tempat tidur anak remaja atau anak muda yang terletak dibagian Barat,
6. Bale Sakepat: bangunan terbuka dengan jumlah tiang empat yang dipergunakan sebagai paviliun atau kamar tidur anak di Selatan,
7. Bale Dangin/Gede: tempat upacara adat dan tempat beristirahat, terletak di bagian Timur atau Dangin Natah Umah,
8. Paon/ dapur terletak di sisi Selatan rumah atau Barat Daya,
9. Jineng merupakan lumbung padi di bagian Tenggara hunian atau dekat Paon, 10. Kandang ternak sapi atau babi sesuai dengan profesi masyarakat dahulu.



Gambar 1. Bagian-bagian rumah tradisional Adat Bali. Sumber: <https://rumahnusa.blogspot.co.id/2011/11/rumah-tradisional-bali.html>

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis perkembangan gaya arsitektur rumah adat tradisional Bali pada era modern baik dalam tata letak, pola ruang, dan bentuk bangunan. Penelitian ini mengambil studi kasus rumah adat tradisional Bali, yang digunakan dari 2 (dua) rumah adat yang berbeda di pemukiman masyarakat suku Bali di Kecamatan Seputih Raman, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung.

2. Metode Penelitian

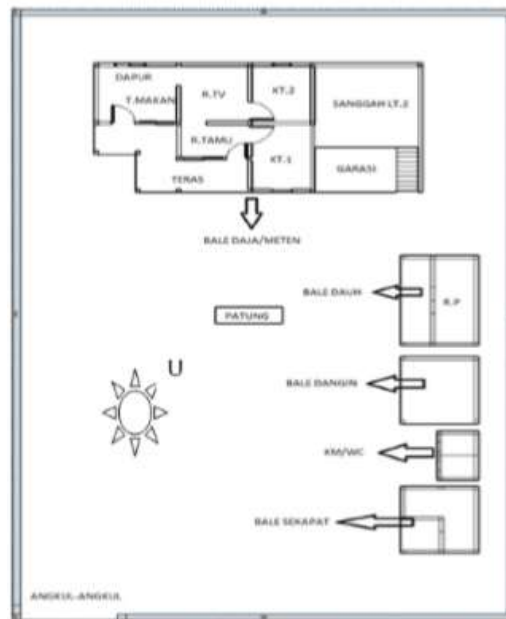
Menggunakan metode penelitian kualitatif yang bersifat ground research yang bertujuan mengungkap perkembangan pola ruang rumah adat tradisional Bali di Provinsi Lampung. Objek penelitian rumah adat tradisional 1 milik Bapak Nyoman Sugite dan rumah adat tradisional 2 milik Bapak Ketut Arya Analisa data dengan mengidentifikasi kesesuaian antara konsep standar dengan kondisi rumah adat tradisional Bali

berdasarkan fakta di lapangan. Unsur variabel penelitian diantaranya pola tata letak ruang dan bentuk bangunan.

3. Pembahasan

Berdasarkan hasil identifikasi serta analisis data dan fakta dilapangan, diperoleh perbandingan antara rumah adat 1 dan rumah adat ke 2 sebagai berikut :

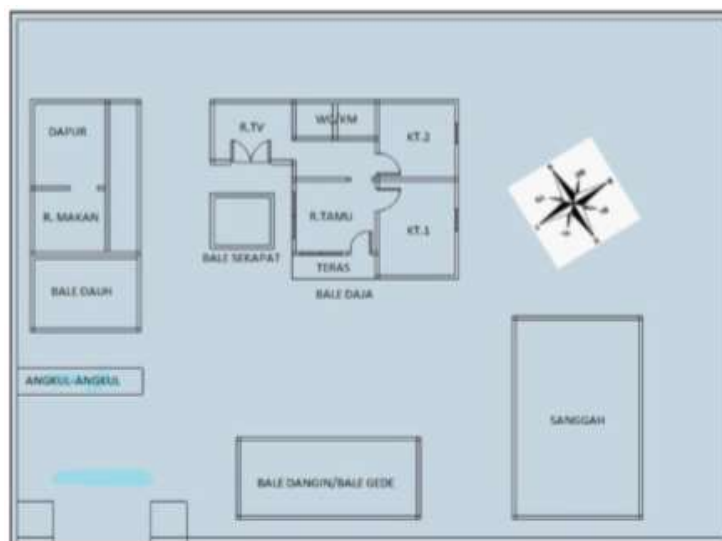
A. Rumah Adat Tradisional 1 (milik Bapak Nyoman Sugite)



Gambar 2. Denah tata letak rumah adat tradisional 1

Sumber : Dokumen Pribadi

B. Rumah Adat Tradisional 2 (milik Bapak Ketut Arya)



Gambar 3. Denah tata letak rumah adat tradisional 2

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 1. Perbandingan arsitektur rumah adat Tradisional Bali.

Bagian Ruang	Standar	Rumah Adat 1	Rumah Adat 2
Angkul-Angkul	 Sebagai Gapura jalan masuk, memiliki atap piramida yang menghubungkan kedua sisinya.	 Tidak memiliki daun pintu gerbang.	 Sudah sesuai standar karena dari segi bentuk dan tata letak sudah tepat di akses entrance.
Sanggah / Pameraja	 Sebagai tempat suci bagi suatu keluarga tertentu. Tata letak standar yaitu arah utara yang merupakan arah suci bagi kepercayaan umat hindu.	 Sudah sesuai pada tata letak standar yaitu arah Utara. - Mengalami perubahan posisi sanggah di lantai dua, lantai 1 sebagai garasi.	 Sudah sesuai pada tata letak standar yaitu arah Utara. - Posisi sanggah tetap dibawah.
Bale / Daja	 Merupakan ruang tidur bagi kepala keluarga atau anak gadis. Diletakkan di area utara (kaja) atau di bagian tengah.	 Sudah sesuai pada standarnya yaitu arah Utara, bersebelahan dengan sanggah.	 Tata letak sudah sesuai standar diarah tengah mengalami perubahan fungsi ruang dengan penambahan ruang.
Bale Dauh	 Merupakan tempat menerima tamu dan tempat tidur anak remaja / anak muda terletak dibagian Barat. Terdiri satu buah Bale dengan posisi bagian dalam dan berbentuk persegi panjang.	 Terletak di arah Timur sehingga tidak sesuai dengan standarnya yang seharusnya diarah Barat.	 Tidak sesuai dengan standar karena berada di sebelah Timur, dari segi fungsinya sesuai dengan standar.

Bagian Ruang	Standar	Rumah Adat 1	Rumah Adat 2
Bale Dangin	 Terletak di bagian Timur atau dangin natah umah, berbentuk segi empat atau persegi panjang tergantung jumlah tiang kayu dan Bale.	 Sesuai dengan standar tata letak ruang di bagian arah Timur.	 Sudah memenuhi standar berada di sebelah Timur.
Bale Sekapat	 Merupakan bangunan terbuka dengan jumlah tiang empat yang digunakan sebagai pavilion atau kamar tidur anak di Selatan dan dimanfaatkan untuk bersantai.	 Memiliki perbedaan bentuk yang cukup signifikan - Tidak sesuai karena terletak di tenggara.	 Bentuk, fungsi, dan tata letak ruangnya sesuai standar di sebelah selatan.
Paon / Dapur	 - Terletak di sisi Selatan rumah atau Barat Daya. - Bentuk standarnya yg semi terbuka.	 Lokasi dapur sudah modern, menyatu dengan Bale Daja. - Tata letaknya tidak sesuai standar yang berada di bagian Selatan, sementara Bale Daja berada di bagian Utara.	 - Mengalami perubahan dari standar, tertutup dinding penuh. - Tata letak Paon sesuai dengan standar di bagian Selatan.
Kamar Mandi / Toilet	Toilet sendiri terletak dibagian Tenggara atau Selatan yaitu di bagian arah kotor atau kurang suci.	 Tata letak kamar mandi dan toilet sesuai standar yaitu dibagian arah Tenggara.	 Menyatu dengan Bale Daja ditengah sebagai penambahan. Letaknya tidak standar yaitu Selatan atau Tenggara.

Bagian Ru ang	Standar	Rumah Adat 1	Rumah Adat 2
Jineng / Klumpu	 Lumbung padi atau gudang tempat penyimpanan beras. Terletak di bagian tenggara hunian atau dekat dengan Paon.		Tidak terdapat Jineng karena dianggap sudah modern dimana hasil panen disimpan pada gudang. Pemilik menceritakan bahwa Jineng sudah tidak terlalu dibutuhkan pada era modern.
Kandang Ternak	 Dahulu terdapat kandang ternak pada bagian rumah tradisional. Karena orang Bali dahulu sebagian besar berprofesi sebagai petani dan peternak		Tidak memiliki kandang ternak, karena menganggap terlalu sulit memelihara ternak. Pemilik merasa kebutuhan untuk mendapatkan daging ternak sudah mudah di zaman saat ini dan memelihara ternak di era modern ini sudah sangat merepotkan bagi mereka karena banyak ternak yang mudah terserang penyakit.

Sumber : Hasil Analisis

4. Kesimpulan

Hasil studi banding dengan data standar dari buku dan hasil interview dari tokoh adat umat Hindu bahwa rumah adat tradisional Bali ini terdapat perubahan dalam tata letak, sirkulasi ruang dan pengurangan beberapa bagian bangunan:

1. Pada bangunan 1 milik Bapak Nyoman Sugite, tata letak bangunan yang tidak sesuai dengan standar adalah Bale Dauh, Bale Sekapat dan Paon / Dapur. Jika dilihat dari bentuk bangunan beberapa bangunan mengalami perubahan bentuk seperti Bale Daja, Sanggah, Bale Sekapat dan Paon.
2. Sementara untuk bangunan 2 milik Bapak Ketut Arya, tata letak bangunan yang tidak sesuai dengan standar adalah Bale Dauh dan Kamar Mandi / Toilet. Dari bentuk bangunan mengalami perubahan pada Bale Daja dan Paon.
3. Pada kedua bangunan tidak ada Aling-aling, Jineng dan Kandang ternak karena kendala keterbatasan lahan dan kondisi lahan kurang memadai.
4. Pemilik cukup menyadari adanya kesalahan tata letak dalam membangun bangunan tersebut. Namun dalam pengerjaan bangunan pemilik sudah berkonsultasi terhadap tokoh adat agama hindu di lingkungannya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian makalah. Ucapan terima kasih juga kepada Hibah Penelitian Universitas Unila yang berkontribusi dalam memberikan data dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Dwijendra, N. K. A. (2008) *Arsitektur Rumah Tradisional Bali*, Udayana University Press, Bali.
- Gelebet, I Nyoman, Ir. (1981/1982). *Arsitektur Tradisional Daerah Bali*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Bali.
- Setiawan, Haryadi. B. (2010) *Arsitektur Lingkungan dan Perilaku*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Suardana, I Nyoman Gede. (2015) *Rupa Nir Rupa Arsitektur Bali*, Badan Perpustakaan dan Arsip Provinsi Bali, Bali.
- Swastika, I.G, Y.A. (2018) *Studi Pengaruh Perubahan Gaya Arsitektur pada Tata Letak Ruang Rumah Adat Tradisional Bali pada Era Modern di Kawasan Seputih Raman Lampung Tengah*, Seminar Perancangan Arsitektur Program Studi Arsitektur Universitas Bandar Lampung, Lampung.

Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Multilevel Inverter Dengan Mengatur Tegangan Output

Noer Soedjarwanto¹, Osea Zebua², M. Hardy Lazuardy³

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail:

Abstrak. Parameter yang digunakan dalam mengontrol kecepatan motor kapasitor adalah frekuensi pada tegangan ACnya. Jika inverter tidak menggunakan filter maka akan dihasilkan harmonisa tegangan output yang besar. Hal ini menyebabkan life time motor induksi berkurang. Diode clamped multilevel inverter dapat difungsikan sebagai inverter yang nilai harmonisa keluaran tegangannya lebih rendah dibandingkan inverter full bridge. Sehingga dengan diode clamped multilevel inverter life time dari motor induksi pun menjadi lebih tinggi dibandingkan inverter konvensional. Makalah ini menyajikan system pengaturan kecepatan motor induksi menggunakan diode clamped multilevel inverter. Hasil pengujian menunjukan jika peralatan yang dibuat bisa bekerja dengan baik. Kecepatan putaran motor induksi bisa dikendalikan dengan mengatur tegangan yang diberikan oleh diode clamped multilevel inverter.

Kata kunci: Motor Induksi, Diode Clamped Multilevel Inverter, Tegangan Output

1. Pendahuluan

Motor kapasitor merupakan jenis motor induksi satu fasa yang pengaplikasiannya banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari. Biasanya, parameter yang digunakan dalam mengontrol kecepatan motor kapasitor adalah besarnya tegangan sumber yang diberikan. Jadi kecepatan motor kapasitor pun akan semakin cepat sejalan dengan besarnya tegangan sumber yang diberikan. Namun permasalahannya semakin besar beban motor yang digunakan maka tegangan sumber yang diperlukan motor kapasitor pun semakin besar. Inverter adalah peralatan pengubah arus searah menjadi arus bolak-balik. Inverter berfungsi sebagai perubah arus searah menjadi arus bolak-balik, sehingga tegangan output inverter pun bisa divariasikan. Dari sinilah inverter dapat difungsikan sebagai kontroler yang bisa mengatur perubahan tegangan output pada motor induksi. Namun, harmonisa yang dihasilkan inverter masihlah tinggi, sehingga inverter membutuhkan filter untuk mengurangi nilai harmonisa tegangan. Ukuran filter pun akan semakin besar sejalan dengan besarnya daya yang digunakan. Dalam mengatasi hal tersebut dibuatlah multilevel inverter berjenis diode clamped multilevel inverter. Diode clamped multilevel inverter merupakan jenis inverter yang nilai harmonisa tegangannya bisa diperkecil dengan menambahkan jumlah tingkat inverternya. Sehingga tanpa menggunakan filter pun inverter bisa memiliki nilai harmonisa yang rendah. Makalah ini menyajikan system pengaturan kecepatan motor induksi menggunakan diode clamped multilevel inverter sebagai alat perubah tegangan output yang digunakan oleh motor.

2. Studi Pustaka

Motor kapasitor merupakan salah satu jenis motor arus bolak-balik satu fasa. Motor kapasitor memiliki konstruksi yang mirip dengan motor fasa belah, hanya pada jenis kapasitor ini di tambah satu unit kapasitor. Motor kapasitor bekerja untuk tegangan AC satu fasa dan umumnya banyak digunakan untuk pompa air, refrigerator, compressor udara, mesin cuci dan lainnya. Menurut hubungan kapasitornya jenis motor kapasitor dapat dibagi menjadi dua macam yaitu motor kapasitor start dan motor kapasitor running.

Multilevel inverter merupakan jenis inverter yang gelombang keluaran tegangannya memiliki tingkatan atau level yang sesuai dengan jumlah sumber tegangan DC yang digunakan. Berdasarkan topologinya multilevel inverter dibagi menjadi tiga jenis yaitu cascade multilevel inverter, diode clamped multilevel inverter, dan flying capacitor multilevel inverter. Diode clamped multilevel inverter merupakan jenis inverter yang memerlukan satu sumber tegangan. Namun walaupun hanya dengan satu sumber tegangan bentuk keluaran gelombang diode clamped multilevel inverter menyerupai gelombang sinusoidal

3. Metode

3.1 Studi Lilteratur

Sebelum dilakukan realisasi perangkat keras, terlebih dahulu dilakukan pemodelan dan simulasi yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari perangkat keras yang akan dibuat nantinya. Dalam hal ini pemodelan dan simulasi yang dibuat adalah pemodelan dan simulasi diode clamped multilevel inverter. Pemodelan dan simulasi dibuat menggunakan software MATLAB. Tahap ini juga bertujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan karakteristik dan prinsip kerja dari komponen komponen maupun program yang akan digunakan dalam merancang alat. Beberapa referensi yang dikumpulkan antara lain prinsip kerja motor kapasitor, prinsip kerja diode clamped multilevel inverter, sistem pengaturan kecepatan motor kapasitor satu fasa, dan pemrograman mikrokontroller arduino uno.

3.2 Perancangan dan Pembuatan Alat

Pada penelitian ini memerlukan beberapa bagian modul yang dibutuhkan sistem untuk bekerja. Beberapa alat yang akan dirancang pada penelitian ini yaitu Perancangan modul catu daya sebagai sumber tegangan inverter, Perancangan modul kontrol gate driver sebagai pelindung mikrokontroler dari arus balik mosfet., Perancangan modul diode clamped multilevel inverter sebagai perekayasa jalur arus listrik sehingga dari arus dc bisa dihasilkan arus ac. Dan yang terakhir yaitu pemrograman arduino uno yang dibutuhkan komponen pada modul inverter untuk bekerja.

3.3 Pengujian

Dalam tahap pengujian ini akan dilakukan untuk melihat keberhasilan alat sesuai dengan prinsip kerjanya dan referensi yang digunakan. Selain itu, saat pengujian berlangsung akan dilakukan pengambilan data data yang akan digunakan sebagai acuan untuk menganalisa hasil pengujian. Pengujian ini dilakukan di laboratorium teknik elektro. Dengan menggunakan keluaran tegangan 150 - 160 volt DC untuk sumber tegangan motor induksinya.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Perancangan Alat



Gambar 1. Diode Clamped Multilevel Inverter



Gambar 2. Motor Induksi Satu Fasa

Gambar 1 merupakan gambar keseluruhan alat pengatur kecepatan motor induksi menggunakan modul gate driver, modul diode clamped multilevel inverter, dan mikrokontroler arduino uno. Gambar 2 merupakan motor induksi 1 fasa berjenis motor kapasitor.

4.2 Hasil Pengujian



Gambar 3. Pengujian di laboratorium KEE

Tabel 1 Pengaruh Tegangan Input Terhadap Kecepatan Putaran

Tegangan Input (Volt DC)	Kecepatan Putaran (rpm]
150	1482
153.5	1804
157	2254
160	2732

Pengujian pengaruh kecepatan putaran motor induksi dengan tegangan sumber 150 – 160 volt. Dari data tersebut terlihat jika mulai dari tegangan 150 volt sampai dengan 160 volt. Kecepatan putaran motor akan semakin meningkat. Mulai dari 1482 RPM sampai dengan 2732 RPM.

Tabel 2 Pengaruh Tegangan Input Terhadap Tegangan Output pada beban motor

Tegangan Input (Volt DC)	Tegangan Output (Volt AC)
150	102
153.5	87.3
157	92.2
160	69.8



Gambar 4 Bentuk Gelombang tegangan pada beban motor saat tegangan 102 Volt

Pada tabel diatas ditunjukan nilai dari pengaruh tegangan input terhadap tegangan output pada inverter dengan beban motor. Terlihat pada saat tegangan input yang diberikan yaitu 150 sampai dengan 160 Volt tegangan output yang dihasilkan pun akan semakin menurun.

Tabel 3 Pengaruh Tegangan Input Terhadap Tegangan Output pada Inverter

Tegangan Input (Volt DC)	Tegangan Output (Volt AC)
150	107.2
153.5	108.3
157	111.3
160	118



Gambar 5 Bentuk Gelombang tegangan output tanpa menggunakan beban

Pada tabel 3 yaitu tabel pengaruh tegangan input terhadap tegangan output pada inverter tanpa menggunakan beban. Terlihat jika tegangan output yang didapat pada keluaran tegangan inverter akan semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya tegangan input yang diberikan. Terlihat saat tegangan input yang diberikan 150 volt DC didapatkan nilai tegangan output 107 volt AC dan saat tegangan input dinaikan menjadi 160 volt DC, tegangan output yang dihasilkan naik menjadi 118 volt.

5. Kesimpulan

Kecepatan putaran motor induksi dapat diatur menggunakan diode clamped multilevel inverter dengan tegangan sumber minimal 150 volt DC dan maksimalnya 160 volt AC. Perubahan tegangan input sangat berpengaruh terhadap tegangan output inverter dan juga kecepatan putaran motor induksi. Dimana semakin tinggi tegangan input yang diberikan maka tegangan output yang dihasilkan pun akan semakin besar juga. Pada pengujian beban motor, kecepatan putaran motor induksi akan semakin naik saat nilai tegangan input yang diberikan berkisar 150 – 160 volt. Nilainya berkisar dari 1482 RPM sampai dengan 2732 RPM.

Daftar Pustaka

- D. Khairnar, Dnyaneshwar, dan M. Deshmukh, V. "Performance Analysis of Diode Clamped 3 Level MOSFET Based Inverter". International Electrical Engineering Journal (IEEJ), Vol. 5 (2014) No 7; pp. 1484-1489.
- Yuan, Xiaoming, Barbi, Ivo. "Fundamentals of a New Diode Clamping Multilevel Inverter". IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 15 (2000) NO. 4.
- H. Rashid, M. 1993. Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications (2nd Edition). Prentice Hall, New York.
- W. Hart, D. 2011. Power Electronic. McGraw-Hill Companies, New York.
- Shalini, S. "Voltage Balancing in Diode Clamped Multilevel Inverter Using Sinusoidal PWM". International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Vol 6 (2013) No 2.
- Peter McGrath, Brendan. "Multicarrier PWM Strategies for Multilevel Inverters". IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS VOL. 49 (2002), NO. 4.
- Zheng, Xu, Song, Li dan Hongying, Pan. "Study of Five-level diodes-clamped Inverter Modulation Technology Based on Threeharmonic Injection Method". 2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT-2012).
- Perumal, R. Pon, Sultana, W. Razia, Kumar Sahoo, Sarat. "Minimization of Switching Losses for Diode Clamped Multilevel Inverter". International Journal of Computer Application (0975-8887). Volume 44-No11, April 2012
- Kurvale, Manish V, Amzare, Er. N. C, Sharma, Palak G. "Analysis of Five Level Diode Clamped Multilevel Inverter Using Discontinuous TPWM Technique". International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. Vol. 4 Issue 5, May 2015
- Sudarsanan, Anjali, R, Roopa, Sanjana, S. "Comparison of Conventional & New Multilevel Inverter Topology". International Journal of Scientific & Engineering Research. Volume 6, Issue 2, February-2015 ISSN 22295518
- Rodriguez, Jose, Lai, Jih-Sheng, Zheng Peng, Fang. "Multilevel Inverter : A Survey of Topologies, Controls, and Applications". IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS. VOL. 49, NO. 4, AUGUST 2002

Analisis Pemanfaatan Air Sungai di Hilir Bendung Way Seputih sebagai Suplesi untuk Optimalisasi Daerah Irigasi Way Seputih Layanan BWS.22 s/d bws.33 seluas 5000 ha

Muhammad Mukhlis

Program Studi Megister Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

Email : 123mukhlis@gmail.com

Abstrak. *Kurangnya pasokan air untuk usaha padi sawah pada musim tanam kedua (musim tanam gadu) pada daerah irigasi Way Seputih, khususnya pada daerah layanan BWS. 22 sampai dengan BWS.33 yang mencakup luas fungsi hingga 5000 ha, memacu keinginan untuk memanfaatkan sumber daya air yang ada yakni aliran sungai Way Seputih. Dimungkinkan memanfaatkan aliran sungai dari bagian hilir bendung sampai lokasi sungai dekat BWS.22 untuk mensuplai daerah irigasi Way Seputih layanan BWS.22 sampai BWS.33 melalui peyediaan bangunan suplesi. Dengan adanya suplesi, urutan pola tanam pada lahan pertanian perlu ditinjau dalam satu tahun, termasuk di dalamnya masa pengolahan tanah. Pelaksanaan pola tanam dilaksanakan berdasarkan Surat Keputusan Kepala Daerah, sehingga pemanfaatan suplesi akan menyesuaikan berdasarkan faktor ketersediaan air. Dalam kajian ini dibahas antara lain; kebutuhan air yang ada, perhitungan debit andalan, perhitungan ketersediaan air, identifikasi pola tanam dan tambahan hasil panen yang akan didapat, serta nilai ekonomi pembangunan suplesi.*

Hasil kajian menunjukkan bahwa ketersediaan air dari sungai Way Seputih di hilir bendung mencukupi untuk kebutuhan pertanian pada musim tanam kedua daerah layanan BWS. 22 sampai dengan BWS.33 yakni debit andalan maksimum 23.303 ltr./dt. dan debit andalan minimum 6.987 ltr./dt. Kebutuhan penggunaan air maksimum 8.797 ltr./dt dan penggunaan minimum 939 ltr./dt. Nilai finansial yang akan diperoleh dengan pola tanam padi-padi-palawija yakni penambahan luas tanam sebesar 6.313 hektar, penambahan hasil panen sebesar 30.935 ton selama satu tahun yang dilaksanakan pada dua UPTD.

Kata Kunci : *Kebutuhan air, debit andalan, ketersediaan air, pola tanam, nilai finansial*

1. Pendahuluan

Optimalisasi pemanfaatan sumber daya air perlu dilakukan guna meningkatkan usaha padi sawah, salah satunya adalah melalui alokasi air irigasi secara efektif dan efisien. Dengan demikian diperlukan alokasi sumber daya air (irigasi) pada lahan sawah terkait dengan kinerja pengelolaan air irigasi pada tingkat usaha tani yang masih jauh dari optimal, bahkan cenderung masih boros, sementara itu kehilangan air yang terjadi di saluran irigasi juga sulit di tekan. Kondisi ini merupakan salah satu penyebab utama rendahnya realisasi areal tanam yang bermuara pada rendahnya perolehan produksi.

Kurangnya pasokan air untuk usaha padi sawah pada musim tanam kedua (musim tanam gadu) pada daerah irigasi Way Seputih, khususnya pada daerah layanan BWS. 22 sampai dengan BWS.33 yang mencakup luas fungsi hingga 5000 ha, memacu keinginan untuk memanfaatkan sumber daya air yang ada yakni aliran sungai Way Seputih.

Dalam konteks itulah penelitian atau kajian teknis untuk dimungkinkannya memanfaatkan aliran sungai Way Seputih beserta aliran masuk dari anak-anak sungainya sangat perlu dilakukan. Lokasi yang potensial untuk upaya tersebut adalah dari bagian hilir bendung D.I. Way Seputih, dapat dioptimalkan untuk

mensuplai daerah irigasi Way Seputih layanan BWS.22 sampai BWS.33 melalui peyediaan bangunan suplesi.

1.1. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah guna menganalisis ketersediaan air di sungai Way Seputih sepanjang ± 55 km., yang diharapkan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada daerah irigasi Way Seputih layanan BWS.22 sampai dengan BWS.23 seluas 5000 hektar khususnya pada musim tanam kedua (gadu) dengan pola yang lebih efektif dan efisien.

Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Analisis ketersediaan debit sungai Way Seputih di hilir bendung.
2. Analisis kebutuhan air irigasi.
3. Analisis pola tanam dan jadwal tanam yang tepat sesuai ketersediaan air di sumbernya.
4. Analisis finansial dengan adanya pembangunan suplesi untuk optimalisasi daerah irigasi pada lokasi tinjauan.

1.2. Batasan Masalah

Lingkup dan batasan masalah yang digunakan adalah :

1. Identifikasi potensi ketersediaan air DAS Way Seputih yang berada di hilir bendung hingga sekitar bangunan irigasi BWS.22;
2. Perhitungan kebutuhan air di daerah irigasi Way Seputih pada daerah layanan BWS. 22 sampai dengan BWS.33 yang mencakup luas fungsi hingga 5000 ha;
3. Melakukan perhitungan keseimbangan air dengan debit andalan;
4. Kajian pola tanam yang seimbang serta menetapkan jadwal tanam dan jadwal pemberian air yang tepat sesuai ketersediaan di sumbernya;

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (Watershed) didefinisikan sebagai suatu wilayah daratan yang menerima air hujan, menampung dan mengalirkannya melalui satu sungai utama ke laut dan atau ke danau. Satu DAS, biasanya dipisahkan dari wilayah lain di sekitarnya (DAS-DAS lain) oleh pemisah alam topografi (seperti punggung bukit dan gunung. Suatu DAS terbagi lagi ke dalam sub DAS yang merupakan bagian DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utamanya (Dirjen Reboisasi & Rehabilitasi Lahan, 1998).

2.2. Konsep Dasar Hidrologi

Hidrologi didefinisikan sebagai ilmu yang berkaitan dengan air bumi, terjadinya peredaran dan agihannya, sifat-sifat kimia dan fisiknya, dan reaksinya dengan lingkungannya termasuk hubungannya dengan makhluk hidup (International Glossary of Hydrology, 1974).

Pengelolaan sumber daya air dari siklus hidrologi pada suatu sungai adalah aplikasi dari cara struktural dan non struktural untuk mengendalikan sistem sumberdaya air alam dan buatan manusia untuk kepentingan/manfaat manusia dan tujuan-tujuan lingkungan (Kondoati dan Sjarief, 2005).

2.3. Kesetimbangan Air

Kesetimbangan air ialah proses keluar masuk dan storage air dalam suatu ruang tinjau, dengan menggunakan hukum kekekalan masa maka kalau dijumlahkan akan sama dengan nol. Teori kesetimbangan air tersebut dikembangkan untuk perhitungan ketersediaan air di sungai dan kesetimbangan air di petak sawah untuk mencari kebutuhan air irigasi dengan sistem irigasi zone akar.

Teori kesetimbangan air tersebut bisa digunakan untuk menghitung ketersediaan air di sungai atau untuk menghitung kebutuhan air bagi tanaman di petak sawah atau kebun.

2.4. Perhitungan Ketersediaan Air

Ketersediaan air pada DAS Way Seputih di perhitungkan berdasarkan data hujan sintetis hasil pemodelan dari curah hujan di DAS Way Seputih, ketersediaan di hitung pada setiap sub DAS dengan data curah hujan selama 10 tahun dari tahun 2008 sampai dengan 2017.

Ketersediaan air yang akan diperhitungkan adalah berupa debit andalan 80% dan 90%. Debit andalan adalah suatu angka yang memungkinkan 80% debit akan lebih besar atau sama dengan angka tersebut.

2.5. Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah kebutuhan air total yang akan diberikan pada petak sawah yang merupakan kebutuhan air untuk pengolahan tanah dan pertumbuhan tanaman. Kebutuhan bersih air di sawah dihitung dengan rumus :

$$NFR = Etc + P - Re + WLR$$

dimana :

NFR = Kebutuhan air bersih di sawah (mm/hari)

Etc = Evapotranspirasi aktual atau penggunaan konsumtif tanam selama pertumbuhan (mm/hari)

P = Perkolasi

Re = hujan efektif (mm/hari)

WLR= Penggantian lapisan air (mm/hari)

2.6. Pola Tanam

Pola Tanam adalah urutan tanaman pada sebidang lahan dalam satu tahun termasuk di dalamnya masa pengolahan tanah dan masa lahan diberikan. Contoh pola tanam adalah sebagai berikut:

Pola tanam padi-padi-padi dapat dilihat seperti gambar berikut :



Pola tanam padi-padi-palawija dapat dilihat seperti gambar berikut :



2.7. Analisa Finansial

Dalam setiap kajian kegiatan/proyek perlu dilakukan analisis kelayakan, baik secara teknis ataupun secara finansial/ekonomis. Secara teknis hasil kajian ini memungkinkan untuk dilaksanakan berdasarkan ketersediaan dan kebutuhan air untuk suplesi dengan berbagai alternatif pola tanam.

Secara finansial/ekonomi ada 3 parameter penting dalam analisis kelayakan, yakni :

- a. Net Present Value (NPV)
- b. Net Benefit Cost Ratio (net B/C)
- c. Internal Rate Return (IRR)

Untuk pendekatan ekonomi ini harus dilakukan survei :

1. Biaya investasi
2. Biaya operasional dan pemeliharaan
3. Nilai tambah yang diperoleh melalui survei hasil panen dari luasan yang akan terairi
4. Biaya produksi untuk pembelian saprodi.

Dalam kajian finansial/ekonomi ini, penulis membatasi pada dua hal, yakni; besarnya tambahan panen dan perkiraan biaya investasi sampai dengan waktu pengembaliannya.

3. Metode Penelitian

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di daerah irigasi (D.I) Way Seputih Kabupaten Lampung Tengah. Lokasi penelitian mulai dari hilir bendung Way Seputih di Desa Aji Baru Kecamatan Anak Tuha sampai dengan Desa Fajar Mataram Kecamatan Seputih Mataram.



Gambar 1 Peta Daerah Irigasi Way Seputih

3.2. Pola Pikir Pelaksanaan Studi

Penyusunan studi yang dilakukan dengan alur pikir sebagai berikut :

1. Pengumpulan data primer dan data sekunder.
2. Perhitungan kebutuhan air untuk irigasi berdasarkan identifikasi pola tanam yang ada.
3. Perhitungan debit andalan berdasarkan analisis DAS.
4. Analisa pola tanam yang optimal yang sesuai dengan ketersediaan air.

3.3. Variabel Penelitian dan Sumber data Penelitian

Variabel dalam penelitian yang akan dilaksanakan pada lokasi tinjauan ini adalah:

1. Debit sungai Way Seputih (m³/dt)
2. Luas baku dan luas fungsi lahan persawahan (ha)
3. Kebutuhan air irigasi (l/dt/ha)
4. Pola tanam yang berlaku.

Sumber dan pengumpulan data, diperoleh dari:

1. Data Curah Hujan; PH.108 Punggur, PH.130 Bendung Way Seputih, PH.145 Sripindowo (tahun 2008 – 2017).
2. Data Klimatologi; stasiun Gunung Megang, stasiun Cisaat Natar, stasiun Renobasuki, dan Branti (tahun 2008 – 2017).
3. Pola Tanam dan Jadwal Tanam; “Keputusan Gubernur Lampung Nomor : G/529/V.03.1/HK/2018 tanggal 12 november 2018”

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Daerah Aliran Sungai (DAS.) Way Seputih

Daerah Lampung Tengah terdapat 2 (dua) dari 5 (lima) DAS di Propinsi Lampung yaitu Sungai Way Seputih dan Sungai Way Sekampung. Data DAS Way Seputih adalah sebagai berikut;

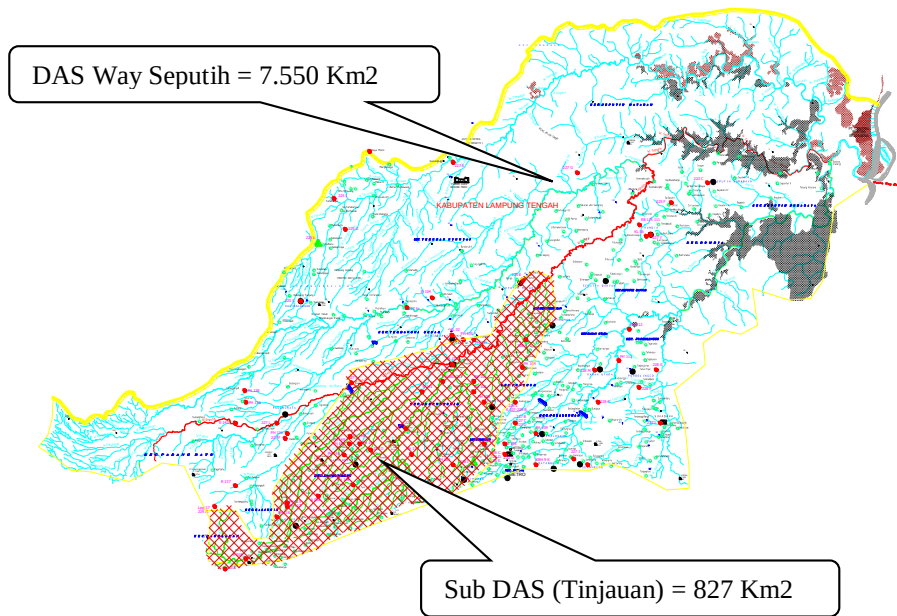
- a. Luas sungai : 7.550 Km²
- b. Panjang Seluruh Sungai : 965 Km
- c. Jumlah cabang – cabang sungai : 14 buah
- d. Densiti Pola Aliran : 0,13
- e. Frekwensi Pola Ali ran : 0 ,0019

Potensi Daerah Irigasi (D.I) Way Seputih,

- a. Luas Baku : 20.201 Ha.
- b. Luas Fungsi : 14.612 Ha.
- c. Panjang Saluran Induk : 58.201 m
- d. Panjang Saluran Sekunder : 122.937 m
- e. Panjang Saluran Tersier : 310.000 m

Adapun data pada lokasi penelitian adalah;

- a. Luas sub DAS : 827 Km²
- b. Panjang sungai : 55 Km
- c. Luas Baku (2 UPTD) : 6.313 Ha



Gambar 2 Peta DAS Way Seputih

4.2. Hujan Efektif

Perhitungan hujan efektif dengan mengurutkan data dari yang kecil ke besar,

$$P = (m/(n + 1)) * 100\% \text{ (diambil data } R_{80})$$

Hasil perhitungan hujan efektif (R_e) setengah bulanan untuk tanaman padi dapat dilihat pada table 1 berikut :

Tabel 1. Hasil perhitungan hujan efektif (Re) setengah bulanan untuk tanaman padi

P=(m/(n+1)) * 100%	Nomer Urut	CURAH HUJAN (mm)											
		Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
		1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd
91%	10	25,33	75,17	75,33	40,00	68,33	67,67	61,33	21,67	21,33	18,17	8,33	9,00
82%	9	50,67	83,67	91,67	57,33	79,67	87,00	90,50	37,33	46,67	22,67	28,00	10,67
73%	8	76,67	135,00	98,33	108,00	102,00	87,67	109,83	60,00	49,00	29,00	45,33	14,33
64%	7	134,67	136,33	108,00	110,33	108,33	94,83	117,00	65,00	54,00	36,00	52,50	29,00
55%	6	154,33	142,67	128,33	126,33	129,67	97,00	121,67	72,67	58,33	43,83	53,00	29,33
45%	5	192,00	143,67	134,50	148,33	145,67	107,83	122,50	77,33	64,33	44,00	54,00	50,67
36%	4	197,67	152,17	156,67	166,83	156,83	117,00	122,67	95,33	64,33	52,00	59,00	67,00
27%	3	223,50	192,00	168,67	169,33	157,67	136,67	127,67	123,33	78,83	59,33	64,83	74,83
18%	2	255,50	195,33	169,00	171,33	163,42	165,33	146,33	168,83	80,00	89,00	74,00	91,00
9%	1	321,83	284,67	206,33	242,00	224,33	236,67	169,33	169,33	82,50	91,33	84,83	103,33
Jumlah		1632,17	1540,67	1336,83	1339,83	1335,92	1197,67	1188,83	890,83	599,33	485,33	523,83	479,17
Rata-rata		163,22	154,07	133,68	133,98	133,59	119,77	118,88	89,08	59,93	48,53	52,38	47,92
(R80)	80%	57,81	96,14	101,37	67,12	89,42	95,75	101,10	42,88	51,52	25,44	32,19	12,03
Rerata Hari Hujan		8	8	7	6	7	6	6	6	4	4	5	4

P=(m/(n+1)) * 100%	Nomer Urut	CURAH HUJAN (mm)												
		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember		Total Rerata Tahunan
		1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd	
91%	10	0,00	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,67	45,97	36,67	51,17	634,47
82%	9	7,67	7,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	6,00	27,33	52,00	66,33	106,00	959,50
73%	8	9,33	8,33	0,00	0,00	0,50	0,00	4,33	24,67	40,33	66,00	82,67	120,67	1272,00
64%	7	18,83	23,00	13,33	2,33	7,67	8,00	12,33	40,67	44,33	71,17	101,73	121,80	1511,20
55%	6	49,50	31,67	15,67	36,67	22,33	15,33	36,33	46,67	47,67	80,67	121,57	135,67	1796,90
45%	5	50,67	45,67	17,33	38,83	22,33	36,00	53,00	57,33	68,17	99,33	135,33	146,50	2055,33
36%	4	57,67	63,33	31,50	41,33	29,67	39,33	60,67	67,17	72,33	104,67	137,94	151,67	2264,77
27%	3	61,00	103,00	34,00	43,67	33,33	43,33	67,00	72,17	84,00	112,17	160,33	179,67	2570,33
18%	2	64,33	104,00	45,67	56,33	51,33	53,67	72,67	72,50	94,00	121,67	163,00	215,33	2883,58
9%	1	65,00	163,33	73,50	66,33	59,67	75,33	73,00	167,33	123,17	134,00	180,33	217,33	3614,83
Jumlah		384,00	551,33	231,00	285,50	226,83	271,00	380,00	554,50	609,00	887,63	1185,90	1445,80	19562,92
Rata-rata		38,40	55,13	23,10	28,55	22,68	27,10	38,00	55,45	60,90	88,76	118,59	144,58	1956,29
(R80)	80%	8,57	8,49	0,00	0,00	0,04	0,00	1,03	8,09	31,11	58,32	74,27	117,77	1080,45
Rerata Hari Hujan		3	3	3	3	3	2	3	4	5	5	7	8	120

4.3. Debit Aliran Sungai

Tabel 2. Hasil Perhitungan Debit Andalan Q80

Bulan			Debit Analisis Q80 (Ltr./dt.)
Debit Analisis yang diurutkan (M ³ /dt.)	Januari	1 st	14.016,12
		2 nd	21.177,33
	Februari	1 st	17.089,29
		2 nd	18.167,05
	Maret	1 st	17.498,09
		2 nd	15.900,04
	April	1 st	18.371,45
		2 nd	12.815,44
	Mei	1 st	11.589,03
		2 nd	9.359,19
	Juni	1 st	11.180,22
		2 nd	7.723,98
	Juli	1 st	7.166,52
		2 nd	7.055,02
	Agustus	1 st	6.125,93
		2 nd	6.125,93
	September	1 st	6.181,67
		2 nd	6.125,93
	Oktober	1 st	6.609,06
		2 nd	8.876,06
	November	1 st	10.622,76
		2 nd	13.484,39
	Desember	1 st	15.342,59
		2 nd	19.579,28

4.4. Analisa Pola Tanam

4.4.1. Pola Tanam Eksisting

Pola tanam padi-palawija-bero adalah pola tanam yang dilaksanakan oleh petani saat ini yang dilaksanakan pada lima UPTD.

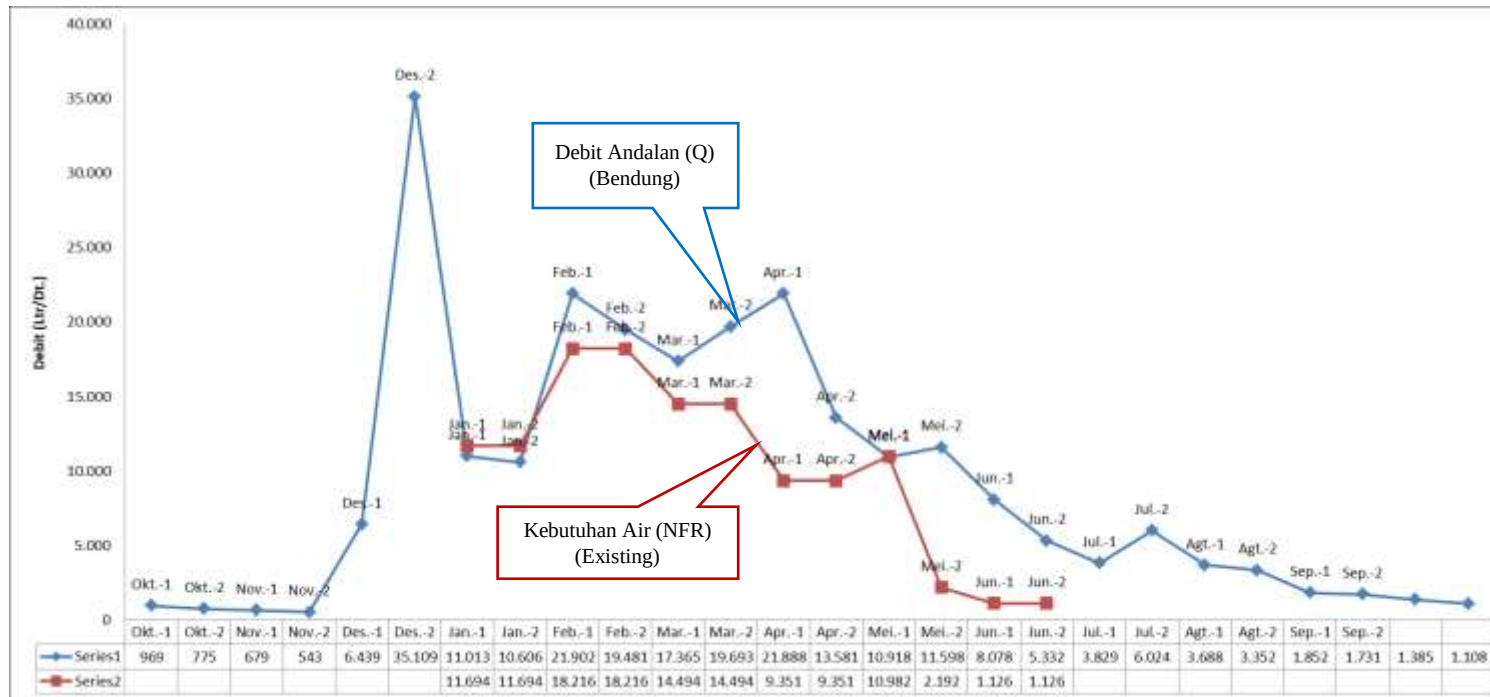
4.4.2. Pola Tanam Alternatif (Optimasi)

Analisis pola tanam ini dilakukan dalam beberapa alternatif yang memungkinkan dengan kombinasi pemanfaatan dua sumber air, yakni air yang bersumber dari bendung Way Seputih (eksisting) dan air yang bersumber dari bangunan suplesi (analisis).

1. Pola Tanam Alternatif - I (Padi-Padi-Padi; 5 UPTD)
2. Pola Tanam Alternatif - II (Padi-Padi-Palawija; 5 UPTD)
3. Pola Tanam Alternatif - III (Padi-Padi-Palawija; 2 UPTD), (Padi-Padi-Padi; 3 UPTD)
4. Pola Tanam Alternatif - IV (Padi-Padi-Palawija; 3 UPTD), (Padi-Padi-Padi; 2 UPTD)
5. Pola Tanam Alternatif - V (Padi-Padi-Palawija; 2 UPTD), (Padi-Palawija; 1 UPTD), (Padi-Padi-Padi; 2 UPTD)
6. Pola Tanam Alternatif - VI (Padi-Padi-Palawija; 1,5 UPTD), (Padi-Palawija; 1,5 UPTD), (Padi-Padi-Padi; 2 UPTD)
7. Pola Tanam Alternatif - VII (Padi-Palawija-Bero; 3 UPTD), (Padi-Padi-Palawija; 2 UPTD)

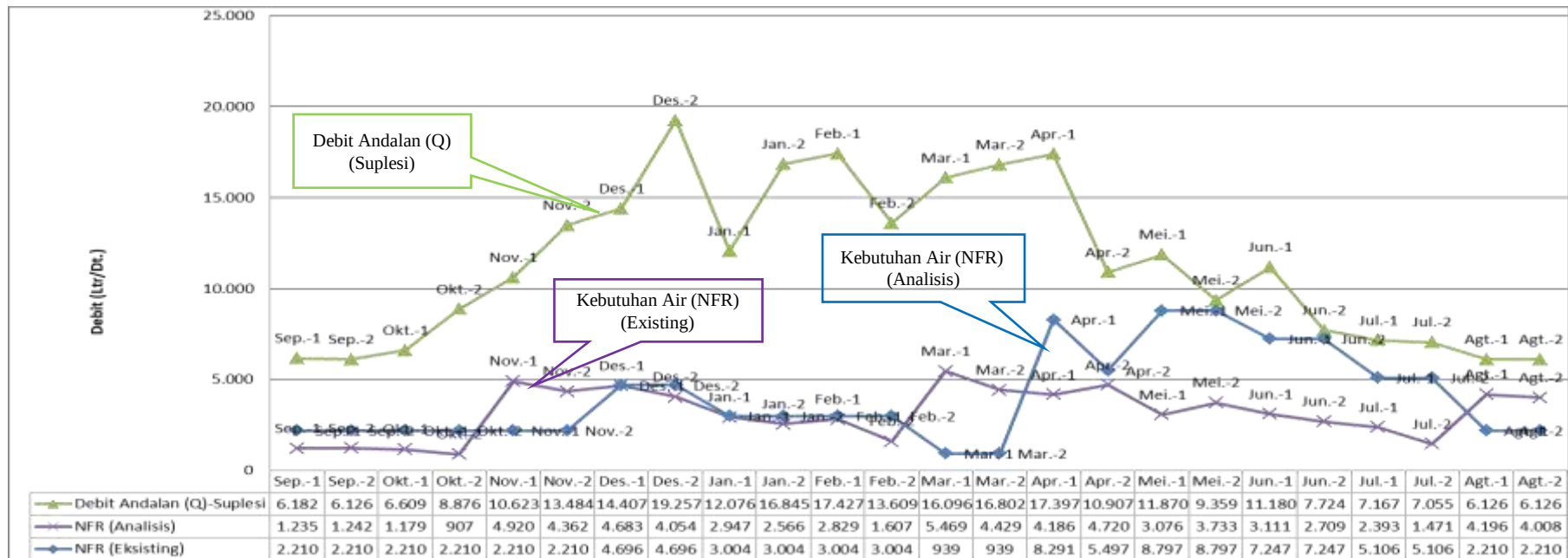
Tabel 3 Pola Tanam Eksisting

No.	D.I.Way Seputih/UPTD	Gol.	Sep.		Okt.		Nov.		Des.		Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		Mei		Jun.		Jul.		Ags.			
			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	UPTD - Bendung Way Seputih	I	Bero						LP		Padi (334 Ha)						Palawija						Bero					
2	UPTD - Simpang Agung	II	Palawija		Bero						LP		Padi (3438 Ha)						LP		Palawija							
3	UPTD - Terbanggi Besar	I	Bero						LP		Padi (4527 Ha)						Palawija						Bero					
4	UPTD - Seputih Mataram	II	Bero								LP		Padi (3630 Ha)						Palawija									
5	UPTD - Bandar Mataram	I	Bero						LP		Padi (2683Ha)						Palawija						Bero					



Tabel 4 Pola Tanam Alternatif - VIII

No.	D.I.Way Seputih/UPTD	Gol.	Sep.		Okt.		Nov.		Des.		Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		Mei		Jun.		Jul.		Ags.	
			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	UPTD - Bendung Way Seputih	I	Bero						LP		Padi (334 Ha)						Palawija						Bero			
2	UPTD - Simpang Agung	II	Palawija		Bero						LP		Padi (3438 Ha)				LP		Palawija							
3	UPTD - Terbanggi Besar	I	Bero						LP		Padi (4527 Ha)						Palawija						Bero			
4	UPTD - Seputih Mataram	II	Palawija								LP		Padi (3630 Ha)				LP		Padi (3630 Ha)							
5	UPTD - Bandar Mataram	I	Palawija						LP		Padi (2683 Ha)						LP		Padi (2683 Ha)				Palawija			



4.5. Analisa Finansial

Dalam kajian finansial/ekonomi ini, penulis membatasi pada dua hal, yakni; besarnya tambahan panen dan perkiraan biaya investasi sampai dengan waktu pengembaliannya, diperhotungkan untuk pol tanam pada alternatif – VII.

1. Biaya Investasi Konstruksi, Total biaya Rp.380.380.000.000,00
2. Biaya Sarana Produksi (untuk 6.313 ha budidaya tanaman padi sawah), Total biaya Rp.40.150.680.000,00
3. Biaya Operasi Dan Pemeliharaan Pompa (untuk luas 6.313 Ha.), Total biaya Rp.4.990.000.000,00
4. Nilai Tambah Hasil Panen (dihitung dengan harga jual kering panen, untuk luas 6313 Ha.), dengan harga gabah kering panen Rp.3.700,00 akan diperoleh nilai tambah sebesar Rp.114.454.690.000,00
5. Nilai Manfaat (merupakan perhitungan nilai tambah dikurangi dengan biaya produksi), diperoleh sebesar Rp.69.314.010.000,00
6. Pengembalian Biaya Investasi (dihitung dari besarnya nilai manfaat yang diperoleh), akan diperoleh pada tahun ke enam dengan prosentase nilai manfaat terhadap biaya investasi sebesar 109,33%

5. Kesimpulan

Dalam penelitian tentang analisis pemanfaatan air sungai di hilir Bendung Way Seputih sebagai suplesi untuk optimalisasi daerah irigasi Way Seputih Layanan BWS.22 sampai dengan BWS.23 seluas 5000 hektar, berdasarkan lingkup dan batasan masalah yang digunakan dapat disimpulkan;

Perhitungan kebutuhan air, keseimbangan air dan kajian pola tanam di daerah irigasi Way Seputih dilakukan berdasarkan ketentuan yang telah dilaksanakan saat ini berdasarkan dokumen “Keputusan Gubernur Lampung Nomor : G/529/V.03.1/HK/2018 tanggal 12 november 2018 tentang penetapan pola tanam penggunaan air irigasi untuk musim tanam rendeng tahun 2018/2019 (september s/d maret) dan musim tanam gadu tahun 2019 (april s/d agustus) pada daerah irigasi kewenangan provinsi Lampung”.

Secara teknis hasil kajian ini memungkinkan untuk dilaksanakan berdasarkan ketersediaan dan kebutuhan air untuk suplesi pada daerah irigasi Way Seputih layanan BWS.22 sampai BWS.33. baik dengan pola tanam Padi-Padi-Palawija maupun pola tanam Padi-Padi-Padi, dengan debit andalan maksimum 21.177,33 ltr./dt. dan debit andalan minimum 6.125,93 ltr./dt. Kebutuhan penggunaan air maksimum 17.563 ltr./dt dan penggunaan minimum 671 ltr./dt.

Secara finansial, besarnya tambahan hasil panen berdasarkan pola tanam alternatif VII, penambahan luas tanam sebesar 6.313 hektar dari semula 14.612 hektar menjadi 20.925 hektar, penambahan hasil panen sebesar 30.934 ton selama satu tahun dari semula 102.284 ton untuk 14.612 hektar menjadi 133.218 ton untuk 20.925 hektar yang dilaksanakan pada dua UPTD, Peningkatan yang terjadi dalam kisaran tiga puluh persen dari produksi panen saat ini.

Dengan investasi untuk pembangunan infrastruktur suplesi sebesar Rp.380.380.000.000,- beserta biaya sarana produksi, operasi dan pemeliharaan yang dilaksanakan, akan diperoleh nilai manfaat sebesar Rp.69.314.010.000,- per tahun dengan pola tanam alternatif VII. Nilai investasi akan terlampaui dari pendapatan hasil pertanian/nilai manfaat pada tahun keenam.

Daftar Pustaka

- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi KP – 01*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi KP – 02*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Arini, Diah Irawati Dwi. 2005. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) Dan Penginderaan Jauh Untuk Model Hidrologi Answers Dalam Memprediksi Erosi Dan Sedimentasi* . Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Asdak, C., 2002. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- BR, Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Dinas Pengairan Kabupaten Lampung Tengah. 2012. *Kajian Teknis Operasi Suplesi BWS XXII UPTD Seputih Mataram*. Lampung
- Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan. 1998. *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai*. Departemen Kehutanan: Jakarta.
- Haslam, S.M. 1992. *River Pollution; An Ecological Perspective*. Belhaven Press. London.
- Kastamto. 2010. *Prediksi Morfologi Dasar Sungai Akibat Variasi Tutupan Vegetasi Tebing Sungai Way Sekampung [Tesis]*. Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Kodoatie, Robert J. dan Sjarief, Rustam. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air terpadu*. Yogyakarta.
- Loebis, J. 1992. *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*. Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Pradityo, Teguh. 2011. *Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Dan Aktivitas Manusia Terhadap Kualitas Air Sub Das Saluran Tarum Barat*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Republic Of Indonesia-Ministry Of Settlement And Regional Infrastructure-Directorate General Of Water Resources. 2001. *Way Sekampung Irrigation Project, Study On Optimal Development Of Water Infrastructure For Regional Development In Way Sekampung And Way Seputih Basins*. NIPPON KOEI CO., LTD. in association with SINOTECH. Jakarta.
- Ridwan, M. Hamim. 2001. *Analisis pengaruh Tata Guna Lahan Terhadap Erosi dan Puncak Banjir Pada Sub DAS Garang dengan Pendekatan Model ANSWER [Tesis]*. Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Semarang.
- Seyhan, E., 1990. *Dasar-dasar Hidrologi (terjemahan Fundamental of Hydrology oleh sentot subagya)*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sosrodarsono, S dan Takeda, K. 2006. *Hidrologi untuk Pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Subarkah, Imam. 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Idea Dharma . Bandung.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- World Meteorological Organization. 1974. *International Glossary of Hydrology (edisi pertama)*. Geneva: WMO.

Kekesatan Perkerasan Kaku pada Jalan Tol dengan Retak Melintang Pertengahan Jalan

Chatarina Niken^{1*}, Rainal², Muhammad Karami³, Vera A⁴

^{1,2,3,4} Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: chatarinaniken@yahoo.com

Abstrak. Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan tol Bakauheni-Sidomulyo Lampung sepanjang 30.000 km. Nilai kekesatan diukur sepanjang jalan tersebut sebelum jalan dipergunakan oleh umum. Pengukuran dilakukan dengan alat yang ditarik mobil sehingga dapat dilakukan dengan mudah dan cepat. Jenis kecacatan jalan diamati secara visual pada setiap segmen. Hubungan segmen dengan retak melintang pertengahan jalan dan nilai kekesatannya diperoleh. Dari hubungan tersebut dicari batasan apakah kekesatan yang ditinjau termasuk jalan utama atau berkecepatan tinggi, jalan dengan kategori sulit dan sangat sulit. Dengan memakai nilai kekesatan, pelaksana dapat dengan cepat dan mudah mengetahui segmen yang masuk kategori sulit dan sangat sulit. Segmen dengan retak melintang ganda memberikan kontribusi pada peningkatan nilai kekesatan dan dapat mengubah kategori jalan menjadi kategori sulit dan sangat sulit. Jalur terluar lebih rentan terhadap timbulnya retak ganda daripada jalur dalam. Dengan demikian, pelaksanaan pengecoran pada jalur luar memerlukan perhatian yang lebih tinggi dibanding jalur dalam.

Kata kunci: jalan tol, kekesatan, perkerasan kaku, retak, retak melintang

1. Pendahuluan

Transportasi memegang peranan penting dalam meratakan kesejahteraan masyarakat. Indonesia yang merupakan negara kepulauan memiliki panjang jalan 537.892 km. Harga barang produksi rakyat dapat bersaing bila biaya transportasi dapat ditekan. Hal itu dapat terealisasi apabila sarana transportasi sebagai penghubung produsen dan konsumen tersedia dengan baik. Indonesia membutuhkan anggaran sebesar Rp161,2 triliun untuk membangun infrastruktur jalan pada APBN 2018. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat mendapatkan jumlah anggaran paling besar yakni Rp104,2 triliun naik 2,6% dari anggaran APBN 2017. Kondisi jalan rusak ringan sampai rusak berat mencapai 300,3 km (Gianina dan Joice, 2019). Pemeliharaan jalan pada perkerasan fleksibel membutuhkan biaya yang besar, sedangkan pada perkerasan kaku biaya pemeliharaan jalan jauh lebih kecil. Pembangunan jalan beton atau perkerasan kaku membutuhkan biaya yang besar, persiapan yang matang dan penanganan yang tepat sejak persiapan, saat beton dituang dan segera setelah penuangan. Persiapan yang tidak matang, *sub grade* atau *sub base* yang kurang baik, kerusakan alat, pemasangan dowel yang kurang baik atau kendala lain, dan penanganan pasca pengecoran yang tidak tepat dapat mengakibatkan pelaksanaan pengecoran tidak dapat sesuai rencana. Hal tersebut dapat mengakibatkan timbulnya cacat pada perkerasan kaku seperti retak melintang. Amelia dkk, 2015 telah mengevaluasi pemenuhan indikator standar pelayanan minimal jalan tol di Indonesia dimana banyak hal yang belum terpenuhi.

Syarat utama lapis perkerasan jalan adalah aman, nyaman, dan ekonomis. Jalan yang terlalu licin dapat membahayakan keselamatan pengguna, sedangkan jalan yang terlalu kasar menyebabkan menurunnya kecepatan kendaraan dan memperlambat perjalanan. Studi keamanan jalan mengindikasikan hampir 20% kecelakaan lalu-lintas terjadi selama jalan dalam kondisi basah (Fwa, 2017). Kekesatan telah lama dikenal sebagai parameter terpenting dalam mereduksi kecelakaan khususnya pada kondisi basah (Matael dkk,

2016). Koefisien tahanan gesek dan *skid resistance* merupakan informasi yang sangat berharga untuk keamanan para pengguna jalan (Mataei dkk, 2016). Kekesatan (*skid resistance*) merupakan tahanan gesek antara permukaan jalan dan ban kendaraan sehingga tidak mengalami selip atau tergelincir baik pada saat kering atau kondisi basah diwaktu hujan. Tahanan gesek diperlukan untuk memberikan tambahan gaya traksi, gaya pengereman, kendali arah dan tahanan gaya ke samping (Willey, 1935). Permukaan perkerasan yang basah lebih berbahaya bagi kendaraan dengan permukaan ban halus daripada kondisi permukaan kering (Suwardo, 2003). Pada waktu kering semua jalan mempunyai tahanan gesek yang besar, sedangkan pada musim dingin bila permukaan jalan tertutup lapisan lumpur, salju, es, atau lainnya maka tahanan gesek tidak tersedia cukup. Tahanan gesek dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti variasi bentuk tekstur permukaan jalan dan kondisi ban. Tekstur permukaan jalan kasar akan memberikan kekuatan yang lebih dibandingkan dengan permukaan jalan yang licin. Kekesatan atau *skid resistance* pada perkerasan basah merupakan pengaruh utama pada semua kecelakaan lalu-lintas selama musim penghujan. Dengan demikian system drainase merupakan propertis jalan yang penting. Optimisasi kedua hal tersebut untuk mencapai keawetan maximum masih merupakan fokus pada penelitian yang sedang berjalan. Pada kondisi basah terdapat 2 sifat yang tidak tercakup oleh *skid resistance* yang baik tanpa system drainase. Gesek dalam kondisi basah dipengaruhi oleh geometri permukaan jalan dan kedalaman air. Jumlah titik kontak antara perkerasan dan ban ditentukan oleh kedalaman air. Kienie dkk, 2018 telah mengidentifikasi *skid resistance* basah sehubungan dengan tekstur mikro permukaan perkerasan jalan dan ketebalan lapisan air. Monitoring *skid resistance* pada perkerasan jalan telah menjadi bagian integral dari sistem majemen perkerasan.

Wesolowski dan Blacha, 2019 telah mempelajari hubungan tekstur mikro dan makro permukaan jalan terhadap *skid resistance*. Model kekesatan pada daerah beriklim panas untuk perkerasan lentur sudah diciptakan (Tang dkk, 2018). Pengaruh kontaminasi terhadap *skid resistance* telah dipelajari (Lubis dkk, 2018). Li dkk, 2018 menyatakan *skid resistance* dipengaruhi oleh sifat tekstur agregat. Meegoda dan Gao, 2015 telah mempelajari faktor reduksi untuk perkerasan fleksibel tua berdasarkan volume trafik kumulatif untuk memprediksi *skid resistance*.

Sukirman, 1992 telah melakukan studi *skid resistance* pada *asphalt concrete*, *concrete block* dan *hot rolled sheet* (HRS) berturut-turut adalah 45.29 (dengan standard deviasi 3.55), 48.18 (dengan standard deviasi 3.57), dan 60.05 (dengan standard deviasi 6.66). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 16/PRT/M/2014 tanggal 17 Oktober 2014 mensyaratkan nilai kekesatan jalan sesuai dengan standar minimum pelayanan jalan tol adalah lebih besar dari 0.33 perkilometer lajur. Penurunan kekesatan pada permukaan perkerasan beton semen (tanpa beton karet) 1.6 kali relatif lebih cepat daripada perkerasan beton aspal. Penurunan kekesatan permukaan beton semen yang menggunakan ukuran butir maksimum 19 mm (3/4 inci) 1.1 kali lebih cepat daripada dengan ukuran butir maksimum 37 mm (1 1/2 inci). Peranan parutan karet ban bekas memberikan sumbangan yang cukup baik dalam meningkatkan kekesatan permukaan perkerasan jalan beton semen (Syahdanulirwan dan Tatang, 2013).

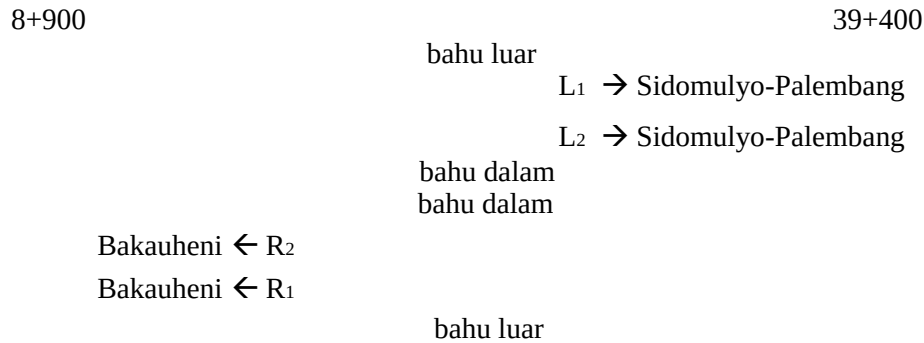
Semakin rendah nilai kekesatan, semakin tinggi kecepatan kendaraan. Retak melintang yang timbul pada perkerasan kaku membuat kekasaran jalan meningkat. Dengan adanya retak melintang, nilai kekesatan jalan menjadi semakin tinggi, kecepatan kendaraan menjadi turun. *Road notes* 18, 1999 mencantumkan nilai kekesatan minimum pada 3 jenis lokasi. Nilai kekesatan yang lebih tinggi dari nilai maximum untuk lokasi sulit menunjukkan sinyal urgenitas yang perlu ditangani segera. Hal tersebut karena menurunkan tingkat kenyamanan, meningkatkan resiko kecelakaan, dan menimbulkan kemacetan. Dengan mengetahui nilai kekesatan maka lokasi yang memerlukan perhatian tersebut dapat diketahui dengan cepat.

Kecacatan yang tidak ditangani dengan cepat dapat menurunkan tingkat pelayanan. Gianina dan Joice, 2019 melakukan penelitian pada ruas jalan Worang bypass yang terakhir *dioverlay* pada tahun 2017. Jalan ini memiliki Indeks Permukaan Awal (IP_0) 4.2 dan Indeks Permukaan Akhir (IP_t) 1.5. Namun hanya selang satu tahun setelah jalan *dioverlay* jalan tersebut telah mengalami penurunan Indeks Permukaan pada tahun 2018. Dengan beban lalu lintas sebesar 1.250.000 Indeks Permukaan pada ruas jalan tersebut turun mencapai angka 2.2 masih dalam fungsi pelayanan yang cukup. Hingga pada akhir umur rencana dengan

beban lalu lintas sebesar 15.510.000 diperkirakan IP_t akan berada pada angka 0 yang menyatakan fungsi pelayanan yang sangat kurang. Hal tersebut dapat dipicu oleh kecacatan pada permukaan perkerasan.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di jalan tol Bakauheni – Sidomulyo STA. 8+900 – 39+400 Provinsi Lampung, Indonesia (Gambar 1).



Gambar 1. Skema lokasi penelitian

Metode penelitian ini adalah dengan menggolongkan nilai kekesatan pada segmen yang memiliki retak melintang sesuai Road Notes 18, 1999 (Tabel 1). Nilai pada Tabel 1 sebenarnya diperuntukkan bagi perkerasan bitumen di daerah tropis dan sub tropis. Karena kekesatan berhubungan dengan kenyamanan, maka dalam penelitian ini tingkat kenyamanan dianggap sama dengan perkerasan bitumen. Suhu udara mempengaruhi nilai kekesatan. Suhu udara yang tinggi membuat lapisan air di atas perkerasan menghilang, permukaan jalan cenderung kering. SNI 4427, 2008 memberikan koreksi nilai kekesatan seperti Tabel 2. Dengan demikian rentang nilai kekesatan di daerah sulit adalah 66-76. Pada daerah sulit ini perlu dilakukan studi lapangan lebih lanjut untuk diketahui penyebabnya. Bila nilai kekesatan lebih dari 76 maka lokasi tersebut perlu segera diperhatikan. Tinjauan lapangan perlu dilakukan juga meneliti kembali proses pelaksanaannya.

Tabel 1. Nilai resistensi gesek minimum

Kategori	Tipe Lokasi	Kekesatan, 20°C
A	Lokasi sulit: bundaran, belokan dengan radius < 150m pada jalan bebas, kemiringan 1:20 atau lebih curam dengan panjang > 100m, lengan pendekat simpang bersinyal pada jalan bebas hambatan	65
B	Jalan utama/ cepat, menerus dan jalan kelas 1, jalan berjalulintas berat di perkotaan (> 2000 kendaraan/hari)	55
C	Lokasi lain	45

Sumber: Road Notes 18 (1999), Wessex skid tester (Suwardo, 2013).

Tabel 2. Koreksi nilai kekesatan

Temperatur (°C)	Koreksi	Temperatur (°C)	Koreksi
< 27	0	32 – 37	+2
27 – 32	+1	> 37	+3

Retak pertengahan jalan diketahui dengan pengamatan visual pada setiap segmen di lajur L_1 , L_2 , R_1 dan R_2 jalan tol Bakauheni – Sidomulyo STA. 8+900 – 39+400 (Gambar 1). Pengecoran L_1 , L_2 , R_1 dan R_2 tidak dilakukan bersamaan. Pengujian kekesatan diambil pada saat beton berumur lebih dari 3 bulan dan dilaksanakan pada kondisi tidak hujan. Pada saat dilakukan tes kekesatan, jalan tersebut belum dioperasikan untuk umum. Nilai kekesatan yang diperoleh pada penelitian ini dibandingkan dengan nilai pada Tabel 1 dengan penambahan sebesar 1 sesuai SNI 4427, 2008 yang tercantum pada Tabel 2. Hal tersebut didasarkan pada suhu di Indonesia berkisar $28 \pm 3^\circ\text{C}$ (Niken et al, 2013).

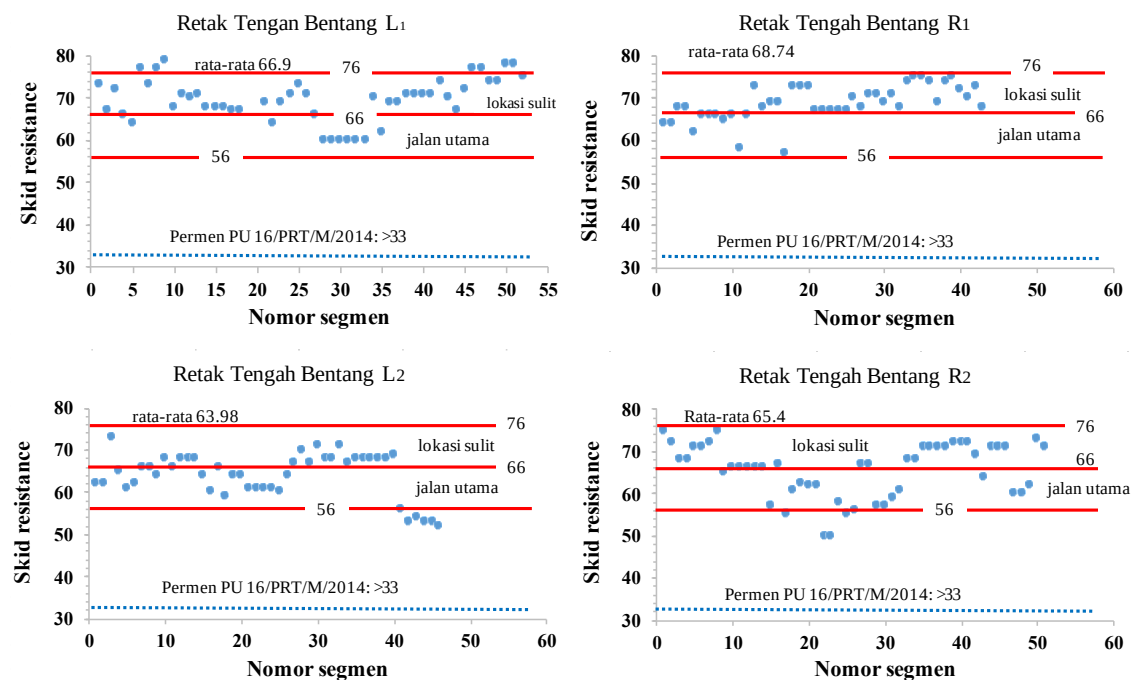
Nilai kekesatan pada segmen yang memiliki retak melintang di pertengahan jalan dibandingkan dengan nilai kekesatan seluruh segmen. Terdapat beberapa kondisi pada seluruh segmen yaitu kondisi baik, dengan retak rambut, dengan retak melintang pertengahan segmen dan dengan retak melintang *saw joint*. Retak *saw joint* adalah retak melintang yang berada pada satu atau dua sisi dari posisi *saw joint* dengan jarak sekitar 50 cm.

Pembahasan pada penelitian ini dilakukan dengan menganggap kualitas *grooving* pada seluruh segmen adalah sama. Dari perbandingan tersebut dan studi literatur dapat diambil kesimpulan.

3. Hasil Penelitian

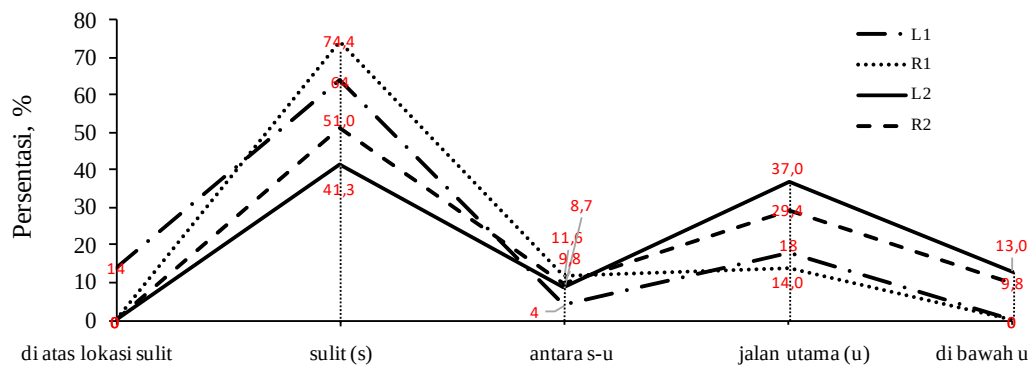
3.1 Segmen yang mengalami retak melintang

Jumlah segmen yang mengalami retak melintang pada L_1 , L_2 , R_1 dan R_2 berturut-turut adalah 50, 43, 46 dan 51. Nilai kekesatan per meter pada segmen-segmen tersebut, batasan kondisi jalan utama, lokasi sulit dan nilai kekesatan sesuai Permen PU 16/PRT/M/2014 disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai kekesatan pada segmen yang mengalami retak melintang

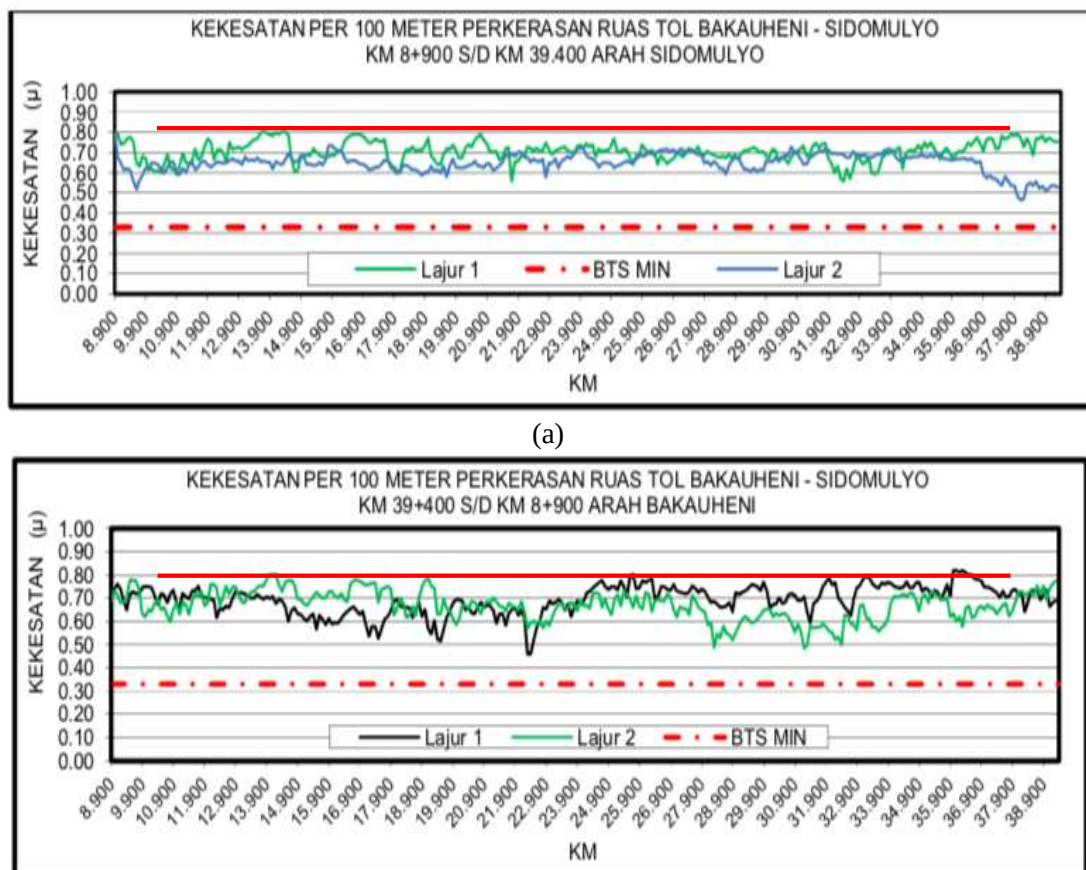
Persentase nilai kekesatan sesuai kondisi atau penggolongan jalan terhadap jumlah segmen yang mengalami retak melintang pertengahan jalan pada setiap lajur dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Persentase nilai kekesatan terhadap tipe lokasi jalan

3.2 Segmen keseluruhan

Secara keseluruhan, nilai kekesatan per 100m (μ) dengan kondisi baik, retak rambut, retak *saw joint* dan retak pertengahan bentang dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai kekesatan maximum dan minimum dari seluruh segmen tersebut tercantum pada Tabel 3.



Gambar 4. Nilai kekesatan keseluruhan: (a) arah Sidomulyo, (b) arah Bakauheni

Tabel 3. Kekesatan per 100 meter Bakauheni-Sidomulyo

Sub ruas jalur	Kekesatan per 100 meter (μ)			
	Lajur 1		Lajur 2	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Bakauheni- Sidomulyo	0.82	0.46	0.80	0.46
Sidomulyo - Bakauheni	0.79	0.46	0.80	0.48

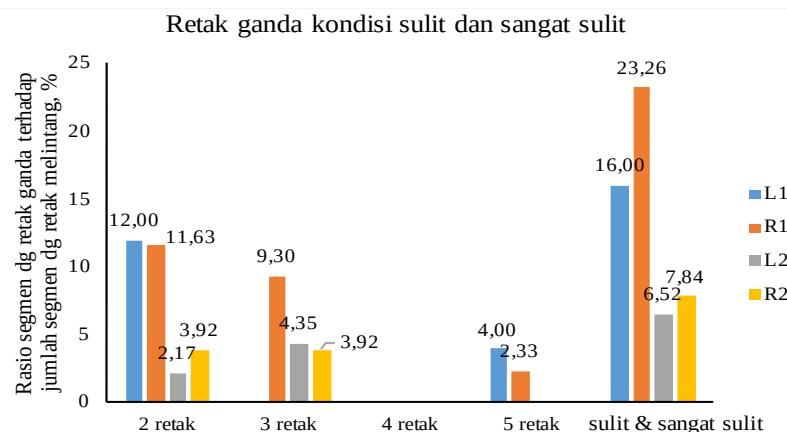
4. Pembahasan

Dari Tabel 1 di atas, dapat dikatakan bahwa batas maximum nilai kekesatan setiap tipe lokasi adalah batas minimum nilai kekesatan tipe lokasi di atasnya. Rentang nilai kekesatan setiap tipe lokasi adalah 10 (Tabel 1). Dengan demikian batas maximum nilai kekesatan kondisi sulit adalah 76. Pembahasan dibagi menjadi 2 yaitu segmen yang mengalami retak melintang, segmen keseluruhan dan membandingkan keduanya.

4.1 Segmen yang mengalami retak melintang

Semua nilai kekesatan pada daerah dengan retak melintang pertengahan jalan lebih dari 0.33 sehingga dapat dinyatakan memenuhi Permen PU 16/PRT/M/2014. Namun apabila dilihat dari Gambar 3 terlihat bahwa kondisi sangat sulit terjadi pada lajur L_1 sebesar 14%. Kondisi sulit mendominasi semua jalur terutama pada jalur terluar. Prosentase jumlah segmen yang mengalami kondisi sulit adalah 74.4%, 64%, 51% dan 41.3% untuk lajur R_1 , L_1 , R_2 , dan L_2 .

Pada kondisi sulit, kendaraan tidak dapat melaju dengan kencang; padahal tujuan pengendara memakai tol adalah agar dapat melakukan perjalanan dengan cepat. Dengan demikian seharusnya jalan tol masuk dalam kategori jalan utama yaitu jalan dengan kecepatan tinggi. Jumlah segmen dimana kendaraan bisa melaju dengan kecepatan tinggi berturut-turut berjumlah 50%, 39.2%, 18%, 14%, untuk lajur L_2 , R_2 , L_1 , dan R_1 . Terdapat retak melintang lebih dari satu buah pada satu segmen. Bila ditinjau kondisi sangat sulit dan sulit maka pada L_1 terjadi pada 9 segmen dengan retak melintang ganda, R_1 10 segmen, L_2 7 segmen, dan R_2 10 segmen. Rasio segmen dengan retak ganda yang tergolong sulit dan sangat sulit terhadap jumlah segmen dengan retak melintang dapat dilihat pada Gambar 5. Kontribusi retak ganda terhadap peningkatan kategori jalan menjadi sulit dan sangat sulit adalah 23.26%, 16%, 7.84%, 6.52% oleh R_1 , L_1 , R_2 dan L_2 .



Gambar 5. Retak ganda kondisi sulit dan sangat sulit

4.2 Seluruh segmen

Dari Gambar 4a dan 4b, meskipun terdapat kondisi jalan dengan retak melintang di tengah jalan, retak *saw joint* dan retak rambut, nilai kekesatan seluruh jalan tol memenuhi Permen PU 16/PRT/M/2014. Kondisi sangat sulit terjadi pada lajur 1, terutama di dekat daerah Sidomulyo yaitu di bagian ujung rentang segmen yang diamati (Gambar 4a). Untuk arah Bakauheni kondisi sangat sulit terjadi pada kedua jalur, namun pada jalur 1 lebih banyak daripada jalur 2 (Gambar 4b). Nilai kekesatan maximum lajur 1 adalah 82 dan lajur 2 adalah 80 (Tabel 3). Nilai ini tidak terjadi pada segmen dengan retak melintang di tengah jalan. Dengan demikian terdapat penyebab lain yang memicu nilai kekesatan menjadi sangat tinggi.

4. Kesimpulan

Nilai kekesatan jalan tol Bakauheni-Sidomulyo memenuhi Permen PU 16/PRT/M/2014 meskipun terdapat retak melintang ditengah bentang, retak *saw joint* dan retak rambut. Nilai maximum kekesatan pada seluruh segmen tidak terdapat pada segmen dengan retak melintang di tengah bentang. Penyebab lain yang menimbulkan nilai kekesatan tinggi perlu diteliti lebih lanjut.

Pada pengamatan di segmen dengan retak melintang, dapat dikatakan jalur terluar lebih rentan terhadap timbulnya retak ganda daripada jalur bagian dalam. Segmen dengan retak melintang ganda pada tengah bentang dapat meningkatkan nilai kekesatan menjadi kategori sulit dan sangat sulit. Kontribusi retak ganda pada hal ini dapat mencapai 23% dari segmen dengan retak melintang pada jalur luar tersebut. Karena terjadi peningkatan kategori jalan menjadi sulit dan sangat sulit, pengendara perlu memperlambat kecepatan kendaraan sehingga tidak memenuhi tujuan penggunaan jalan tol yaitu berkendara dengan kecepatan tinggi, aman dan nyaman.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada PT Pembangunan Perumahan yang telah memberikan data pengujian kekesatan untuk jalan tol Bakauheni-Sidomulyo. Penghargaan yang tinggi kepada Fakultas Teknik Unila yang telah memberikan dukungan dalam penulisan karya ilmiah ini.

Daftar Pustaka

- Amelia, M., Rajagukguk, R.P., Santosa, W. (2015) Evaluasi pemenuhan indikator standar pelayanan minimal jalan tol di Indonesia, *Proceeding of 18th FSTPT International Symposium*, Unila, Bandar Lampung, 28 Agustus, 10 hal.
- Department for International Development (1999) *Overseas Road Note 18, A Guide to the Pavement Evaluation and Maintenance of Bitumen-Surfaced Roads in Tropical and Sub-Tropical Countries*, 94 Victoria Street London, SW1E 5JL.
- Fwa, T.F. (2017) Skid resistance determination for pavement management and wet-weather road safety, *International Journal of Transportation Science and Technology*, 6.3, 217-227.
- Gianina K. G. S., Waani, J.E., Rumayar, A.L.E. (2019). Analisa kinerja perkerasan jalan ditinjau dari besarnya volume kumulatif lalu lintas dan faktor lingkungan, Studi kasus: Ruas Jalan Worang Bypass – Minahasa Utara, *Jurnal Sipil Statik*, 7.1, 93-102.
- Ilmuddin. (2017) Evaluasi kondisi jalan Kabupaten secara visual dengan kombinasi nilai IRI dan SDI, *Proceeding dari Konferensi Nasional Teknik Sipil ke 11*, Universitas Tarumanagara, 26-27 Oktober 2017, 137-146.
- Kienie, R., Ressel, W., Gotz, T., Welse, M. (2018) The influence of road surface texture on the skid resistance under wet conditions, *Proceeding of the institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, Feb 2018.
- Li, Q.J., Zhan, Y., Yang, G., Wang, K.C.P. (2018) Pavement skid resistance as a function of pavement surface and aggregate texture properties. *International Journal of Pavement Engineering*, September.

- Lubis, A.S., Muis, Z.A., Gultom, E.M. (2018) The effect of contamination on skid resistance of pavement surface. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 126. 012040, 6 hal.
- Matael, B., Zahedi, M., Zakeri, H., Nejad, F.M. (2016) Pavement friction and skid resistance measurement methods: A literature review, *Open Journal of Civil Engineering*, 6.4, 537-565.
- Meegoda, J.N., Gao, S. (2015) Evaluation of pavement skid resistance using highspeed texture measurement, *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2.6, 382-390.
- Niken, C., Elly, T., Supartono, F.X. (2013) Long-term shrinkage empirical model of high performance concrete in humid tropical weather. *Civil and Environmental Research Journal*, 3.2, 35-46.
- Novianto, V., Widodo, S., Sulandari, E. Pengujian nilai kekesatan permukaan jalan pada jalan utama Ahmad Yani 1 Pontianak, garuda.risetdikti.go.id, 1-12.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 16/PRT/M/2014. (2014) *Standar Minimal Pelayanan Jalan Tol*
- Sjahdanulirwan, M., dan Dachlan, A.T. (2013) Kajian kekesatan permukaan perkerasan jalan beton aspal, beton semen, dan beton karet, *Jurnal Jalan-Jembatan*, 30. 3, 152 – 163.
- Sukirman, S. (1992) *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Badan Penerbit Nova, Bandung.
- Suwardo. (2013). Investigasi kekesatan perkerasan jalan menggunakan Wessex Skid Tester” (online), www.pu.go.id/uploads/services/service20130717121746.pdf
- Tang, T., Anupam, K., Kasbergen, C. (2018) Finite element studies of skid resistance under hot weather condition. *Journal of the Transportation Research Board*, 2672.40, 382-394.
- Wesolowski, M., Blacha, K. (2019) Evaluation of airfield pavement micro and macrotexture in the light of skid resistance (friction coefficient) measurement. *MATEC Web Conferences*, 262, 05017, 7 hal.
- Wiley, C.C. (1935) *Principles of Highway Engineering*, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York

Conductivity Zone On Audio-Magnetotelluric Data (Amt) In Parangtritis Area, Bantul, Yogyakarta

Akroma Hidayatika¹, Suharno¹, Hesti¹

¹ Department of Geophysical Engineering, University of Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail correspondence: akr_tika@yahoo.co.id

Abstrak. Parangtritis area has a high attraction for tourists and researchers. This area has high cliffs with steep slopes, large rivers, sand dunes, warm springs to adjacent beaches. Morphologically, existence of highly dissected structural mountains to the beach with sand dunes. From geological point of area Parangtritis is contact of Nglanggran Formation, Wonosari Formation, Merapi Volcano and Alluvial Sediment. This study uses the MT geophysical method. The MT electromagnetic geophysical method is capable of measuring rock resistivity and has a high efficiency, one of which is the Audio-Magneto Telluric or AMT method (Berketold, 1983). This method is able to describe subsurface lithology using a resistivity model that has penetration more than 1 km. The result generally consists of five layers; the first layer is a 37 Ohm-m thin resistive layer with a thickness of about 7 m associated with breccias; the second layer is a 9 Ohm-m conductive layer about 100 m thick possibly related to andesite lava that is altered and contaminated with sea water; the third layer is still a conductive layer but with a relatively higher type of resistivity (18 Ohm-m) with a thickness of about 180 m which is probably related to andesite lava changed; the fourth layer is a 9 Ohm-m conductive layer around 700 m thick which is probably still related to the changed andesite lava rock but it is uncertain whether or not it has been contaminated with sea water. Then, conductive zone is located in North-East of the research location.

Kata kunci: Parangtritis, conductive zone, Audio-Magneto Telluric

1. Introduction

1.1. Back Ground

Parangtritis has a high attraction for tourists and researchers. This area has high cliffs with steep slopes, large rivers, sand dunes, warm springs to adjacent beaches. Geologically, the Parangtritis area is a meeting of the Nglanggran Formation, Wonosari Formation, Merapi and Alluvial Volcanic Deposits (Rahardjo et al., 1995).

Magnetotelluric (MT) is a geophysical passive method that measures the time variation of electric fields and natural magnetic fields on the surface of the earth (Cagniard, 1953). This method utilizes the physical properties of rock namely resistivity. The MT method is able to measure rock resistivity and has a high efficiency, one of which is the Audio-Magneto Telluric or AMT method (Berketold, 1983). The AMT method uses natural electromagnetic waves with a frequency of 8 Hz - 20 kHz (Cagniard, 1953). This method is able to provide depth information up to ± 2 km at a certain point (Hoover and Long, 1976). Ardiansyah, (2007) used AMT data to identify basements in parts of Bantul and Yogyakarta filled with young volcanic rock sediments. The conductive zone appears to split the limestone from this basement. The conductive zone is estimated a fracture of the Opak fault activity. Niasari, (2015) using MT data to interpret the faults of geological structure in the Sipoholon geothermal area.

Knowing the three AMT data points of conductivity zone in the Parangtritis will be able to be used later as a baseline to know the depth of aquifer to establish water wells for the community, to determine the contamination of land, to know landslides risk, to find the river under surface that able to develop geo-tourism in Parangtritis.

1.2. Parangtritis Physiography and Geology

The research area is south of the Oyo River and Opak River. Geologically, it is located in the Sewu Mountains zone and the Alluvial Coastal Plain zone (Bemmelen, 1949).

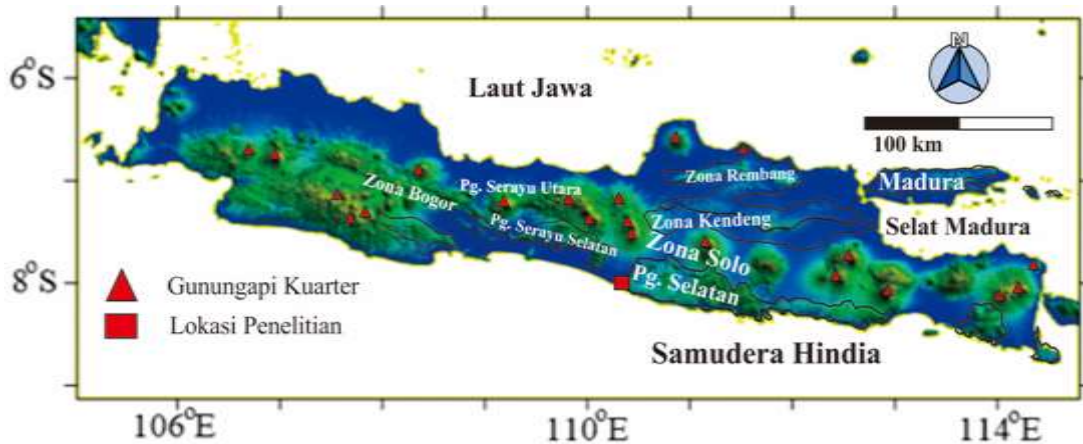


Figure 1. The physiographic map sketch of parts of Java and Madura (physiography from van Bemmelen, 1949; base map from DEM). The research area is in the red box south side of Yogyakarta.

The study area are included in the south-eastern part of Central Java, which includes the Merapi Volcano area, Yogyakarta, Surakarta and the Southern Mountains. Then split back into Solo and Southern Mountains Zone (Bemmelen, 1949) (Figure 1). The Solo Zone is a part of the Central Depression Zone of Java Island. This zone is occupied by the cone of Mount Merapi ($\pm 2,968$ m). The southeast foothills of the volcano are the Yogyakarta-Surakarta plain (± 100 m - 150 m) composed of alluvium deposits from Mt. Merapi. South Mountain zone the west, the plains of Yogyakarta constantly until southern coast of Java, which extends from the coast up to the Progo Parangtritis. The main river flows in the west are Kali Progo and Opak River, while there is Dengkeng River in the east which is a tributary of Bengawan Solo River (Bronto and Hartono, 2001).

2. Eksperimental

The research area covers west part of Parangtritis area, precisely in Parangtritis Village, part of Kretek Subdistrict and Pundong Sub-district, Bantul Regency, Special Region of Yogyakarta, Indonesia. The research area is ± 2 km x 2 km. The five-point AMT (Audio Magnetotelluric) data measurement uses a set of stratagems. 1-dimensional inversion modeling using MTINV software and visualization using Rockwork software.

2.1. Instruments and Software

The instrument in the study was a set of Stratagem version 26716-01 REV.D consists of receiver component and several enhancements to support the conduct of the study. Receiver system components used in this study are 4 stainless steel electrode rods, a grounding system and ground cable system rods, 4 electrode connections with eggic cables, a Analog Front End (AFE) model, 2 coils magnetic field (BF6 model), 2 standard AFE coil/ cable links, a console that processes the stratagem signal, a IBM compatible keyboard, a AFE console communication cable, a console power cable, an operating manual for the stratagem, a 12 volt battery.

The laboratory equipment consists of a set of personal computers complete with software used in geophysical and geological data processing: MT INV is a program used to create models and interpret electromagnetic data. EM data of magnetotelluric method results of measurements using horizontal bedding. We use this tool to model 1-D AMT data to obtain resistivity to depth layers. Rock Work 16 is computer

software that is used to model numerical data. This program is able to interpolate spatial data with various choices of interpolation methods. The author uses this program to visualize AMT data in the form of resistivity maps, resistivity cross sections and 3-dimensional building models. Global Mapper 8 is software used to process satellite images in the form of Digital Elevation Model (DEM) data in 3-D views, topographic maps and topographic contours. This tool is used to visualize the topography of the research area in 3-D. Corel Draw 14 is a graphic design program that able to produce vector-based images and perform image editing and sketching functions that already exist. This program helps the writer to visualize diagrams, make sketches, and illustrate the map layout used in research.

2.2. Literature Study

The literature study include the collection of secondary data and the study of literature relating to the geology of the research area and the theoretical basis that supports this research. The geological map covers research areas that have been previously created (regional and local) and seeks information on research that has been carried out in relation to the research area. The measuring points are 3 points. In the study area of 2 x 2 km with a height of between 5 to 100 m above sea level. The boundaries of the research area are UTM 428000 - 9116000 to UTM 424000 - 9112500.

2.2. Field Geological Observation

Geological Observation is done by direct observation in the field after previously known the general condition of the study area and carrying a basic map as a reference and to do plotting. Look directly at surface geology and make AMT measurement strategies.

2.3. AMT Data Acquisition

Retrieval of data using the measuring configuration shown in figure 3.1. The results of data recording during AMT acquisition using stratagem consist of 3 frequency bands, namely Band 1 (10 Hz - 1 kHz) showing a deep target, Band 2 (500 Hz - 3 kHz) shows a target of moderate depth, and Band 3 (750 Hz - 92 kHz) indicates a shallow target. While the data output from the stratagem is the result of calculating the impedance in the X and Y directions in the form of frequency, coherence, apparent resistivity and phase data.

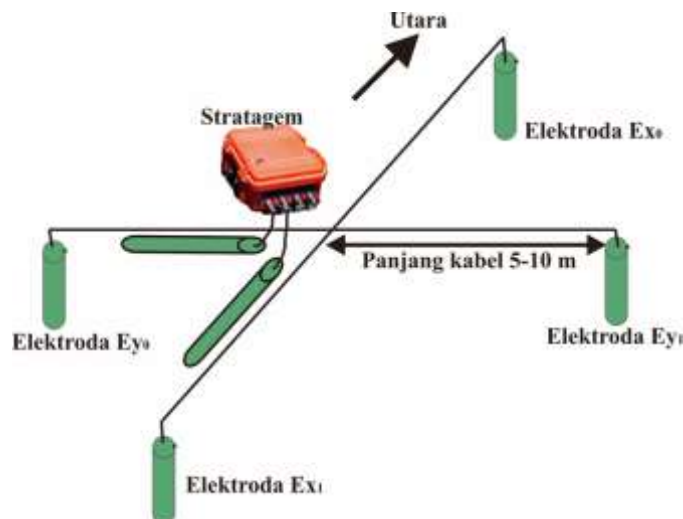


Figure 2. The installation of the stratagem AMT tool as the center by burping the electric electrodes in the north-south direction on the x-axis, and the magnetic coil on the y-axis oriented west-east with a stretch cable of about 5-10 m.

2.4. AMT Data Prossessing

Data processing from AMT signal reception is processed directly by Stratagem. Fourier transform is performed to obtain apparent resistivity, wave phase and depth data from impedance calculations. Then

selection the data based on the value of coherence. The coherence used is above 0,5. Then, data smoothing is done. This process is carried out because the data contains noise which is characterized by the data distribution is not smooth. Then the modeling is done by way of approaching the curve of the model with the data curve as close as possible to produce the value of error is small. A small error value indicates that the model curve and data curve are almost the same. Good data is then inverted using MTINV software to obtain depth and resistivity and coating thickness model curves. Modeling performed on the data at all points of measurement by separating the components Z xy and Z yx . The inversion method is used to obtain model parameters by selecting the most suitable response from the data obtained from the observer's results. In this study, 1-D inversion results of the xy and yx components were compared. The comparison includes several parameters, namely resistivity and depth. After that, the results of the comparison of the two made 2-D reconstruction. After obtaining resistivity values at each layer, the next step is to make a 3-D model using Rock Work software. Finally finishing the map of the conductivity zone using a surfer.

2.5. Interpretation

The interpretation of AMT data is done after the resistivity structure model is formed through inversion 1-D modeling. Based on the model, further interpretation is made to determine the distribution of conductive zones and resistive zones in the study area. The results of 1-D inversion modeling in the form of electrical resistivity describe certain rock properties so that they can be interpreted as certain rock units. The integrated interpretation stages include the combination of the resistivity model and the geological model of the study area and other geophysical anomaly maps from previous researchers.

3. Discussion

Data 3x has an error of 0.19 with an average of 0.1. The first layer with a resistivity of 69.14 Ωm and a thickness of 121.07 m. The second layer has a resistivity of 84.15 141 Ωm as thick as 141.16 m and then the third layer has a resistivity of 298.31 Ωm interpreted continuously to a depth of 1000 m. The result of 1D inversion of layers for the data 5x to 3 consecutive layers has a resistivity of 191, 14 Ωm ; 257, 05 and 301, 27 Ωm . Furthermore, the data 7x point has a depth of 12.11 meters for the resistivity of the first layer with a small number of 9.04 Ωm jumping to the second layer reaching a value of 248.05 Ωm to a depth of 179.16 meters below the surface, then the third layer with resistivity 298 Ωm continuously to a depth of 1000 m.

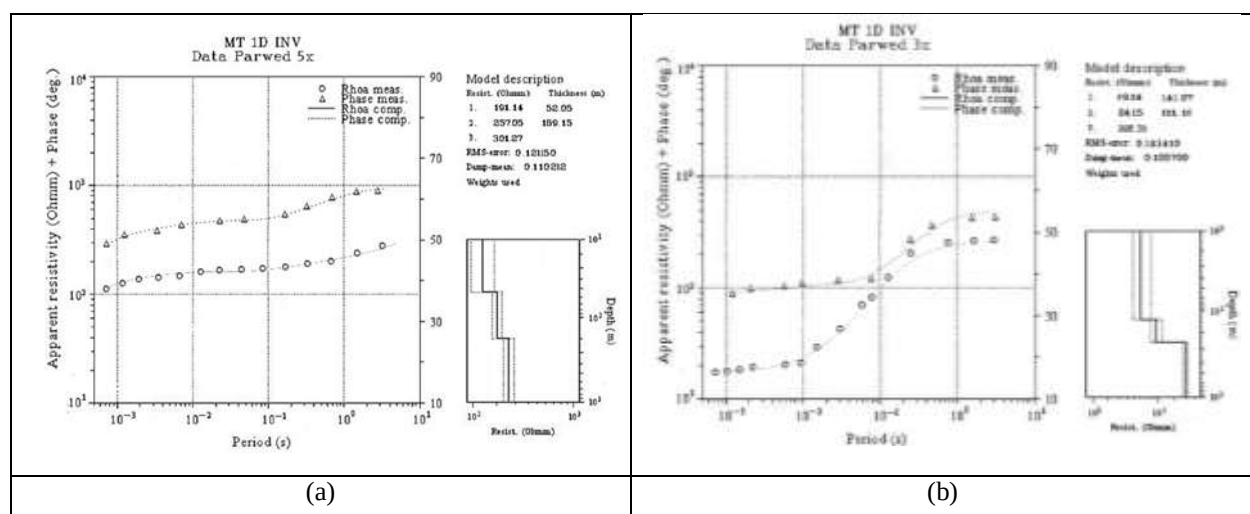


Figure 3. The 1-D inversion window uses MTINV from 5x data with the smallest error acquisition with 3 layers (a), 1-D inversion results use MTINV from 3x data which shows the first layer is thicker than in 5x data (b).

BB 'pass through AMT 7, AMT 5 and AMT 3 measuring points with a distance of 2240 m. This track is directed from northwest to northeast. There is a resistivity pattern that protrudes deeper into the northwest from the AMT 5 point. The maximum elevation reaches 260 m above sea level and the minimum elevation is 20 m above sea level. This path is located at UTM coordinates between 425100, 9113400 and 426830, 9114900. Zoning is done based on resistivity values. Zone A has a resistivity range of 0 Ωm - 10 Ωm which can be called a conductive zone. Zone B is a rock layer with resistivity between 50-100 Ωm can be said to be an intermediate zone, while Zone C is a layer with a resistivity value above 170 Ωm (up to 350 Ωm) can be called a resistive zone. The resistivity value of Zone A is only on the side of the surface to a depth of $\pm$ 20 m. This section is indicated as a beach sediment and sand dune. Zone C is classified as a resistive zone. This zone is interpreted as Andesite breccia rocks. This zone dominates the two trajectories that come to the surface. Andesite breccia rocks are the oldest rocks in this study area, Early-Middle Miocene (Rahardjo et al., 1995).

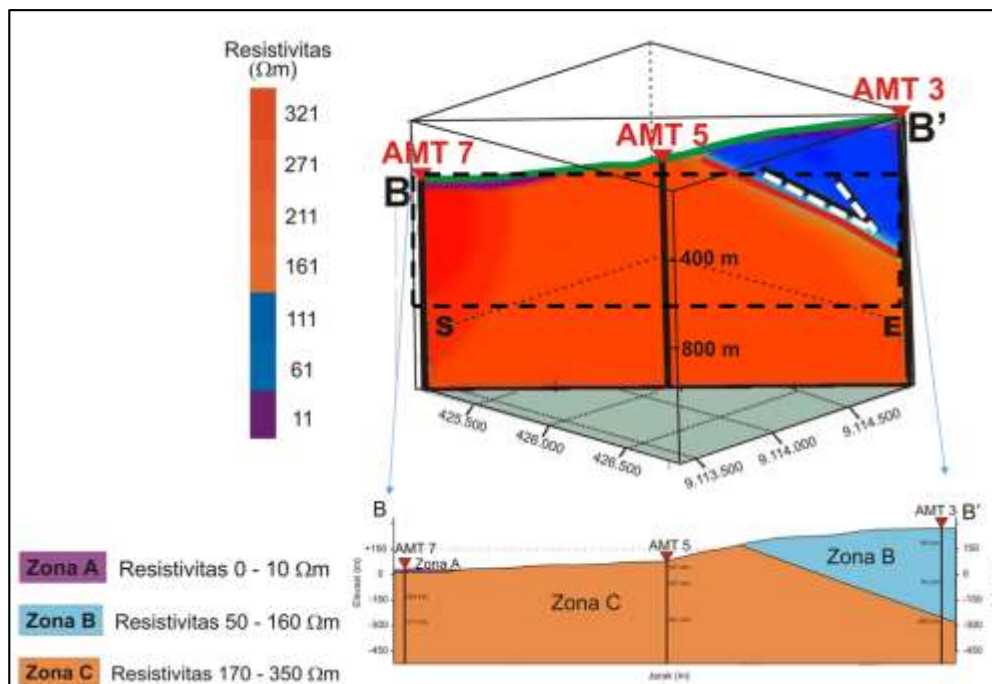


Figure 4. The division of zones into 3, the highly conductive zone is zone A with resistivity 0 to 10 ohmmeter that is located on the southwest side of the study area, while the conductive zone is written zone B with resistivity 50 - 160 ohmmeter on the northeast side of the study area.

Surface geological data is needed in the interpretation of geophysical data in identifying subsurface lithology. Nglanggran andesite breccias are found along the northern to western parts of the study area. The naming of this unit is based on the dominance of the andesite breccia found in the field. The relationship between the andesite breccia unit with the limestone units above is unconformity. The Nglanggran andesite breccia is brownish gray with a size from sand to massive structure, poor sorting and open packaging. This rock is exposed in AMT 5. Wonosari limestone is exposed at AMT 3 measurement point. The precipitate beaches of sand exposed at the measurement point AMT 7, fine sized sand grains to being found in the area near the beach, which is in the southwestern part of the study area. These deposits are blackish gray and the sand material is separated from one another.

4. Conclusion

The result generally consists of five layers; the first layer is a 37 Ohm-m thin resistive layer with a thickness of about 7 m associated with breccias; the second layer is a 9 Ohm-m conductive layer about 100

m thick possibly related to andesite lava that is altered and contaminated with sea water; the third layer is still a conductive layer but with a relatively higher type of resistivity (18 Ohm-m) with a thickness of about 180 m which is probably related to andesite lava changed; the fourth layer is a 9 Ohm-m conductive layer around 700 m thick which is probably still related to the changed andesite lava rock but it is uncertain whether or not it has been contaminated with sea water. Then, conductive zone is located in North-East of the research location.

Acknowledgment

The authors thank all those who helped in the completion of this paper. Thank you very much to Mrs. Niasari Windi, Department of Physics, Gadjah Mada University, who has been willing to assist in data acquisition and processing. Thanks also to the parangtritis village official Bantul DIY who gave author's permission to review the results of this study for the best. Thanks to Unila Beginner Lecturer Research grant Number 2530/UN26.21/PN/2019.

References

- Karlina, T. (2014) Zonasi Bahaya Jatuhan Batuan di Sepanjang Jalan Desa Parangtritis - Desa Giricahyo, Provinsi DIY, Master Tesis, M.Eng., Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Niasari, S., W. (2015) Magnetotelluric Investigation of The Sipoholon Geothermal Field, Indonesia, Doctoral thesis Dr. Rer. Nat., Freien Universität Berlin.
- Rahardjo, W. (2004) Panduan Ekskursi Geologi Regional (EGR) Pegunungan Selatan dan Kendang, Department of Geology Engineering, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H. M. D. (1995) Peta Geologi Lembar Yogyakarta 1:100.000 edition 2. Directorate of Geology, Director General of General Mining, The Department of Mining, Bandung.
- Ranganayaki, R. P. (1984) An Interpretative Analysis of Magnetotelluric Data. *Geophysics*, 49: 1730–1748.
- Santosa, L. W., dan Adji, T. N. (2014) Karakteristik Akuifer dan Potensi Airtanah Graben Bantul. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Setijadji, L. D. (2010) Segmented Volcanic Arc and it Association with Geothermal Fields in Java Island, Indonesia. *Proceedings World Geothermal Congress*, Bali, Indonesia.
- Srijono dan S. Untung (1981) Perpetaan Geomorfologi Metode ITC-dengan conto studi daerah Parangtritis, *Proceedings PIT X IAGI*, Bandung, pp. 64-73.
- Sudarno, I. (1997) Kendali Tektonik Terhadap Pembentukan Struktur pada Batuan Paleogen dan Neogen di Pegunungan Selatan, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Sekitarnya, Thesis, Masters. Postgraduate Geology Study Program, Bandung Institute of Technology.
- Telford, W. M., L. P. Geldart, dan R. E. Sheriff (1990) *Applied Geophysics*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- Twiss, R. J. dan Moores, E. M., 1992, *Structural Geology*, W. H Freeman and Company, New York.
- Van Bemmelen, R. W. (1949) *The Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, General Geology, Vol I A, Government Printing Office, The Hague, pp. 25-28.
- Varnes, D. J., (1978) Slope Movement Types and Process, Special Report 176; Landslide; Analysis and Control, Eds: R.L. Schuster dan R. J. Krizek, Transport Research Board, National Research Council, Washington, DC.
- Vozoff, K. (1991) The magnetotelluric method, in *Electromagnetic methods in applied geophysics*, Vol.2 Application, M.N. Nabighian (ed.) SEG Publishing.
- Wagner, D. I., Koulakov, W., Rabbel, B. G., Luehr, A., Wittwer, H., Kopp, M., Bohm, G., Asch dan peneliti MERAMEX (2007) Joint Inversion Of Active And Passive Seismic Data In Central Java, *Geophys. J. Int.* 170, 923–932

Analisis Risiko Daerah Rawan Kecelakaan Pada Perlintasan Sebidang Kereta Api

(Studi Kasus: Perlintasan Tarahan – Perlintasan Sukamenanti)

Meutia Nadia Karunia¹ Rahayu Sulistyorini² Aleksander Purba³

¹ Mahasiswa pada Jurusan Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

^{2,3} Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

E-mail korespondensi: aleksander.purba@eng.unila.ac.id

Abstrak. Tingkat kecelakaan antara para pengguna jalan dengan kereta api sebenarnya dapat ditekan seminimal mungkin karena lalu lintas kereta api tidak sepadat lalu lintas di jalan raya. Dalam penelitian ini menggunakan teknik *stated preference*, *Stated Preference* adalah sebuah pendekatan dengan menyampaikan pernyataan pilihan (*option*) berupa suatu hipotesa untuk dinilai oleh responden. Dengan menggunakan teknik analisis regresi, peneliti dapat melihat faktor-faktor dominan penyebab terjadinya kecelakaan di perlintasan kereta api khususnya perlintasan tarahan – perlintasan sukamenanti yang ada pada situasi yang dihipotesis. Untuk menentukan faktor-faktor dominan penyebab terjadinya kecelakaan di perlintasan kereta api berdasarkan hasil kuesioner terhadap instansi terkait dikomparasi dengan data jumlah angka kejadian kecelakaan kereta api pada tahun 2012-2017 yang didapat dari instansi terkait digunakan analisa regresi dengan bantuan program SPSS. Hasil analisa yang diperoleh adalah :

(Jumlah Kejadian Kecelakaan Pada Tahun 2012-2017) = $-9,256 + 0,008 X_{12} + 0,009 X_6 + 0,011 X_{10} + 0,015 X_5$

Dari hasil analisa regresi faktor dominan penyebab terjadinya kecelakaan adalah Jalur Kereta yang tak memadai, ketersediaan gerbong yang minim, ketersediaan palang pintu yang kurang memadai, kerusakan mesin, faktor usia gerbong (X_{12}), Pengendara Kendaraan Kelelahan Fisik Pada Saat Mengendarai Kendaraannya (X_6), Kerusakan prasarana seperti rel yang aus, rel spaten (memuai), rel gongsol, rel gompal, sambungan rel retak, skilu pada rel, bantalan lapuk, ballast yang tidak rata/tidak sesuai, tirepont yang lepas, serta wesel yang tidak terkunci (X_{10}), Masinis Kelelahan Fisik/ Mengantuk Pada Saat Bertugas (X_5). Adapun signifikansi $\alpha = 0,05$ dengan uji analisa regresi.

Kata kunci: tingkat kecelakaan, analisa regresi, faktor dominan

1. Pendahuluan

Kereta api merupakan kendaraan yang berjalan di jalan rel yang dapat mengangkut penumpang atau barang dalam jumlah banyak. Untuk menjamin operasional kereta api berjalan dengan baik diperlukan jaminan keselamatan transportasi kereta api yang merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi. Sistem pintu perlintasan kereta api adalah sistem yang memberikan pengamanan pada suatu perlintasan kereta api untuk mencegah terjadinya kecelakaan berupa tabrakan antara kereta api dengan kendaraan umum yang melintas di jalur kereta api.

Tingkat kecelakaan antara para pengguna jalan dengan kereta api sebenarnya dapat ditekan seminimal mungkin karena lalu lintas kereta api tidak sepadat lalu lintas di jalan raya. Melihat permasalahan di atas, peneliti akan melakukan analisis risiko faktor-faktor masalah terhadap kecelakaan di perlintasan kereta api

yang banyak mengakibatkan korban jiwa dengan menggunakan metode SPSS (Statistical Product and Service Solutions) analisis regresi linear dalam proses menentukan faktor dominan kecelakaan yang ada di perlintasan kereta api.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Data Perlintasan Kereta Api Provinsi Lampung

Berdasarkan data perlintasan sebidang wilayah Provinsi Lampung menurut Dinas Perhubungan Provinsi Lampung terdapat 126 pintu perlintasan sebidang yang ada di Provinsi Lampung, diantaranya 64 pintu perlintasan sebidang yang resmi (20 resmi dijaga, 38 resmi tidak dijaga, 6 flyover dan underpass. Sebanyak 62 pintu perlintasan sebidang yang liar.

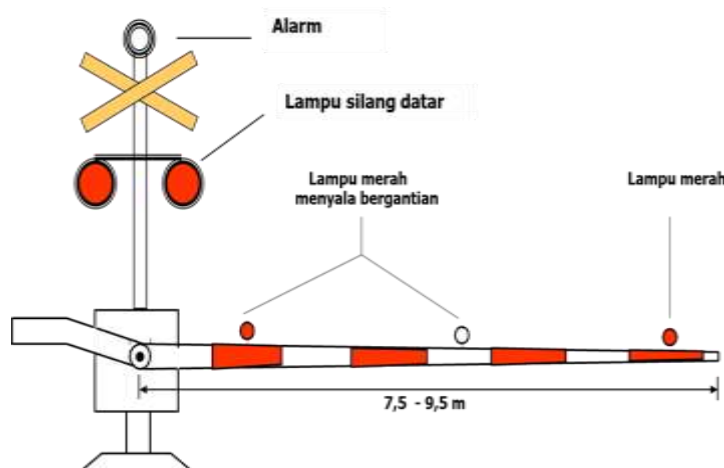
2.2 Data Kecelakaan Kereta Api Provinsi Lampung

Jenis kecelakaan di kereta api terbagi atas enam kategori, yaitu kecelakaan dalam kereta api, ditabrak/tergilas kereta api, tabrakan dengan kereta api, jatuh dari kendaraan/ alat angkutan, dan menabrak pejalan kaki/ sejenisnya.. Berdasarkan data kecelakaan kereta api yang diperoleh dari PT. Jasa Raharja Provinsi Lampung dari tahun 2012-2017.

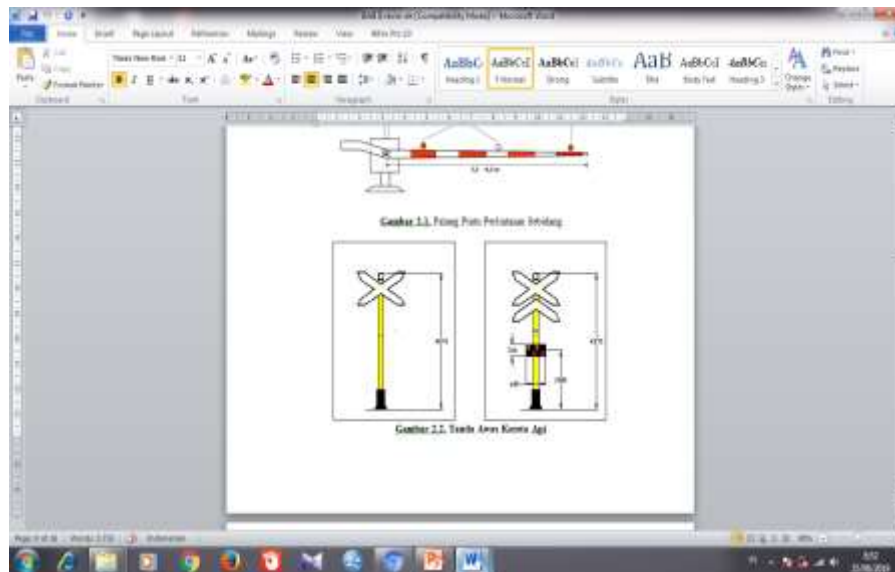
2.3 Spesifikasi Teknis Pintu Perlintasan Kereta Api

Sistem pintu perlintasan kereta api adalah sistem yang memberikan pengamanan pada suatu perlintasan kereta api untuk mencegah terjadinya kecelakaan berupa tabrakan antara kereta api dengan kendaraan umum yang melintas di jalur kereta api.

1. Fungsi pintu perlintasan yang dilengkapi *warning system*
2. Prinsip Operasi
3. Lengan Pintu Perlintasan (*Barrier*), Pintu Perlintasan berfungsi untuk mengamankan kereta api pada saat melintas di perlintasan sebidang dan menghalangi kendaraan umum yang akan melintas di perlintasan pada saat kereta api melintas. Pintu perlintasan memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut:
 - a. Minimal menggunakan kayu berkualitas baik atau fiber
 - b. Dapat menutup penuh lebar jalan agar dapat menghalangi pengguna jalan raya di perlintasan sebidang agar tidak melintas ketika pintu sudah ditutup
 - c.



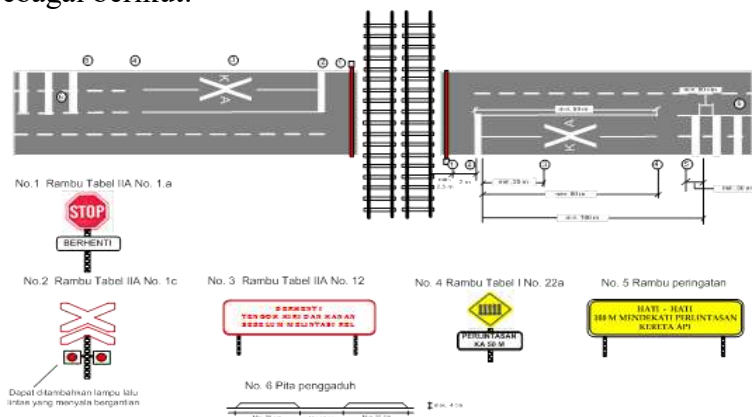
Gambar 1. Palang Pintu Perlintasan Sebidang



Gambar 2. Tanda Awas Kereta Api

2.4 Fasilitas Keselamatan Lalu lintas di Perlintasan Kereta Api

mengurangi tingkat kecelakaan kecelakaan kereta api maka diperlukan rambu-rambu jalan di perlintasan kereta api. Adapun rambu-rambu jalan yang ada di perlintasan kereta api yang dimaksud adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Kelengkapan Rambu di Perlintasan Berpintu Jalur Ganda

2.5 Pola Operasi Kereta Api

Menurut Supriyatno, (2004), Bila kereta api mulai berjalan, maka kereta api tidak seketika mencapai kecepatan maksimumnya, untuk itu dibutuhkan waktu yang biasa disebut dengan Starting Periode. Berdasarkan uji coba bahwa kereta api tidak dapat berhenti mendadak, seperti contoh tabel berikut:

Tabel 1. Jarak Berhenti Pengereman Kereta Api

Kecepatan (Km/Jam)	Jarak Berhenti Setelah Pengereman (M)
45	132
50	157
55	190
60	221
70	336

80	379
90	480
100	505
110	750
120	860

Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Lampung

2.6 Uraian Analisa Kecelakaan

Menurut Supriyatno, (2004), Kecelakaan kereta api dapat menimbulkan kerugian berupa kerusakan sarana dan prasarana, tetapi juga mengganggu kelancaran perjalanan kereta api, kecelakaan kereta api menimbulkan kesan (image) buruk terhadap perkereta-apian, bahkan dapat menghilangkan kepercayaan masyarakat.

2.7 Dasar-Dasar Pemahaman

Pemahaman kecelakaan diperlukan antara lain untuk mengetahui klasifikasi kecelakaan, mengetahui kebutuhan pencatatan informasi, mengetahui statistik kecelakaan, mengetahui tingkat kerugian kecelakaan, mendapatkan tindakan penanganan yang tepat guna dan tepat sasaran (Supriyatno, 2004).

2.8 Analisis & Evaluasi Risiko Secara Kualitatif

Metode penelitian yang digunakan peneliti adalah deskriptif dengan pendekatan kualitatif. Penelitian deskriptif yaitu suatu penulisan yang menggambarkan keadaan yang sebenarnya tentang objek yang diteliti, menurut keadaan yang sebenarnya pada saat penelitian langsung. Sugiyono (2011) berpendapat bahwa penelitian deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan atau menganalisis suatu hasil penelitian tetapi tidak digunakan untuk membuat kesimpulan yang lebih luas”.

3. Metode Penelitian

Untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini perlu dilakukan suatu survei lapangan guna mendapatkan data primer serta survei kepada instansi terkait guna mendapatkan data sekunder.

Expert Judgment ini menunjukkan kemampuan instrumen penelitian dalam mengungkap atau mewakili semua isi yang hendak diukur. Pengujian dengan expert judgment ini juga menggunakan pendapat para ahli *expert judgment* khususnya kepada Dinas Perhubungan Provinsi Lampung, PT. KAI DAOP IV Provinsi Lampung. Teknik analisis data diarahkan untuk mendeskripsikan dan menjawab rumusan masalah yang diajukan. Sehingga tujuan analisis data ini untuk menyederhanakan seluruh data yang terkumpul, menyajikan dalam susunan yang sistematis, kemudian mengolah dan menafsirkan atau memaknai data yang sebelumnya telah dikumpul.

4. Hasil dan Pembahasan

Dalam pelaksanaan survei, menetapkan jumlah sampel responden yaitu sebanyak 20 responden, dimana 10 responden PT. KAI DAOP IV Tanjung Karang dan 10 Responden Dinas Perhubungan Provinsi Lampung.

4.1 Hasil Uji Validitas dan Uji Reliabilitas

Pengujian validitas dilakukan dengan menggunakan korelasi *Pearson Product Moment*. Hasil korelasi (*r*) *Pearson* digunakan untuk mendeteksi validitas dari masing-masing item pernyataan.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Uji Validitas

No. Item	r hitung	r tabel	Keterangan
X1	0.726	0.4444	valid
X2	0.665	0.4444	valid
X3	0,483	0.4444	valid
X4	0,476	0.4444	valid
X5	0,511	0.4444	valid
X6	0,630	0.4444	valid
X7	0,622	0.4444	valid
X8	0,584	0.4444	valid
X9	0,477	0.4444	valid
X10	0,531	0.4444	valid
X11	0,640	0.4444	valid
X12	0,595	0.4444	valid

Uji reliabilitas didasarkan pada nilai *Alpha Cronbach* (α), jika nilai *Alpha Cronbach* (α) lebih besar dari 0,60 maka data penelitian dianggap cukup baik dan reliable untuk digunakan sebagai input dalam proses penganalisaan data guna menguji hipotesis penelitian. Hasil pengukuran reliabilitas ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Hasil Pengukuran Uji Reliabilitas

<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
0,878	20

Berdasarkan hasil uji reliabilitas tersebut diatas menunjukkan bahwa nilai *Alpha Cronbach* (α) lebih besar dari 0,80 yaitu 0,878 sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian reliabilitas sempurna, yang telah dilakukan dapat diandalkan (*reliabel*) untuk dilakukan analisis lebih lanjut.

4.2 Alternatif Persamaan (Analisa Regresi)

Persamaan variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y) yang digunakan dalam model pemilihan moda pada studi ini adalah persamaan linear. Bentuk umum dari persamaan linear dengan lima atribut adalah sebagai berikut:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_5 + b_6 x_6 + b_7 x_7 + b_8 x_8 + b_9 x_9 + b_{10} x_{10} + b_{11} x_{11} + b_{12} x_{12}$$

dimana:

y = Probabilitas (Jumlah Kejadian Kecelakaan Pada Tahun 2012-2017)

x1 = Tidak Menengok Kanan Kiri Pada Saat Melintasi Perlintasan Kereta Api

x2 = Kecepatan Yang Tinggi / Terburu-Buru Pada Saat Melintasi Perlintasan Kereta Api

- x3 = Kecepatan Tinggi Masinis Pada Saat Mengendarai Kereta Api
x4 = Petugas Telat/ Lalai Dalam Menutup Palang Pintu Pada Saat Kereta Api Akan Lewat
x5 = Masinis Kelelahan Fisik/ Mengantuk Pada Saat Bertugas
x6 = Pengendara Kendaraan Kelelahan Fisik Pada Saat Mengendarai Kendaraannya
x7 = Tidak Ada Penjagaan/ Petugas di Sekitaran Perlintasan Kereta Api
x8 = Petugas/Masinis Tidak Memberikan Aba-Aba /Klakson Pada Saat Kereta Akan Melintas
x9 = Mesin Kendaraan Mati
x10 = Kerusakan prasarana seperti rel yang aus, rel spaten (memuai), rel gongsol, rel gompal, sambungan rel retak, skilu pada rel, bantalan lapuk, ballast yang tidak rata/tidak sesuai, tirepont yang lepas, serta wesel yang tidak terkunci.
x11 = Faktor teknis lainnya adalah as patah, as panas, roda kereta pecah, boggie patah, speedometer tidak berfungsi, radio lok tidak berfungsi, pembebanan tidak merata, kelebihan beban, serta kurangnya perawatan sarana akibat tidak menggunakan suku cadang standar
x12 = Jalur Kereta yang tak memadai, ketersediaan gerbong yang minim, ketersediaan palang pintu yang kurang memadai, kerusakan mesin, faktor usia gerbong

Selanjutnya akan dibuat beberapa alternatif persamaan yang dapat dibentuk dari persamaan tersebut, untuk kemudian dipilih satu persamaan yang merupakan faktor yang paling dominan penyebab terjadinya kecelakaan di perlintasan kereta api. Alternatif persamaan yang dibentuk adalah:

Persamaan variabel bebas (X) faktor-faktor penyebab terjadinya kecelakaan di perlintasan kereta api dengan variabel terikat (Y) probabilitas jumlah terjadinya kecelakaan yang terjadi pada tahun 2012-2017 yang didapatkan dari hasil pengolahan SPSS adalah:

Alternatif 7 -----

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_5 + b_6 x_6 + b_7 x_7 + b_8 x_8 + b_9 x_9 + b_{10} x_{10} + b_{11} x_{11} + b_{12} x_{12}$$

4.2.1 Coefficients Regresi

Tabel 4. Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error	Beta			
1 (Constant)	-9,256	8,816			-,1050	,329
X ₁	5,693	3,900	,615		1,460	,188
X ₂	-9,399	4,997	-,891		,1,881	,102
X ₃	-2,003	4,188	-,118		-,478	,647
X ₄	4,649	4,486	,410		1,036	,335
X ₅	-21,888	6,825	-1,573		-3,207	,015
X ₆	15,996	4,452	1,367		3,593	,009
X ₇	2,946	2,206	,269		1,336	,223
X ₈	-4,507	3,827	-,414		-1,178	,277
X ₉	3,101	2,433	,294		1,275	,243
X ₁₀	-30,069	8,731	-2,918		-3,444	,011
X ₁₁	,326	2,871	,032		,114	,913
X ₁₂	36,408	10,035	3,279		3,628	,008

a. Dependent Variable: Y

Dari tabel diatas didapatkan persamaan model regresi akhir dari penyebab terjadinya kecelakaan adalah:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_5 + b_6 x_6 + b_7 x_7 + b_8 x_8 + b_9 x_9 + b_{10} x_{10} + b_{11} x_{11} + b_{12} x_{12} = -9,256 + 5,693X_1 - 9,399X_2 - 2,003X_3 + 4,649X_4 - 21,888X_5 + 15,996X_6 + 2,946X_7 - 4,507X_8 + 3,101X_9 - 30,069X_{10} + 0,326X_{11} + 36,408X_{12}$$

Dari hasil korelasi tersebut dipilih variabel-variabel bebas (X) yang berhubungan dengan variabel terikat (Y) dan mempunyai nilai korelasi cukup hingga sangat kuat atau mempunyai $r > 0.25$ dimana ditetapkan α (level of significant) = 0,05 angka probabilitas (p-value) yang berada dibawah 0,05 menunjukkan adanya korelasi yang disignifikan. Dari hasil analisa regresi yang sudah dilakukan, didapatkan faktor-faktor penyebab terjadinya kecelakaan yang hasilnya berada dibawah 0,05 level of significant adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Variabel Faktor Terjadinya Kecelakaan

Variabel	Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan	Sig
X_{12}	Jalur Kereta yang tak memadai, ketersediaan gerbong yang minim, ketersediaan palang pintu yang kurang memadai, kerusakan mesin, faktor usia gerbong	0,008
X_6	Pengendara Kendaraan Kelelahan Fisik Pada Saat Mengendarai Kendaraannya	0,009
X_{10}	Kerusakan prasarana seperti rel yang aus, rel spaten (memuai), rel gongsol, rel gompal, sambungan rel retak, skilu pada rel, bantalan lapuk, ballast yang tidak rata/tidak sesuai, tirepont yang lepas, serta wesel yang tidak terkunci.	0,011
X_5	Masinis Kelelahan Fisik/ Mengantuk Pada Saat Bertugas	0,015

4.2.2 R Square

Koefisien determinasi (R Square atau R kuadrat) bermaksa sebagai sumbangan pengaruh yang diberikan variabel bebas atau variabel independent (X) terhadap variabel terikat atau variabel dependent (Y), atau dengan kata lain, nilai koefisien determinasi atau R Square ini berguna untuk memprediksi dan melihat seberapa besar kontribusi pengaruh yang diberikan variabel X secara simultan (bersama-sama) terhadap variabel Y. Sehingga dari hasil yang didapatkan dari menggunakan metode SPSS (*Statistical Product and Service Solutions*) adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,936 ^a	,877	,665	8,038

Predictors: (Constant), X_{12} , X_4 , X_3 , X_7 , X_9 , X_8 , X_6 , X_1 , X_{11} , X_5 , X_2 , X_{10}

Berdasarkan tabel output SPSS “Model Summary” diatas, diketahui nilai koefisien determinasi atau R Square adalah sebesar 0,877. Nilai R Square 877 ini berasal dari pengkuadratan nilai koefisien korelasi atau “R”, yaitu $0,936 \times 0,936 = 0,877$. Besarnya tersebut mengandung arti bahwa variabel bebas (X) faktor-faktor penyebab terjadinya kecelakaan di perlintasan kereta api yang sudah dilakukan kuesioner terhadap 20 responden dengan variabel terikat (Y) probabilitas jumlah terjadinya kecelakaan yang terjadi pada tahun 2012-2017 sebesar 87,7%. Sedangkan sisanya ($100\% - 87,7\% = 12,3\%$) dipengaruhi oleh variabel lain di luar persamaan regresi ini atau variabel yang tidak terdefiniskan dari model persamaan ini.

4.2.3 Annova

Annova digunakan untuk mengukur berapa besar (%) pengaruh yang diberikan variabel bebas (X) faktor-faktor penyebab terjadinya kecelakaan di perlintasan kereta api yang sudah dilakukan kuesioner terhadap 20 responden secara simultan (bersama-sama) terhadap variabel terikat (Y) probabilitas jumlah terjadinya kecelakaan yang terjadi pada tahun 2012-2017. Adapun hasil analisis regresi linear berganda (dalam uji F) dapat kita lihat sebagai berikut:

Tabel 7. ANNOVA^a

Model		<i>Sum Of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
1	Regression	3215,918	12	267,993	4,148	,034 ^b
	Residual	452,282	7	64,612		
	Total	3668,200	19			

Dependent Variabel: Y

Predictors: (Constant), X12,X4,X3,X7,X9,X8,X6,X1,X11,X5,X2,X10

Berdasarkan tabel output “ANNOVA” diatas diketahui bahwa nilai signifikan (Sig.) dalam uji F adalah sebesar 0,034. Karena Sig. 0,034 < 0,05, maka sebagaimana dasar pengambilan keputusan dalam Uji F dapat disimpulkan bahwa variabel bebas (X) faktor-faktor penyebab terjadinya kecelakaan di perlintasan kereta api yang sudah dilakukan kuesioner terhadap 20 responden secara simultan (bersama-sama) berpengaruh terhadap variabel terikat (Y) probabilitas jumlah terjadinya kecelakaan.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Pada hasil penelitian ini menggunakan metode SPSS (Statistical Product and Service Solutions) analisa Regresi Linear didapatkan faktor-faktor dominan yang memengaruhi terjadinya kecelakaan di perlintasan kereta api didapatkan pada faktor X_{12} (Jalur Kereta yang tak memadai, ketersediaan gerbong yang minim, ketersediaan palang pintu yang kurang memadai, kerusakan mesin, faktor usia gerbong) dengan nilai Sig. 0,08, X_6 (Pengendara Kendaraan Kelelahan Fisik Pada Saat Mengendarai Kendaraannya) dengan nilai Sig. 0,09, X_{10} (Kerusakan prasarana seperti rel yang aus, rel spatel (memuai), rel gongsol, rel gompal, sambungan rel retak, skilu pada rel, bantalan lapuk, ballast yang tidak rata/tidak sesuai, tirepont yang lepas, serta wesel yang tidak terkunci.) dengan nilai Sig. 0,011 dan X_5 (Masinis Kelelahan Fisik/ Mengantuk Pada Saat Bertugas) dengan nilai Sig. 0,015 dimana korelasi signifikan ditetapkan a (level of significant) < 0,05.

5.2 Saran

1. Melalui Dishub Kota Provinsi Lampung berkoordinasi dengan DAOP IV PT.KAI Tanjung Karang perlu adanya pos penjagaan untuk penjagaan kereta api sepanjang Perlintasan Tarahan sampai dengan Perlintasan Sukamenenati, mengingat perlintasan tarahan sampai dengan perlintasan sukamenanti tidak memiliki penjagaan.
2. Pemkot melalui Dishub Kota Provinsi Lampung berkoordinasi dengan DAOP IV PT.KAI Tanjung Karang untuk melengkapi palang pintu dan rambu-rambu di sekitar perlintasan tarahan – perlintasan suka menanti sesuai dengan standar teknis yang berlaku.
3. Pemasangan rambu dan marka harus mengikuti standar teknis yang ada dan menyesuaikan kondisi di lapangan agar terlihat jelas oleh pengguna jalan yang melintas.

4. Di sekitar perlintasan kereta api perlu diberi papan peringatan tambahan sebagai stimulus psikologis kepada pengguna jalan yang melintas yang berisi mengenai sanksi pelanggaran rambu dan marka di jalan raya
5. Sosialisasi tentang keamanan dan keselamatan bertransportasi di perlintasan kereta api kepada masyarakat melalui media massa sebagai bagian edukasi agar masyarakat disiplin berlalu lintas di jalan raya termasuk di perlintasan kereta api.

Daftar Pustaka

- Baysari, M.T., Caponecchia, C., McIntosh, A.S., & Wilson, JR. (2009), Classification of Errors Contributing to Rail Incidents and Accidents: A Comparison of Two Human Error Identification Techniques, *Safety Science*, Vol. 47, pp 948 - 957.
- Dunn, N. & Williamson, A. (2012), Driving Monotonous Routes in A Train Simulator: The Effect of Task Demand on Driving Performance and Subjective Experience, *Ergonomics*, Vol. 55, No. 9, pp 997 - 1008.
- Hidayat, T. (2012), *Jalan Panjang Menuju Kebangkitan Perkeretaapian Indonesia; Reformasi dan Restrukturisasi Perkeretaapian* (2nd ed.), Indonesia Railway Watch, Bandung.
- Ilmar, S.R & Daud, J. (2013). Model Pemilihan Moda Angkutan Penumpang Kapal Roll On Roll Off (Pt.Asdp) & Kapal Cepat (Swasta) Rute Singkil – Sinabang. *Jurnal Teknik Sipil Usu, Medan*.
- Iridiastati, H. (2014). Evaluasi dan Rancangan Solusi Penyebab Kecelakaan Kereta Api Melalui Pemanfaatan Metodologi Hfacs-Ir. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Fishburn, P. C., A Problem- multifactor selectionbased - methods, making decision attribute Blackwell Publishing, 1967.
- Muhammad, A.B, (2017). Analisis Pemilihan Moda Transportasi Rute Tanjung Karang – Bandara Radin Inten II Dengan Stated Preference. Lampung: Universitas Lampung.
- Republik Indonesia (2009), Undang Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Perkeretaapian, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 22, Sekretaris Negara, Jakarta.
- Republik Indonesia (2007), Undang Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Lalu Lintas Angkutan Jalan, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 23, Sekretaris Negara, Jakarta.
- Republik Indonesia (2009), Undang Undang Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggara Perkeretaapian, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 56, Sekretaris Negara, Jakarta.
- Republik Indonesia (2009), Undang Undang Nomor 72 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas Angkutan Kereta Api, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 72, Sekretaris Negara, Jakarta.
- Menteri Perhubungan RI (2011). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 36 Tahun 2011 tentang Perpotongan dan/ Persinggungan Antara Jalur Kereta Api Dengan Bangunan Lainnya, Jakarta.
- Ritonga, Dicky (2015). Analisis Pemilihan Moda Antara Bus dan Kereta Api (Studi Kasus : Medan – Tanjungbalai). Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Silalahi, Leo Ganda. (2010). Analisa Pemilihan Moda Transportasi Bus Dengan Metode Stated Preference (Studi Kasus Medan – Sidikalang). Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sugiyono. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Supriyatno, D. (2004). Analisis Kecelakaan Dan Keselamatan Kereta Api di Daop VIII Surabaya Jawa Timur, Surabaya.
- Thomas, Y. (2010). Analisis Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kereta Api Serta Usaha Preventif Yang Dapat Dilakukan, Yogyakarta: Universitas Atmajaya.

Efek Swelling Yang Ditambah Dengan Bahan Aditif Limbah Beton Terhadap Tebal Perkerasan

Iswan¹, Rahayu Sulistyorini², Kurnia Tammled Fahmi³

^{1,2} Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

³ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

E-mail korespondensi : one_iswan@ymail.com

Abstrak. Nilai CBR dengan nilai 6% tidak cukup menjadi syarat perkerasan jalan. sampel tanah yang digunakan berasal dari Ruas Jalan R.A.Basyid, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan STA 2+100 dengan campuran 0, 4, 8 dan 12% dari berat tanah. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian CBR dari efek pengembangan tanah, lalu berdasarkan hasil pengujian tersebut, dilakukan perhitungan tebal perkerasan dengan metode analisa komponen SKBI 2.3.26.1987.

Tanah penelitian ini termasuk A-6 atau jenis tanah yang buruk. Namun setelah penambahan limbah beton, batas plastis, batas cair dan indeks plastisitas menurun, hal ini mengakibatkan pengembangan tanah terjadi penurunan pada 12% limbah beton yaitu dari 0,67% menjadi 0,15%, sedangkan nilai CBR mengalami peningkatan yang signifikan pada limbah beton 12% yaitu dari 1,3% menjadi 29,7%. Sehingga tebal lapis menjadi lebih tipis, pada 0% limbah beton yaitu tebal D1=7,5 cm, D2=20 cm dan D3=33 cm, sedangkan pada 12% limbah beton tebal D1=5 cm, D2=20 cm dan D3 tidak digunakan.

Kata kunci : CBR, Limbah Beton, Pengembangan Tanah, Stabilisasi, Tebal Perkerasan

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang sedang banyak melakukan pembangunan konstruksi dibidang infrastruktur, tanah sebagai salah satu sumber kekayaan alam memiliki hubungan erat sekali dengan kelangsungan hidup manusia. Manusia dalam kehidupan sehari-harinya pasti berhubungan dengan tanah.

Dalam perencanaan jalan raya, subgrade dengan syarat minimal CBR 6% tidak cukup menjadi indikator untuk dapat memastikan bahwa jalan yang akan kita rencanakan akan berhasil. Karena kita hanya melihat dari sisi perkuatannya tanpa mempertimbangkan dari sisi pengembangan tanahnya (Swelling).

Percobaan uji Swelling pada subgrade yang dicampurkan dengan bahan aditif limbah beton akan menambah kekuatan dan daya dukung tanah dengan jalan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat fisis tanah yang kurang menguntungkan sehingga dapat membentuk massa yang padat, tidak dapat larut dalam air dan mengeras.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terdahulu

Telah dilakukan uji swelling dengan campuran limbah beton yang dilakukan oleh Hairulla (2014) dengan judul “Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Ekspansif Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Guna Perkuatan Jalan Lingkungan Di Kampung Sota Distrik Sota Perbatasan Republik Indonesia-Papua New Guinea”.

2.2. Swelling

Suatu struktur tanah pada tingkat kepadatan yang sama, karena pengaruh penambahan kadar air, volume tanah akan mengalami peningkatan dan berlaku sebaliknya apabila kadar airnya berkurang. Perilaku yang demikian dikenal dengan istilah tanah mengalami kembang-susut. Seed dkk. (1962) dalam Hardiyatmo (2002) memberikan definisi potensi pengembangan adalah persentase pengembangan di bawah tekanan 6,9 kPa menurut standar AASTHO.

2.3. California Bearing Ratio (CBR)

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum dipakai adalah cara-cara empiris dan yang biasa dikenal adalah cara CBR (California Bearing Ratio). Metode ini dikembangkan oleh California State Highway Departement sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (subgrade). Rumus perhitungan dalam penentuan nilai CBR adalah sebagai berikut :

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi } 0,1'' = A/3000 \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi } 0,2'' = B/4500 \times 100\% \quad (2)$$

2.4. Pemadatan

Tujuan dari pemadatan adalah untuk mempertinggi kuat geser tanah, mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas), mengurangi permeabilitas dan mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan lain-lain.

2.5. Tanah

Tanah merupakan lapisan kerak bumi yang berada di lapisan paling atas, yang juga merupakan tabung reaksi alami yang menyangga seluruh kehidupan yang ada di bumi. Tanah mempunyai ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda-beda antara tanah di suatu tempat dengan tempat yang lain. Sifat-sifat tanah itu meliputi fisika dan sifat kimia

2.6. Limbah Beton

Beton (Concrete) adalah bahan bangunan yang diperoleh dari hasil pencampuran antara semen, air, agregat halus dan agregat kasar dengan perbandingan tertentu. Campuran semen dengan air berfungsi sebagai perekat. Agregat halus berupa pasir atau abu, sedangkan agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah yang keduanya berfungsi sebagai pengisi.

2.7. Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987

Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987 adalah salah satu acuan untuk merencanakan tebal perkerasan jalan raya. Metode ini merupakan metode dari Bina Marga yang merupakan dasar dalam menentukan tebal perkerasan lentur yang dibutuhkan untuk suatu jalan raya. Ada beberapa acuan dari Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987 yaitu:

2.7.1 Lalu Lintas Rencana

- A. Persentase Kendaraan pada Lajur Rencana
- B. Angka Ekvivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan
- C. Perhitungan Lalu Lintas :

$$\text{a. Lintas Ekvivalen Permulaan (LEP)} = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (3)$$

$$\text{b. Lintas Ekvivalen Akhir (LEA)} = \sum_{j=1}^n LHR_j \times (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (4)$$

$$\text{c. Lintas Ekvivalen Tengah (LET)} = (LEP + LEA)/2 \quad (5)$$

- d. Lintas Ekuivalen Rencana (LER) = $LET \times FP$ (6)
e. Faktor Penyusutan (FP) = $UR/10$ (7)

2.7.2 Daya Dukung Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar (DDT) diperoleh dari nilai CBR atau Plate Bearing Test DCP dll.

$$DDT = (4,3 \log CBR + 1,7) \quad (9)$$

2.7.3 Faktor Regional (FR)

Faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan dan persentase kendaraan berat dan yang berhenti sebagai iklim (curah hujan)

$$\text{Jenis Kendaraan} / \Sigma \text{Volume kendaraan} \times 100\% \quad (10)$$

2.7.4 Indeks Permukaan

Indeks permukaan adalah nilai kerataan/ kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Nilai Indeks permukaan beserta artinya adalah sebagai berikut :

IP = 1,0 menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5 menyatakan tingkat pelayanan rendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)

IP = 2 menyatakan tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih cukup.

IP = 2,5 menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

2.7.5 Indeks Tebal Perkerasan

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \quad (11)$$

2.7.6 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

- Lapis Permukaan (Surface Course)
- Lapis Pondasi Atas (Base Course)
- Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)

3. Metode Penelitian

3.1. Tinjauan Umum

Sampel tanah yang diuji menggunakan material tanah dasar (*Subgrade*) yang disubstitusi dengan *zat additive* limbah beton. Sampel tanah yang digunakan dari jalan terusan RA. Basyid desa fajar baru kecamatan jati agung lampung selatan, Sedangkan limbah beton yang digunakan sebagai bahan substitusi pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Struktur Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Dalam penelitian ini dilakukan analisa secara bertahap, yaitu

- Persiapan (pengumpulan referensi dan identifikasi masalah)
- Pengambilan sampel tanah
- Pengambilan data
- Pengujian sifat fisik tanah
- Pengujian mekanika tanah
- Analisis data
- Perhitungan dan perencanaan tebal perkerasan

3.2. Pengambilan Data Lapangan

Salah satu hal penting ketika melakukan penelitian adalah ketersediaan data sebagai bahan analisa masalah yang akan kita teliti. Adapun data yang di butuhkan dalam penelitian ini adalah :

1. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)
2. Nilai CBR Lapangan dari *subgrade*
3. Data Sekunder

3.3. Pelaksanaan Pengujian

Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian sifat fisik, pengujian Konsolidasi dan Pengujian CBR. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan data.

3.3.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah :

- a. Kadar air (*Moisture Content*)
- b. Berat Volume (*Unit Weight*)
- c. Berat Jenis (*Specific Gravity*)
- d. Batas Cair (*Liquid Limit*)
- e. Batas Plastis (*Plastic Limit*)
- f. Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)
- g. Uji Hidrometer

3.3.2 Pengujian Mekanika Tanah :

- a. Pencampuran Sampel Tanah
- b. Melakukan uji pemadatan *proctor modified*
- c. Pengujian Pengembangan Tanah (*Swelling*)
- d. Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

3.4. Analisis Data

Berdasarkan data hasil penelitian yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium kemudian dilakukan analisa untuk masing-masing pengujian sehingga didapatkan sifat fisik dan mekanik untuk tiap sampel tanah baik itu tanah asli maupun tanah campuran. Hasil data yang diperoleh dan didapatkan dari penelitian yang dilakukan diolah, kemudian hasil dari penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

3.5. Perhitungan dan Perencanaan Tebal Perkerasan

Setelah dilakukan pengujian pada tanah dan di dapat data yang ada, selanjutnya di lakukan perhitungan tebal perkerasan jalan dengan menggunakan metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987.

3.5.1 Lalu Lintas Rencana

- a. Menentukan Nilai Koefisien Distribusi Kendaraan (C)
- b. Menentukan Angka Ekvivalen (E)
- c. Menghitung Lintas Ekvivalen Permulaan (LEP)
- d. Menghitung Lintas Ekvivalen Akhir (LEA)
- e. Menghitung Lintas Ekvivalen Tengah (LET)
- f. Menghitung Lintas Ekvivalen Rencana (LER)

3.5.2 Mendapatkan nilai Daya Dukung Tanah (DDT)

- a. Nilai CBR dari pengujian Laboratorium
- b. Menghitung nilai DDT

3.5.3 Menentukan tebal perkerasan

- Faktor Regional
- Indeks Permukaan Awal Umur Rencana (IPO)
- Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IP)
- Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Data hasil perhitungan perkerasan dengan metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987 yang diperoleh kemudian dimodelkan dalam bentuk gambar lapis perkerasan.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengujian dan Perhitungan di Laboratorium dan Lapangan

4.1.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli (*Undisturbed*)

Pengujian sifat fisik berupa Kadar Air sebesar 67,16%, Berat Volume 1,5995 gr/cm³, Berat Jenis 2,2837, Analisis Saringan No. 200 didapat 82,79%, Batas Cair 39,64%, Batas Plastis 26,09% dan Indeks Plastisitas 13,5%.

4.1.2. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

Dengan metode *Modified Proctor* didapatkan hasil nilai kadar air optimum (w_{opt}) dan nilai berat isi kering optimum (γ_{dmax}) dari sampel tanah dengan penambahan limbah beton sebanyak 0%, 4%, 8%, dan 12% dari berat tanah

Tabel 1. Hasil Pengujian Pemadatan

No.	Sampel Tanah + Penambahan Limbah Beton (%)	KAO(%)	γ_{dmax} (gr/cm ³)
1.	0%	14,3	1,48
2.	4%	13,9	1,5
3.	8%	13,6	1,52
4.	12%	13,4	1,56

Dapat dilihat bahwa penambahan persentase Limbah Beton dalam campuran tanah lempung menyebabkan penurunan kadar air optimum tanah. Hal ini disebabkan karena berkurangnya daya ikat atau daya resap air akibat bertambahnya kadar Limbah Beton pada campuran. Selain itu pada gambar diatas dapat dilihat peningkatan berat volume kering tanah. Hal ini disebabkan mengecilnya rongga – rongga antara partikel campuran tanah akibat pencampuran Limbah Beton.

4.1.3 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah dengan Variasi Penambahan Limbah Beton

Tabel 2. Pengujian Sifat Fisik Tanah dengan Penambahan Limbah Beton

Sampel Tanah	Berat Jenis	LL (%)	PL (%)	PI (%)
0%	2,3708	38,33	25,74	12,6
4%	2,3849	34,57	22,45	12,1
8%	2,4036	33,61	21,95	11,7
12%	2,4202	31,33	20,59	10,7

4.1.4 Hasil Klasifikasi Tanah Asli dan Tanah Terganggu dengan Variasi Penambahan Limbah Beton

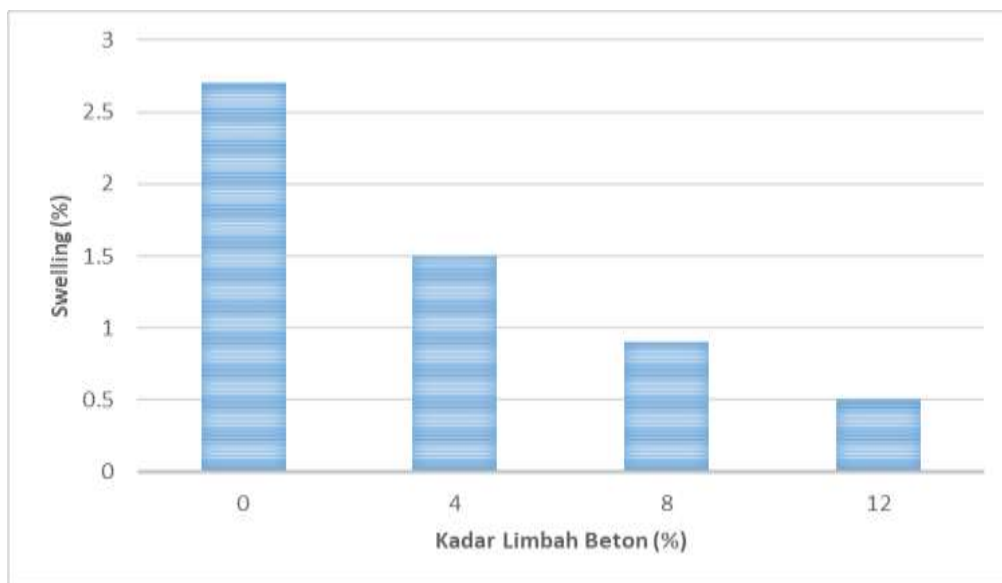
a. Tanah Asli

Berdasarkan hasil pengujian fisik tanah asli dapat disimpulkan bahwa klasifikasi tanah menurut AASHTO masuk kedalam kelompok A-6 jenis tanah yang buruk.

b. Tanah Campuran Limbah Beton

Berdasarkan klasifikasi tanah dengan campuran 0%, 4% dan 8% Limbah Beton termasuk kelompok tanah yang baik dan 12% masuk dalam kategori tanah yang sangat baik.

4.1.5 Hasil Pengujian Pengembangan Tanah (*Swelling*) di alat *Oedometer*



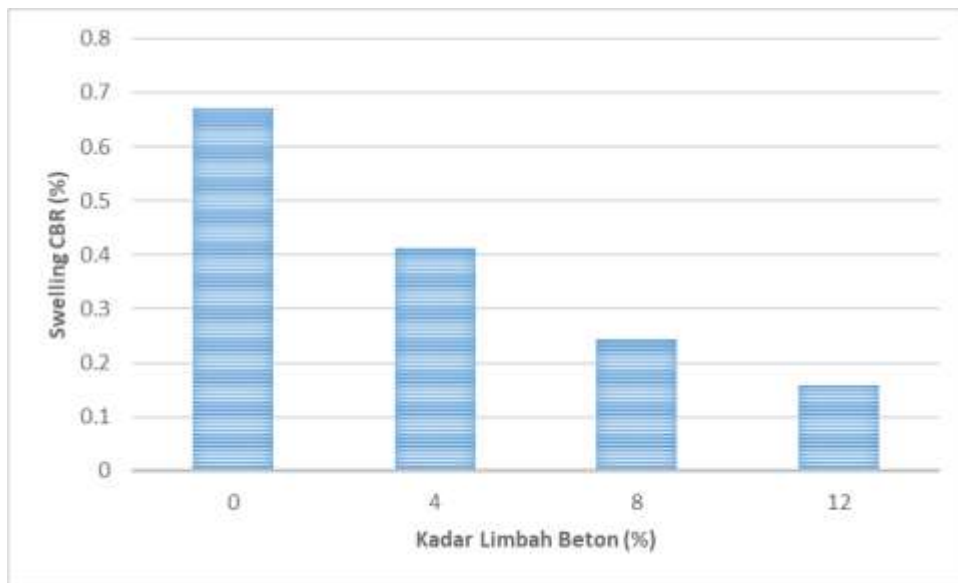
Gambar 1. Hubungan Penambahan Limbah Beton Terhadap Uji *Swelling*

Dari Hasil Uji tersebut Nilai *Swelling* mengalami penurunan pada setiap penambahan limbah beton. Pada tanah campuran limbah beton swelling sebesar 2,7%, pada 12% limbah beton menjadi 0,5%. disebabkan karena sifat dari limbah beton yang dapat menutup pori pori.

4.1.6 Hasil Pengujian CBR

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Nilai *Swelling* dan Nilai CBR

Sampel Tanah+Limbah Beton	Jenis Pengujian	<i>Swelling</i> (%)	CBR (%)
Tanah Asli	Tanpa Rendaman	-	15,7
0%	Rendaman	0,672	1,3
4%	Rendaman	0,412	14,3
8%	Rendaman	0,243	20
12%	Rendaman	0,158	29,7



Gambar 2. Hubungan Penambahan Limbah Beton Terhadap Uji *Swelling CBR*

Dari hasil pengujian didapatkan tanah yang di campur dengan Limbah Beton dapat meningkatkan nilai CBR dan menurunkan nilai swelling . Hal ini di karenakan Limbah Beton mampu membuat partikel yang lebih keras sehingga tanah mampu menahan beban lebih besar dan nilai swelling tanah menurun.

4.1.7 Hasil Pengujian DCP Lapangan

Pengujian ini dilakukan di dua titik pengambilan sampel tanah. Di titik 1 didapatkan nilai CBR sebesar 10,4% dan di titik 2 sebesar 13,0%. Dari kedua nilai tersebut yang digunakan adalah nilai yang terkecil yaitu sebesar 10,4% di titik 1

4.2. Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Metode Analisa Komponen SKBI2.3.26.1987

Menghitung tebal perkerasan lentur dengan petunjuk metode analisa komponen SKBI 2.3.26.1987 dengan data-data pendukung sebagai berikut:

Tipe jalan	: Kolektor
Kondisi jalan di lapangan	: 1 Jalur, 2 Lajur dan 2 Arah
Lebar setiap lajur	: 3 Meter
Kelandaian	: 4%
Curah Hujan rata-rata	: 1582 mm/th
Umur Rencana	: 20 Tahun
Waktu Pelaksanaan	: 2 Tahun

Nilai CBR tanah dasar yang digunakan dari masing-masing sampel tanah, Tabel 3.

4.2.1 Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-rata

Data LHR didapatkan dari hasil survey LHR di lapangan dengan jumlah kendaraan dari 2 arah yaitu 5201 jenis kendaraan

- Menghitung Lintas Ekvivalen Permulaan, menggunakan persamaan (4), $LEP = 33,8398$
- Menghitung Lintas Ekvivalen Akhir, menggunakan persamaan (5), $LEA = 63,0516$
- Menghitung Lintas Ekvivalen Tengah, menggunakan persamaan (6), $LET = 48,4457$
- Menghitung Lintas Ekvivalen Rencana, persamaan (7) $LER = 96,8913$

4.2.2 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT)

Tabel 4. Nilai Daya Dukung Tanah (DDT)

Sampel Tanah+Limbah Beton	Jenis Pengujian	CBR (%)	DDT
Tanah Lapangan	DCP Lapangan	15,7	6,8
Tanah Asli	CBR Laboratorium Tanpa Rendaman	10,4	6,1
0%	CBR Laboratorium Rendaman	1,3	2,2
4%	CBR Laboratorium Rendaman	14,3	6,7
8%	CBR Laboratorium Rendaman	20	7,3
12%	CBR Laboratorium Rendaman	29,7	8

4.2.3 Faktor Regional (FR)

FR adalah faktor setempat yang berhubungan dengan iklim, curah hujan dan kondisi lapangan. Berdasarkan dengan data pendukung di atas, maka didapatkan FR = 1,5

4.2.4 Menentukan Indeks Permukaan (IP)

Berdasarkan data pendukung yaitu jenis jalan kolektor dan hasil LER sebesar 96,8913, maka sesuai petunjuk SKBI yaitu 1,5 – 2,0. Dengan kondisi permukaan jalan di lapangan rusak dan mengganggu lalu lintas kendaraan yang lewat maka, digunakan IP = 1,5

4.2.5 Analisa Indeks Tebal Peralasan

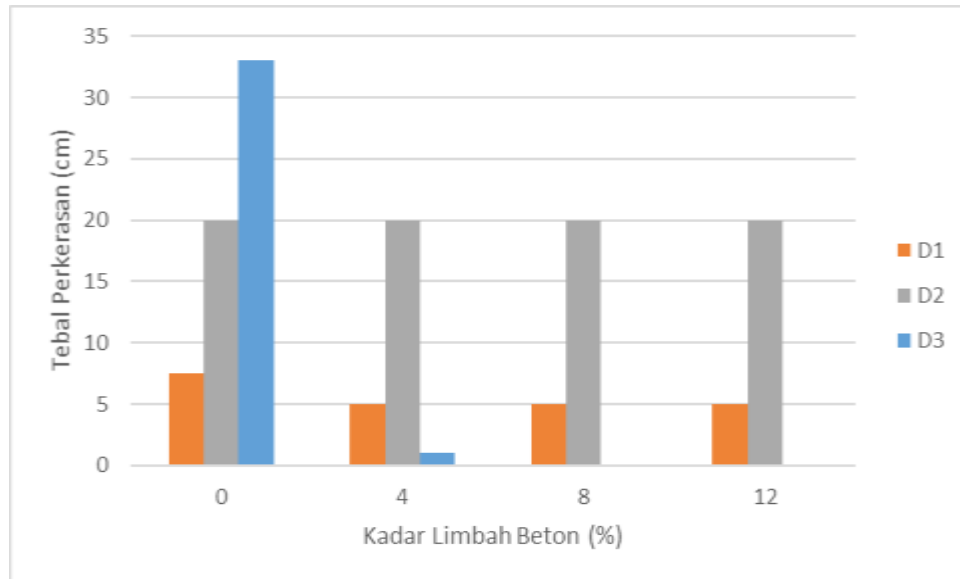
Berdasarkan hasil LER, IP, Ipo, FR dan DDT yang didapatkan, maka nomogram dalam menentukan ITP adalah menggunakan nomogram 5.

4.2.6 Menghitung Tebal Perkerasan Jalan

Berdasarkan hasil ITP dari masing-masing sampel tanah, lalu dilakukan perhitungan dengan persamaan (11)

Tabel 5. Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan dari masing-masing Sampel

Jenis Sampel	CBR (%)	DDT	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)
Tanah Lapangan/Eksisting	13	6,8	5	20	6
Tanah Asli Tanpa Rendaman	15,7	6,1	5	20	2
Tanah Asli Rendaman	1,3	2,2	7,5	20	33
Tanah Asli + 4% Kapur	14,3	6,7	5	20	1
Tanah Asli + 8% Kapur	20	7,3	5	20	0
Tanah Asli + 12% Kapur	29,7	8	5	20	-4



Gambar 3. Hubungan Penambahan Limbah Beton dengan Tebal Lapis Perkerasan

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan di atas, maka limbah beton sebagai bahan stabilisasi pada tanah sangat mempengaruhi dari hasil nilai pengembangan tanah semakin menurun dan nilai CBR semakin meningkat yang mengakibatkan tebal dari lapis perkerasannya menjadi lebih rendah, terutama pada tebal lapis D3 tidak digunakan, dikarenakan hasil perhitungan menunjukkan hasil yang negatif atau dibawah dari tebal minimum.

5. Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian sifat fisik tanah maka tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan golongannya. Tujuan dari penggolongan ini adalah untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah guna mendapatkan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu. Maka tanah dari daerah jalan terusan RA. Basyid Desa Fajar Baru Kecamatan Jati Agung Lampung Selatan pada STA 2+100 termaksud jenis tanah A-6 tanah berlempung dan tingkatan umum sebagai tanah dasar masuk dalam kategori buruk.
2. Hasil uji pemadatan tanah menggunakan *Modified proctor* menunjukkan semakin banyak presentase campuran akan meningkatkan nilai berat volume kering tanah.
3. Dari hasil uji pemadatan modifikasi untuk masing masing sampel didapatkan presentasi KAO yang terus menurun, dikarenakan semakin besar penambahan limbah beton pada sampel maka persentase KAO akan semakin kecil.
4. Dilihat dari hasil pengujian *swelling* menggunakan alat *odhometer* yang telah di padatkan menggunakan *modified proctor*, persentase pengembangan tanah mengalami penurunan pada setiap penambahan persentase Limbah beton. Hal tersebut disebabkan karena Limbah beton mampu untuk menutup pori pori yang ada pada tanah.
5. Hasil pengujian tanah yang di campur dengan Limbah beton dapat meningkatkan nilai CBR dan menurunkan nilai *swelling* . Hal ini di karenakan Limbah beton mampu untuk menutup pori pori yang ada pada tanah sehingga tanah mampu menahan beban lebih besar dan nilai *swelling* tanah menurun.
6. Dari hasil perhitungan tebal perkerasan, DCP lapangan dengan nilai CBR 10,4 % memiliki tebal lapisan laston (D1) 5 cm, lapisan batu belah (D2) 20 cm dan lapisan sirtu (D3) 6 cm dan tanah tak terendam yang di uji menggunakan alat CBR dengan nilai 15,7 % memiliki tebal lapisan laston (D1) 5 cm, lapisan batu belah (D2) 20 cm dan lapisan sirtu (D3) 2 cm. sedangkan pada tanah campuran 0 % dengan nilai CBR 1,3 % yang di uji CBR laboratorium pada kondisi terendam memiliki tebal lapisan laston (D1) 7,5 cm, lapisan batu belah (D2) 20 cm dan lapisan sirtu (D3) 33 cm. Pada tanah campuran

4% memiliki tebal lapisan laston (D1) 5 cm, lapisan batu belah (D2) 20 cm dan lapisan sirtu (D3) 1 cm sedangkan pada 8- 12% tidak di butuhkan lapisan sirtu karena tanah dasar yang sudah di stabilisasi dengan Limbah beton sudah baik sehingga mampu menahan beban yang besar.

Daftar Pustaka

- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen, SKBI.2.3.26.1987,UDC.625.73 (02),SNI 1732-1989-F. Yayasan Badan Penerbitan P.U., Jakarta.
- Fahrurrozi, 2008. Pengaruh Nilai CBR Tanah Dasar Terhadap Tebal Perkerasan Lentur Jalan Kaliurang Dengan Metode Bina Marga 1987 dan AASHTO 1986. Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. Mekanika Tanah 2. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Hubungan SDI dan IRI pada perkerasan flexible studi kasus: Jalan Nasional Lampung Indonesia

Chatarina Niken¹, Akhmad Tri Heriyanto², Rahayu Sulistyorini³, M. Karami⁴, Aleksander Purba⁵

¹⁻⁵Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 351450

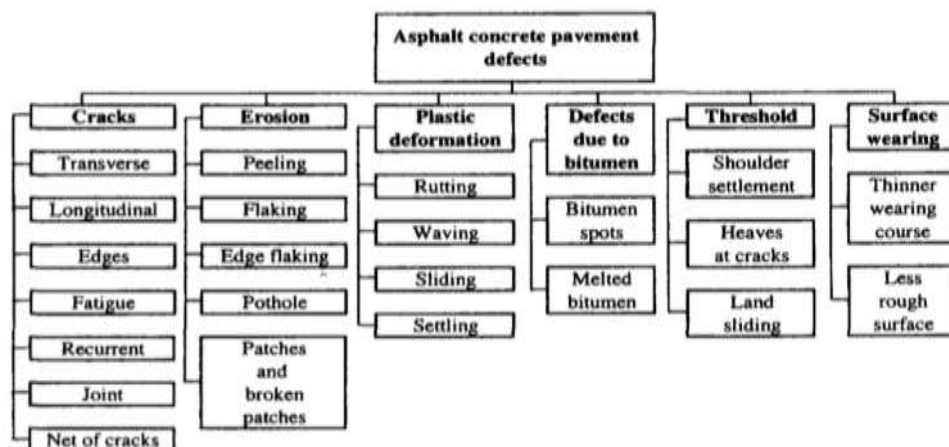
E-mail korespondensi: chatarinaniken@yahoo.com

Abstrak. Penelitian ini dilakukan di Indonesia daerah dengan curah hujan tinggi pada ruas jalan nasional di Lampung Indonesia sepanjang 23,000 m. Panjang jalan dibagi dalam ruas dimana panjang setiap ruas 100 m. Kecacatan jalan seperti retak, lubang, tambalan, ambblas, dan kondisi hancur per segmen diamati dan diukur untuk mendapatkan nilai SDI. Analisis statistik digunakan untuk mendapatkan hubungan antara IRI dan SDI. Kerusakan dikategorikan sesuai NAASRA. Prosentase kategori jalan mantap dan tidak mantap metode IRI memiliki selisih 5% terhadap SDI sehingga dapat dipakai sebagai rujukan awal dalam menggambarkan kondisi jalan. Untuk rencana perbaikan selanjutnya sebaiknya didukung data SDI. Prosentase kategori jalan baik, cukup, kurang dan buruk menurut SDI merupakan refleksi dari IRI dengan kategori sama. Hubungan antara SDI dan IRI dinyatakan dalam bentuk rentang nilai IRI. SDI sangat dipengaruhi oleh kecacatan jalan berupa lubang yang mencapai 53.7% dari total panjang yang diamati.

Kata kunci: IRI, lubang, perkerasan flexibel, SDI

1. Pendahuluan

Kecacatan permukaan jalan flexibel atau aspal sering ditemui di Indonesia. Kecacatan timbul karena adanya distress. Kecacatan pada jenis dan tingkat tertentu dapat menyebabkan kecelakaan kendaraan yang serius dan dapat berkaitan dengan keselamatan pengguna jalan dan penduduk yang tinggal di tepi jalan. Karena begitu pentingnya mengetahui dan mengatasi kecacatan permukaan jalan, maka diperlukan sistem manajemen perkerasan atau pavement management system termasuk pemeliharaan untuk mempertahankan kondisi jalan selama periode layanan selalu dilakukan. Sivilevicius dan Pethevicius, 2002 memberikan skema kecacatan perkerasan jalan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Klasifikasi kecacatan jalan flexibel

Untuk melaksanakan kegiatan pemeliharaan jalan agar tepat sasaran, perlu ada rencana berdasarkan data kondisi perkerasan yang akurat (Arianto dkk., 2018). Beberapa peneliti mengabdikan waktu dan kemampuannya untuk memperoleh data kondisi jalan yang akurat dan cepat. Er-yong, 2009 mengembangkan survei otomatis *distress* permukaan perkerasan untuk menilai kondisi jalan. Li dan Liu, 2008 mendapati pixel retak pada gambar perkerasan lebih gelap daripada sekelilingnya dan kontinu. Karena fakta ini diusulkan model efisiensi tinggi yang kuat untuk segmentasi dan statistik *distress* dari gambar perkerasan masif dengan basis ruang multi-skala. Cafiso dkk., 2006 menyelidiki penggunaan teknik digital untuk memperoleh data lapangan guna meningkatkan keselamatan dan mengurangi biaya tenaga kerja menggunakan sistem pengumpulan dan pengukuran *distress* semi-otomatis. Cafiso dkk., 2006 juga mengumpulkan gambar perkerasan otomatis menggunakan sistem akuisisi digital berkecepatan tinggi di Laboratorium bergerak. Huang dan Xu, 2006 menggunakan algoritma pemrosesan gambar untuk memperoleh data dengan kecepatan tinggi, dan *real-time* pada retak perkerasan jalan. Georgopoulos dkk., 1995 mempelajari lebih lanjut dalam sistem inspeksi otomatis peluang untuk mengotomatisasi pengumpulan dan evaluasi kondisi permukaan perkerasan. Juang, 1992 mendokumentasikan hasil survei berdasarkan peringkat prioritas menggunakan teori fuzzy untuk memproses informasi yang diperoleh dari survei kondisi perkerasan jalan.

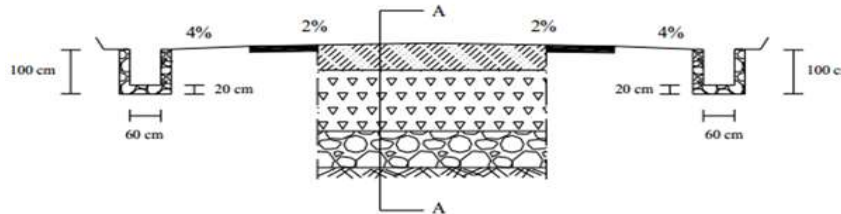
Kecacatan permukaan jalan dapat disebabkan oleh perbedaan pencahayaan, kondisi cuaca dan perbedaan material pada permukaan perkerasan (Zhou dkk., 2006). Kecacatan tersebut pasti menimbulkan perbedaan kekasaran dibandingkan dengan permukaan jalan yang tidak cacat. Kekasaran jalan adalah parameter kondisi jalan yang paling umum digunakan dalam mengevaluasi kondisi perkerasan secara objektif (Arianto dkk., 2018). Direktorat Jendral Bina Marga, 2011, menyebutkan penggunaan *International Roughness Index* (IRI) dan *Surface Distress Index* (SDI) untuk menilai kondisi jalan. IRI mendeteksi semua tipe *distress* sebagai kekasaran dengan laboratorium bergerak yaitu menempatkan alat yang dikaitkan mobil. SDI diperoleh dengan mengamati dan mengukur setiap kesulitan sehingga membutuhkan waktu lebih lama daripada IRI.

Arianto dkk., 2018 menilai jalan strategis nasional pelabuhan Sumenep-Kalianget, Madura, Indonesia menggunakan IRI dan SDI. Baihaqi dkk., 2018 juga menggunakan IRI dan SDI untuk menilai jalan Takengon - Blangkenjeran, Aceh, Indonesia. Rahardjo dan Suparman, 2017, menyebutkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara IRI dan SDI. Dengan kata lain IRI dapat digunakan secara tunggal menggantikan SDI. Suryoto dan Setyawan, 2017 meneliti jalan nasional di Jawa menyatakan SDI terhadap IRI sebagai fungsi linier. Mubaraki, 2016, berdasar penelitian di Arab Saudi menyebutkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara IRI dan keretakan, serta IRI dan *raveling* (permukaan jalan terkelupas) dengan tingkat kepercayaan 95%. *Rutting* (bekas roda) tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan nilai-nilai IRI. Hal itu dapat disimpulkan bahwa keretakan dan *raveling* dapat digambarkan sebagai *distress* kualitas pengendaraan, sedangkan *rutting* dapat digambarkan sebagai kualitas *distress* non-pengendaraan. Sinurat, 2014 membandingkan kekasaran jalan berdasarkan pengamatan visual dan peralatan Parvid. Rumus matematik menggambarkan korelasi yang jelas antara IRI dan SDI (Ardita dkk., 2013). Berdasar analisis varians dari penelitian Park et al, 2007 di Kanada dan Amerika Utara terdapat hubungan yang kuat antara kedua variabel.

Dari uraian tersebut di atas, terlihat bahwa hubungan SDI dan IRI menunjukkan beberapa variasi. Sedangkan Direktorat Bina Marga sendiri menuntut terpenuhinya persyaratan IRI untuk ketahanan selip dan SDI untuk perbaikan. Dengan mengetahui hubungan antara SDI dan IRI di Lampung akan menambah pengetahuan hubungan kedua metode tersebut. Hal ini memungkinkan memperoleh kondisi jalan dengan cepat sehingga tahap selanjutnya seperti pemeliharaan yang tepat dapat ditentukan.

2. Eksperimental

Penelitian ini dilakukan di Lampung, Indonesia yaitu di jalan nasional Simpang Penawar - Gedong Aji Baru Provinsi Lampung, Indonesia sepanjang 20.3 km. Penampang melintang jalan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penampang melintang jalan

2.1. Material

Material yang digunakan pada jalan yang diteliti adalah seperti Gambar 3.



AC-WC, ketebalan 4 cm, aspal 5,9%
AC- BC, ketebalan 6 cm, aspal 5,6%
AC-base, ketebalan 7.5 cm, aspal 5,5%
Agregat A, ketebalan 15 cm, CBR 50%
Agregat B, ketebalan 20 cm, CBR 20%

Gambar 3. Material

2.2. Metode Penelitian

Pengujian IRI dan SDI diterapkan sepanjang 23,000 m. Panjang jalan dibagi dalam ruas dimana panjang setiap ruas 100 m. Survei dilakukan menurut *Indonesian Ministry of Road* (2016) dan Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum, (2011). Peralatan IRI dikaitkan pada mobil yang dijalankan dengan kecepatan tertentu sesuai NAASRA (*National Association of Australian State Road Authorities*). Hubungan SDI dan IRI diperoleh dengan: menggambarkan IRI dan SDI sepanjang bentang yang ditinjau, membuat pola hubungan SDI dan IRI. Dari data tersebut dicari nilai SDI dengan memperhitungkan standar deviasi. Hubungan antara SDI dan IRI dapat diperoleh. Dari IRI dan SDI dihitung persentase kategori baik, cukup, kurang dan buruk berdasar NAASRA yang digunakan oleh Hamdi dkk, 2015 (Tabel 1).

Tabel 1. Skala peringkat SDI dan IRI

Kategori	IRI	SDI
Baik	$IRI \leq 4$	$SDI \leq 50$
Cukup baik	$4 < IRI \leq 8$	$50 < SDI \leq 100$
Kurang baik	$8 < IRI \leq 12$	$100 < SDI \leq 150$
Buruk	$IRI > 12$	$SDI > 150$

Untuk keperluan perbaikan jalan, kategori seperti tertera pada Tabel 1 digolongkan lagi menjadi:

- kondisi mantap yaitu yang meliputi kategori baik dan cukup
- kondisi tidak mantap yang meliputi kategori kurang dan buruk

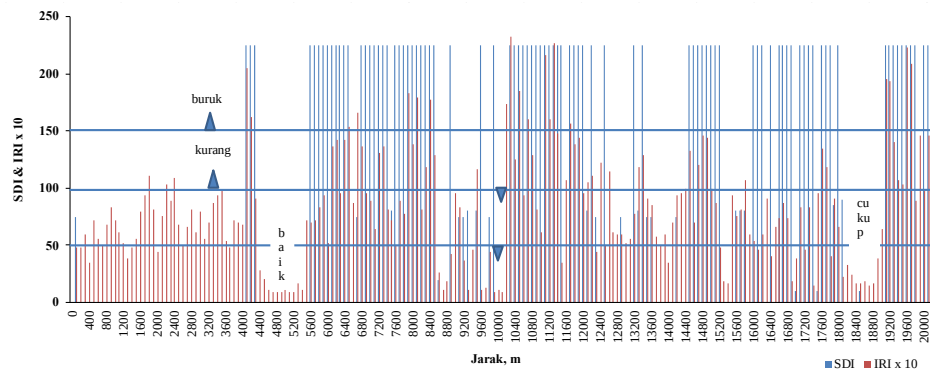
Langkah selanjutnya dibuat suatu hubungan matematis antara kategori mantap dan tidak mantap.

Kecacatan jalan seperti retak, lubang, tambalan, amblas, dan kondisi hancur per segmen diamati dan diukur untuk mendapatkan nilai SDI.

3. Hasil dan Pembahasan

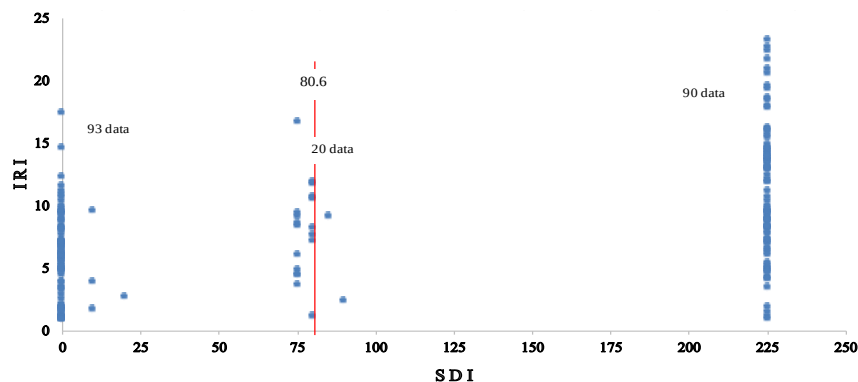
3.1. Hasil

Berhubung hasil IRI relatif kecil bila dibandingkan dengan SDI (Tabel 1), maka penyajian hasil pengujian nilai IRI dikalikan 10. Nilai SDI dengan kategorinya dan nilai IRI kali 10 disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. SDI dan IRI kali 10 sepanjang jalan yang diamati

Sebaran nilai IRI terhadap SDI dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai tersebut terkumpul dalam 3 kelompok yaitu berkisar nilai kecil, nilai tengah dan nilai bagian tepi yang besar. Rata-rata IRI yang terkumpul dibagian tengah pada Gambar 5 adalah 78.67 dan standar deviasi 1.915, dengan demikian SDI di bagian tengah adalah 80.6.



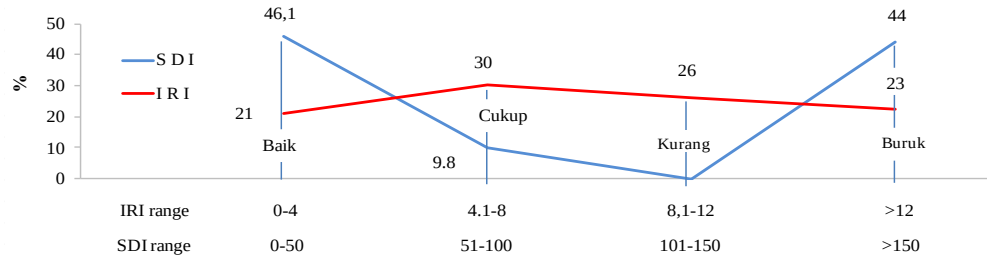
Gambar 5. Sebaran IRI terhadap SDI

Berdasarkan Gambar 5 hubungan SDI dan IRI dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan IRI dan SDI

SDI	IRI
0	0.9-18
80.6	1.1-16.5
225	0.9-23

Penggolongan kedalam kategori sesuai NAASRA dalam prosentase disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Persentase kategori jalan dengan metode SDI dan IRI

Selanjutnya dari keempat kategori seperti Tabel 1 diringkas menjadi dua kategori yaitu mantap dan tidak mantap. Yang termasuk kategori mantap adalah kategori baik dan cukup, sedangkan kategori tidak mantap adalah kurang dan buruk. Kategori mantap dan tidak mantap dalam persen disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori jalan mantap dan tidak mantap menurut SDI dan IRI

Kategori	SDI (%)	IRI (%)	Selisih (%)
Mantap	55.9	51	4.9
Tidak mantap	44	49	5

Prosentase ruas jalan yang mantap dan tidak mantap dinyatakan dengan SDI dan IRI adalah:

$$SDI_{\text{mantap}} (\%) = IRI_{\text{mantap}} (\%) \pm 5 (\%) \quad (1)$$

$$SDI_{\text{tidak mantap}} (\%) = IRI_{\text{tidak mantap}} (\%) \pm 5 (\%) \quad (2)$$

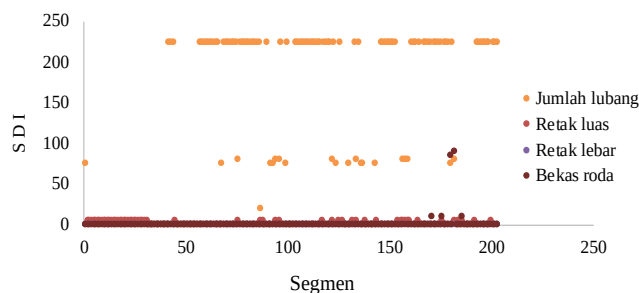
3.2. Pembahasan

3.2.1 Hubungan SDI dan IRI

IRI terlihat bervariasi sepanjang bentang pengamatan sedangkan SDI terlihat didominasi kondisi buruk mencapai nilai 225 dan kondisi baik kebanyakan menunjukkan nilai nol (Gambar 4). Nilai SDI kurang bervariasi karena hanya terkumpul di 0, 80.6 dan 225 (Gambar 5). Hubungan SDI dan IRI pada penelitian ini hanya terkumpul dalam tiga kelompok yaitu baik, cukup baik, dan buruk. Berdasarkan Gambar 4 dan 5 adalah sulit menggambarkan hubungan antara SDI dan IRI sebagai fungsi linier seperti yang dinyatakan oleh Suryoto dan Setyawan, 2017 yaitu $SDI = 32.684 + 3.355 IRI$ untuk jalan nasional di Jawa dengan nilai $r = 0.203$. Untuk menelaah lebih dalam akan ditinjau hubungan antara jenis kecacatan dan SDI.

3.2.2 Hubungan SDI dan jenis kecacatan

Kecacatan yang menjadi pertimbangan besaran SDI adalah retak luas, retak lebar, lubang dan bekas roda. Dari Gambar 7 dapat dinyatakan bahwa nilai SDI sangat dipengaruhi oleh jumlah dan ukuran lubang.



Gambar 7. Nilai SDI dan kecacatan

3.2.3 Kategori Kerusakan

Meskipun hubungan antara SDI dan IRI tidak dapat dinyatakan secara linier seperti Suryoto dan Setyawan, 2017, namun persentase penggolongan antara kategori jalan mantap dan tidak mantap dapat dinyatakan dengan Persamaan 1 dan 2 sehingga IRI dapat digunakan secara tunggal menggantikan SDI. Hal ini serupa dengan pernyataan Rahardjo dan Suparman, 2017 namun memiliki perbedaan yaitu pada penelitian ini adalah prosentase kondisi mantap dan tidak mantap. Hal ini menguntungkan karena dengan cepat dapat mengetahui panjang jalan yang perlu mendapat perhatian. Prosentase kedua kategori tersebut memiliki selisih 5 persen. Namun bila berdasarkan kategori yang lebih rinci, terdapat perbedaan yang cukup besar (Gambar 6) bahkan merupakan suatu SDI hampir merupakan refleksi atau cerminan dengan IRI. Prosentase IRI lebih merata antara kategori baik, cukup, kurang dan buruk, sedangkan SDI lebih mengelompok pada 2 kategori ekstrim yaitu baik dan buruk (Gambar 4 dan 5).

3.2.4 Kategori Kerusakan dan SDI

SDI ditentukan dari nilai tertinggi keempat jenis kerusakan yaitu retak luas, retak lebar, lubang dan bekas roda. Prosentase ruas jalan dan tipe kecacatan dapat dilihat pada Tabel 4. Angka tertinggi tersebut dihasilkan dari kecacatan berlubang 109 buah atau 53.7% dari total pengamatan (Tabel 4). Kecacatan dubel mencapai (14 buah) 7% dan yang 9 buah 6.4% terdapat retak luas dan lubang.

Tabel 4. Tipe dan jumlah kecacatan

Tipe kecacatan	Prosentase	Jumlah dan tipe cacat	Prosentase
Retak luas	28.1	Cacat lebih dari 1	7
Retak lebar	0	Cacat lebih dari 2	0,5
Lubang	53.7	Kecacatan dubel tanpa lubang	1
Bekas roda	2.5	Kecacatan dubel dengan lubang	6
Tanpa cacat	22.7		

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian di atas antara lain:

Penentuan prosentase kategori jalan mantap dan tidak mantap dapat menggunakan IRI sebagai rujukan awal dalam menggambarkan kondisi jalan dengan hubungan sebagai berikut:

$$SDI_{\text{mantap}} (\%) = IRI_{\text{mantap}} (\%) \pm 5 (\%) \quad (1)$$

$$SDI_{\text{tidak mantap}} (\%) = IRI_{\text{tidak mantap}} (\%) \pm 5 (\%) \quad (2)$$

Untuk rencana perbaikan selanjutnya sebaiknya didukung data SDI. Nilai IRI kategori baik, cukup, kurang dan buruk menunjukkan sebaran merata, sedangkan nilai SDI terkelompok menjadi baik, cukup dan buruk. Prosentase kategori jalan baik, cukup, kurang dan buruk menurut SDI merupakan refleksi dari IRI.

Hubungan antara SDI dan IRI tidak dapat dinyatakan secara linier seperti penelitian Suryoto dan Setyawan, 2017 pada jalan Nasional di Jawa, tetapi dinyatakan dalam bentuk rentang nilai IRI.

Perlu studi tentang kecacatan lubang pada perkerasan flexible lebih mendalam karena SDI sangat dipengaruhi oleh kecacatan jalan berupa lubang yang mencapai 53.7% dari total panjang yang diamati. Terdapat ruas dengan kecacatan lebih dari 1 sebanyak 7% dimana 6.4% terdapat kecacatan berlubang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lampung yang telah mendukung penelitian ini. Penghargaan yang tinggi kami ucapkan kepada Kementerian PUPR khususnya satker P2JN Provinsi Lampung, Reno Wiharto dan Andhika dan telah membantu mensurvey SDI dan IRI.

Daftar Pustaka

- Ardita, E.M., Sudibyo, B.S., Hariyadi, E.S., Hendarto, S. (2013) Analisis perhitungan surface distress index menggunakan data Hawkeye, online at <https://www.academia.edu>, 11 pages.
- Arianto, T., Suprpto, M., Syafi'i. (2018) Pavement condition assessment using IRI from road and surface distress index method on National Road in Sumenep Regency, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 333, 1.
- Baihaqi B., Saleh, S.M., Anggraini. (2018) Tinjauan kondisi perkerasan jalan dengan kombinasi nilai IRI dan SDI pada jalan Takengon – Blangkenjeran, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, 1, 3, 543-551.
- Cafiso, S., Di Graziano, A., Battiato, S. (2006) Evaluation of pavement surface distress using digital image collection and analysis, *Proceeding of the 7th International Congress on Advances in Civil Engineering*, 11-13 Oktober, Istanbul, 1-10.
- Direktorat Jendral Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum, (2011). *Panduan Survai Kondisi Jalan*, Nomor SMD-03/RCS, Jakarta.
- Er-yong, C. (2009) *Development Summary of International Pavement Surface Distress Automatic Survey System*, Transport Standardization, 17.
- Georgopoulos, A., Loizos, A., Flouda, A. (1995) Digital image processing as a tool for pavement distress evaluation, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 50, 1, 23-33.
- Hamdi, Sigit, P.H., Correia, A.G., Pereira, P., 2015. Road deterioration analysis for the national Roads of Indonesia. Conference Proceeding of the 14th International Conference on QIR (Quality in Research), Lombok, Indonesia, 11-12 Agustus, 10 hal.
- Huang, Y., Xu, B. (2006) Automatic inspection of pavement cracking distress, *Journal of Electronic Imaging*, 15, 1, 13017.
- Indonesian Ministry of Road (2016) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga, Modul Integrated Road Management Systems (IRMS), Panduan Survai Data Titik Referensi dan Penomoran Ruas Jalan, No SMD-01/DRP, 2016.
- Juang, CH., dan Amirkhanian. (1992) Unified pavement distress index for managing flexible pavements, *Journal of Transportation Engineering*, 118, 5, 686-699.
- Li, Q.Q., dan Liu, X. (2008) A model for segmentation and distress statistic of massive pavement images based on multi-scale strategies, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, 37.
- Mubaraki, M.(2016) Highway subsurface assessment using pavement surface distress and roughness data, *International Journal of Pavement Research and Technology*, 9, 5, 393-402.
- Park K., Thomas, N.E., Lee, K.W. (2007) Applicability of the international roughness index as a predictor of asphalt pavement condition, *Journal of Transportation Engineering*, 133, 12, 706-709.
- Rahardjo, H.A., dan Suparman. (2017) The effectiveness of IRI compared to SDI system for assessing the quality and performance of materials used in flexible pavement in Java, Indonesia, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 241, 1.
- Sinurat, D. (2014) Studi perbandingan penentuan nilai ketidakrataan jalan berdasarkan pengamatan visual dan alat Parvid, *Jurnal Teknik Sipil USU*, 3, 1.7 hal.
- Suryoto, dan Setyawan, A. (2017). The evaluation of functional performance of national roadway using three types of pavement assesments methods, *Procedia Engineering*, 171, 1435-1442.
- Zhou, J., Peisen S, Huang, Fu-Pen Chiang (2006) Wavelet-based pavement distress detection and evaluation, *Optical Engineering Journal*, 45, 2.

Identifikasi Jenis Daging Konsumsi Berbasis Pengolahan Citra Menggunakan Metode Persentase RGB

Afri Yudamson¹, FX. Arinto Setyawan², Sri Ratna Sulistiyanti³, Titin Yulianti⁴

^{1, 2, 3, 4} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: afri.yudamson@eng.unila.ac.id

Abstrak. Perbedaan nilai ekonomis yang cukup besar untuk beberapa jenis daging konsumsi menjadi penyebab utama terjadinya kecurangan pada tata niaga komoditas tersebut. Masyarakat umumnya tidak dapat membedakan jenis daging jika dilihat dengan kasat mata. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi beberapa jenis daging konsumsi yaitu daging kambing, daging anjing, daging babi, dan daging celang menggunakan pengolahan citra. Citra sampel diperoleh menggunakan kamera android. Pre-processing yang dilakukan berupa segmentasi, cropping, dan resizing citra. Dasar identifikasi didapatkan dengan menentukan batas ambang nilai persentase RGB. Hasil penelitian adalah nilai %R dari 50,78% sampai 53,87% dapat menjadi ciri untuk identifikasi daging anjing, %G dari 29,11% sampai 31,43% dapat menjadi ciri untuk identifikasi daging babi dan daging celeng, dan %B dari 25,33% sampai 28,22% dapat menjadi ciri untuk identifikasi daging kambing. Sebagai tambahan, %B dapat menjadi pembeda antara daging babi dengan daging celeng.

Kata kunci: nilai ekonomis daging, identifikasi daging, pengolahan citra, persentase RGB

1. Pendahuluan

Daging merupakan komoditas dengan nilai ekonomis yang cukup tinggi. Hal ini menyebabkan terjadinya kecurangan pada proses jual beli daging konsumsi. Kecurangan itu dilakukan dengan cara mencampur beberapa jenis daging konsumsi yang berbeda dan diklaim sebagai daging dengan nilai ekonomis yang paling tinggi. Kesenjangan nilai ekonomis yang cukup besar merupakan alasan utama kecurangan tersebut (Riasari dan Julia Rosmaya, 2014).

Beberapa jenis daging, secara kasat mata terlihat seolah merupakan jenis daging yang sama. Secara umum, daging berwarna merah. Namun, jika ditelaah menggunakan pengolahan citra maka akan menghasilkan nilai yang berbeda untuk setiap jenis daging. Artikel ini memaparkan hasil penelitian yang bertujuan mengidentifikasi beberapa jenis daging konsumsi dengan proses pengolahan citra menggunakan metode persentase RGB.

Beberapa penelitian terdahulu telah banyak dilakukan. Kiswanto (2012) telah dapat mengidentifikasi citra daging sapi menggunakan transformasi wavelet haar. Selanjutnya, Julia Rosmaya Riasari (2014) telah meneliti tentang perbedaan karakteristik daging sapi dengan daging babi. Elvia Budianita (2015) telah meneliti tentang implementasi pengolahan citra dan klasifikasi K-Nearest Neighbour untuk membangun aplikasi pembeda daging sapi dan babi. Dedy Yuristiawan (2015) telah melakukan penelitian tentang aplikasi pendeteksi tingkat kesegaran daging sapi lokal menggunakan ekstraksi fitur warna dengan pendekatan statistika.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

2.1. Akuisisi Data Citra

Akuisisi data dimulai dari pengirisan daging. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan tata letak daging seluruh peralatan yang digunakan pada pengambilan data citra. Penentuan ini dilakukan agar data citra yang diambil memenuhi standar sehingga dapat memudahkan dalam pengolahan citra lebih lanjut. Daging yang digunakan pada penelitian ini adalah daging kambing, daging anjing, daging babi, dan daging celeng.

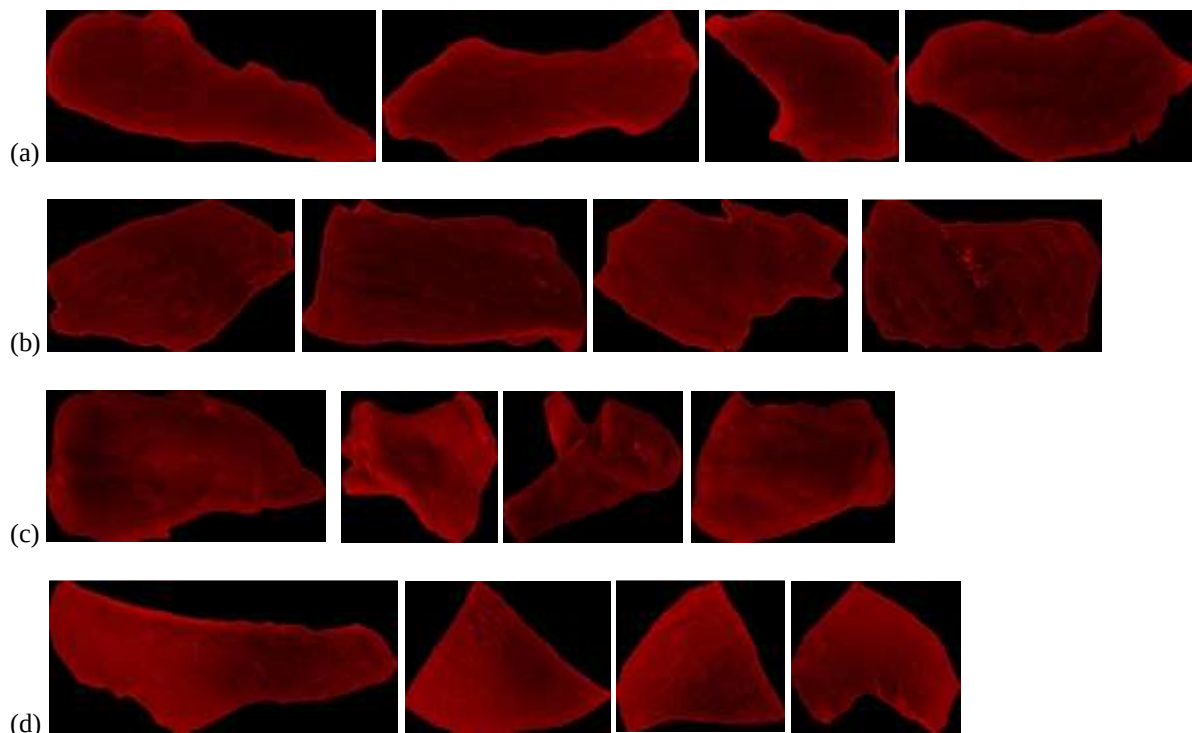
2.2. Image Pre-processing

Proses ini terdiri dari segmentation, cropping, dan resizing. Segmentation dimaksudkan agar background tercuplik yang bukan merupakan citra daging dapat dibedakan dan dihilangkan dan kemudian dapat menjadi acuan untuk proses cropping. Cropping dimaksudkan agar citra yang diolah hanya berupa citra daging sehingga tidak ada data kosong/background. Resizing dilakukan agar memori yang digunakan dalam pengolahan citra dapat mencapai nilai optimal.

2.3. Image identification

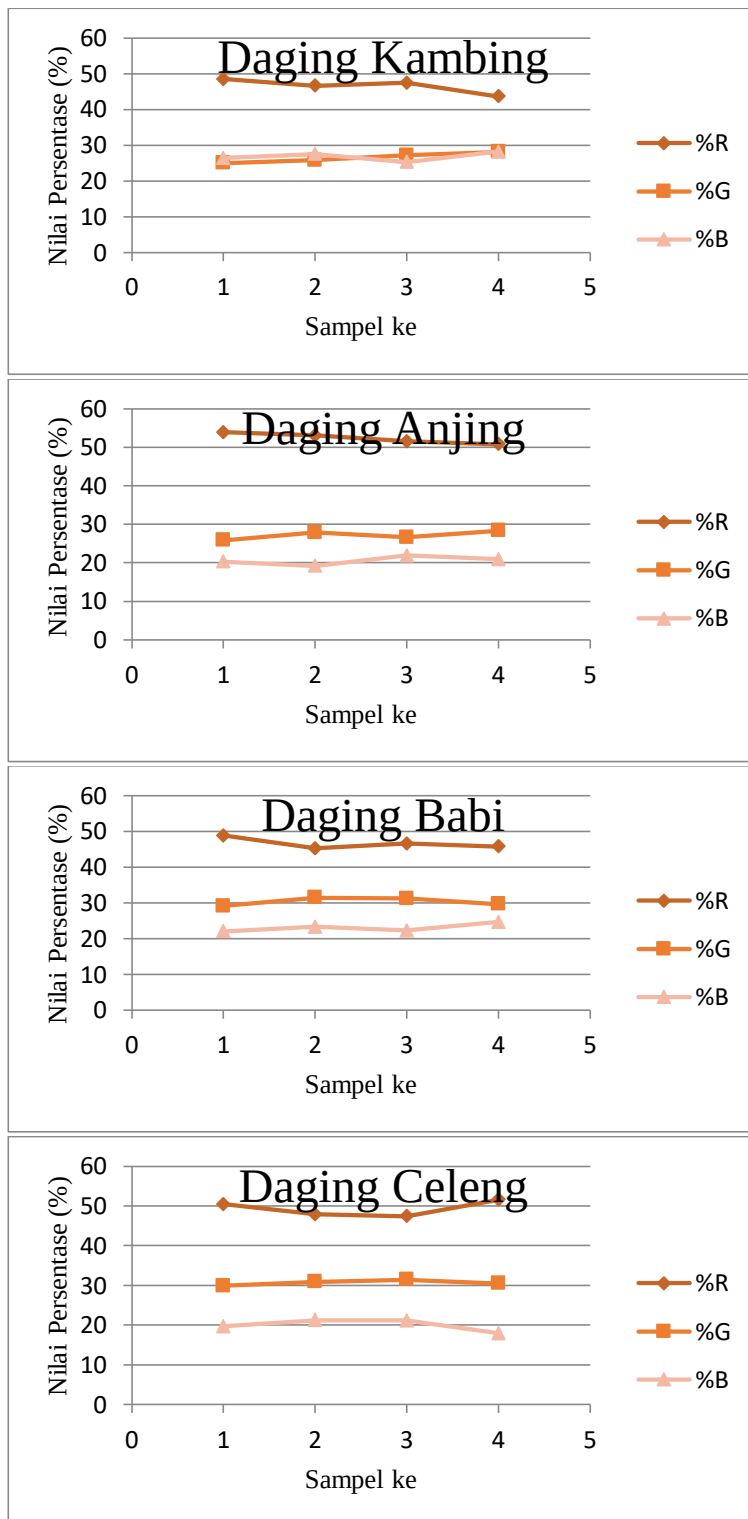
Proses ini dilakukan untuk menentukan variable apa saja yang mempengaruhi jenis daging dari segi warna. Variable yang dapat diasumsikan tidak berpengaruh pada jenis daging akan dieliminasi. Selanjutnya masing-masing variable yang terpilih akan dianalisis untuk penentuan threshold sebagai penanda pengklasifikasi citra. Variable yang menjadi pilihan dalam penelitian ini berdasarkan persentase dari masing-masing matriks Red(R), Green(G), dan Blue(B). Dari variable-variabel tersebut kemudian ditentukan batas ambang untuk mengidentifikasi jenis daging yang berbeda.

3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 1. Citra Daging setelah *pre-processing*: (a) Daging Kambing, (b) Daging Anjing, (c) Daging Babi, (d) Daging Celeng

Gambar 1 merupakan hasil citra beberapa jenis daging setelah melalui *pre-processing*. Citra dari masing-masing sampel diambil menggunakan kamera android. Bagian berwarna hitam pada citra menunjukkan keberadaan *background* yang nilai intensitasnya diabaikan. Setelah melalui *pre-processing*, masing-masing citra diekstrak ke dalam bentuk persentase RGB sebagaimana Gambar 2 dan Tabel 1.



Gambar 2. Grafik Ekstraksi Citra ke Persentase RGB

Setelah didapatkan hasil ekstraksi citra ke dalam persentase RGB, data citra kemudian ditentukan nilai maksimal dan minimal untuk masing-masing jenis daging. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai batas ambang sebagai dasar pengidentifikasi masing-masing jenis daging. Tabel 1 menunjukkan hasil rekapitulasi nilai persentase RGB masing-masing jenis daging.

Tabel 1. Rekapitulasi nilai Maksimal dan Minimal Ekstraksi Citra ke persentase RGB

Jenis Daging	Nilai	%R	%G	%B
Daging Kambing	Minimal	43,65	25,04	25,33
	Maksimal	48,48	28,12	28,21
Daging Anjing	Minimal	50,78	25,80	19,15
	Maksimal	53,87	28,28	21,89
Daging Babi	Minimal	45,21	29,11	22,08
	Maksimal	48,79	31,42	24,64
Daging Celeng	Minimal	47,40	29,85	17,90
	Maksimal	51,59	31,43	21,21

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa %R tertinggi terjadi pada citra daging anjing yaitu pada rentang 50,78% sampai 53,87%. Nilai %R untuk daging anjing untuk keseluruhan sampel tidak beririsan dengan nilai pada sampel daging lainnya. Dari hasil ini, batas ambang %R tersebut dapat dijadikan ciri untuk identifikasi daging anjing. Di lain hal, %G tertinggi terjadi pada citra daging babi dan daging celeng. Pada citra daging babi, %G terjadi pada rentang 29,11% sampai 31,42% sedangkan pada citra daging celeng %G terjadi pada rentang 29,85% sampai 31,43%. Nilai %G daging babi dan celeng dari keseluruhan sampel tidak beririsan dengan %G jenis daging lain. Berdasarkan kondisi ini, %G pada masing-masing rentang nilai tersebut dapat dijadikan ciri untuk mengidentifikasi daging babi dan celeng. Dalam hal %G, daging babi dan celeng memiliki kemiripan karena beririsan cukup besar. Namun, jika ditinjau dari nilai %B, citra daging babi dan celeng memiliki nilai yang saling lepas yaitu %B daging babi terjadi pada rentang 22,08% sampai 24,64% sedangkan %B daging celeng terjadi pada rentang 17,9% sampai 21,21%. Kemudian citra daging kambing memiliki nilai %B tertinggi yaitu pada rentang 25,33% sampai 28,22%. Nilai %B daging kambing tidak beririsan dengan nilai %B pada sampel jenis daging lain. Rentang %B tersebut dapat menjadi ciri untuk mengidentifikasi daging kambing.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini antara lain:

1. Batas ambang %R yaitu pada rentang 50,78% sampai 53,87% dapat menjadi ciri untuk mengidentifikasi daging anjing.
2. Batas ambang %G yaitu pada rentang 29,11% sampai 31,43% dapat menjadi ciri untuk mengidentifikasi daging babi dan celeng. Sedangkan untuk membedakan daging babi dengan daging celeng dapat dilihat dari %B.
3. Batas ambang %B yaitu pada rentang 25,33% sampai 28,22% dapat menjadi ciri untuk mengidentifikasi daging kambing.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan melalui Hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2019 dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan No: 2615/UN26.21/PN/2019 tanggal 4 Juli 2019.

Daftar Pustaka

- Budianita, Elvia, dkk, 2015. Implementasi Pengolahan Citra dan Klasifikasi K-Nearest Neighbour Untuk Membangun Aplikasi Pembeda Daging Sapi dan Babi. Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, Vol. 12, No. 2, Juni 2015, pp.242 - 247 ISSN 1693-2390 print/ISSN 2407-0939 online.
- Kiswanto, 2012. Identifikasi Citra untuk Mengidentifikasi Jenis Daging Sapi dengan Menggunakan Transformasi Wavelet Haar.Tesis Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro Semarang.
- Riasari, Julia Rosmaya, 2014. Perbedaan Karakteristik Daging Sapi dan Daging Babi. Institut Pertanian Bogor.
- Yuristiawan, Dedy, 2015. Aplikasi Pendeteksi Tingkat Kesegaran Daging Sapi Lokal Menggunakan Ekstraksi Fitur Warna dengan Pendekatan Statistika. Riptek Vol. 9, No. 1, Tahun 2015, Hal. 9 – 16.

Uji validasi instrumen akselerometer ADXL345 untuk pengukuran kerentanan gempa dengan metode HVSR

I Gede Boy Darmawan^{1,*}, Rahmi Mulyasari¹, Ahmad Amirudin¹, Dersan Surya Efendi¹ dan Suharno¹

¹Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: igedeboy@staff.unila.ac.id

Abstrak. Kemampuan sensor ADXL345 untuk merekam getaran dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan instrumen akselerometer yang ringkas dan efisien. Dengan mengkombinasikan sensor ADXL345 dan Arduino Mega sebagai pengendali mikro, prototipe awal dari instrumen akselerometer berhasil dirancang. Untuk menguji tingkat validitas prototipe ini, penelitian ini menggunakan metode autokorelasi dan perbandingan hasil pengukuran frekuensi dominan (HVSR) terhadap instrumen pabrikan yaitu SMHR-Accelerograph REFTEK. Hasil pengukuran pada 30 titik di lingkungan Unila menunjukkan adanya hubungan autokorelasi positif dengan nilai koefisien korelasi 0,62 (62%). Hasil pemetaan kerentanan tanah juga menunjukkan pola sebaran yang sama, meskipun dengan catatan adanya perbedaan di beberapa area. Sehingga diperoleh klasifikasi jenis tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan di lingkungan Unila adalah jenis IV yang didominasi oleh batuan sedimen yang cukup tebal.

Kata kunci: Akselerometer, ADXL345, mikrotremor, HVSR, Kerentanan gempa

1. Pendahuluan

Instrumen pengukuran percepatan tanah yang umumnya digunakan salah satunya adalah akselerometer (Darmawan dkk., 2017). Instrumen ini menggunakan sistem mekanik yaitu sebuah massa yang digantungkan pada pegas. Namun perkembangan teknologi saat ini telah menghasilkan jenis sensor akselerometer yang berbasis *Micro-Electrical Mechanical System-based* atau MEMS. Pemanfaatan sensor ini umumnya digunakan sebagai instrumen dalam pengembangan robot (Dorado-Vicente dkk., 2013; Ferdinando dkk., 2013) dan telepon pintar, namun saat ini telah banyak dikembangkan juga untuk dunia medis (Ismail dkk., 2015) dan komputer interaktif (Malik dan Mazhar, 2019). Namun pemanfaatan sensor MEMS untuk pengukuran kerentanan tanah dengan mengukur getaran seismik pasif masih belum banyak dilakukan. Pemanfaatan sensor ini memerlukan proses kalibrasi data untuk menghasilkan nilai percepatan tanah (Draganová dkk., 2014; Nurraidha dkk., 2018). Selain itu, hasil pengukuran akselerometer dapat juga digunakan untuk melakukan pemodelan struktur geologi, faktor amplifikasi gempa bumi dan tomografi (Green dkk., 2017; Kawase dkk., 2018; Khalili & Mirzakurdeh, 2019).

Kajian mengenai pemanfaatan gempamikro ataupun mikrotremor telah digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan kerusakan yang ditimbulkan oleh kejadian gempa bumi. Hal ini disebabkan oleh kerumitan dari struktur geologi di bawah permukaan yang seringkali tidak nampak di permukaan sehingga dapat menimbulkan kesalahan pada perencanaan wilayah (Khalili dan Mirzakurdeh, 2019). Kajian ini sangat baik untuk menghitung tingkat resiko yang dapat ditimbulkan oleh aktivitas gempa terhadap kondisi geologi di suatu wilayah (Nakamura, 2008). Oleh karena itu, pengukuran mikrotremor sebagai pendekatan untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat dilakukan (Kawase dkk., 2018). Pengukuran untuk mendapatkan nilai frekuensi fundamental dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) yang memerlukan sebuah instrumen akselerometer saat akuisisi data.

Saat ini harga sewa maupun harga beli dari sebuah instrumen akselerometer masih cukup tinggi sehingga menjadi salah satu rintangan dalam pengukuran kerentanan gempa bumi. Kondisi ini mendorong

penelitian ini untuk mencari solusi alternatif yang dapat dilakukan untuk menghasilkan sebuah inovasi pemanfaatan sensor MEMS akselerometer khususnya ADXL345. Penelitian ini mencoba untuk merakayasa sebuah sistem instrumentasi lengkap untuk akuisisi data mikrotremor menggunakan ADXL345 sebagai alternatif sistem akselerometer paten/ kualitas pabrikan. Hasil rekayasa ini menghasilkan sebuah prototipe awal dari instrumen akselerometer yang akan diuji validasi dengan metode perbandingan hasil pengukuran di lapangan. Hasil pengukuran yang akan divalidasi adalah kemampuan sistem instrumentasi akselerometer ADXL345 dalam merekam dan mengukur frekuensi dominan (f_0) dan kerentanan tanah. Akselerometer pabrikan yang digunakan sebagai pembanding dalam uji validasi pada penelitian ini adalah *Strong Motion High Resolution / SMHR-Accelerograph* REFTEK.

2. Metodologi

Proses perancangan dan realisasi instrumen akselerometer dilakukan dengan menggunakan sensor akselerometer ADXL345 yang dihubungkan dengan *microcontroller* Arduino Mega dengan beberapa modul tambahan seperti *SD card*, *Real Time Clock (RTC)* dan *LCD Display*. Setiap modul dihubungkan dengan kombinasi koneksi digital tipe *Inter-integrated Circuit (I²C) Protocol* dan *Serial Peripheral Interface (SPI)*. Untuk meningkatkan kemampuan *sampling* dan *storage data*, sistem perekaman data menggunakan blok data biner yang kemudian ditransformasikan ke data desimal setelah proses akuisisi data selesai dilakukan. Teknik ini terbukti mampu meningkatkan akurasi dan jumlah *sampling data* sampai 1000 SPS tanpa adanya *lost data*. Setiap tahapan dalam proses akuisisi juga dapat dipantau dan ditampilkan pada *LCD display* sehingga dapat diamati progres aktivitas akselerometer.

Seluruh modul dan sensor diletakkan pada sebuah kotak casing (**Gambar 1**) yang dilengkapi dengan *bubble level* sebagai *waterpass* dan *baut level* yang digunakan untuk kegiatan *leveling* sebelum akuisisi data dimulai. Khusus untuk posisi sensor ADXL345 diletakkan padaudukan/*platform* yang akan memaksimalkan perekaman getaran mikrotremor. Posisi horizontal sensor ADXL345 juga dikalibrasi agar sesuai dengan posisi *bubble level*. Untuk *power supply* telah disediakan dua saluran yaitu dengan baterai 9V yang dapat langsung diletakkan di dalam instrumen atau menggunakan *USB port* dengan sumber daya dari *Power Bank* eksternal maupun PC/Laptop. Seluruh sistem ini juga dilengkapi dengan satu *power switch*, *switch* lampu LCD dan tombol navigasi saat pemilihan menu dalam akuisisi data.



(a)

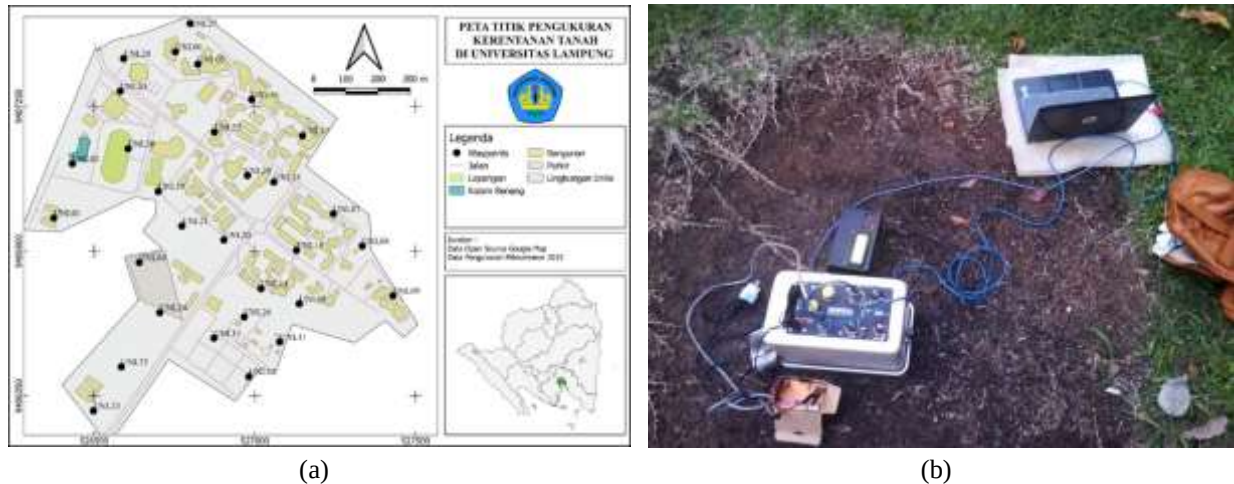


(b)

Gambar 1. Prototipe awal instrumen akselerometer dengan sensor ADXL345 yang telah dirancang dan siap untuk diuji validasi di lapangan (a). Akselerometer paten buatan pabrik SMHR-Accelerograph REFTEK (b).

Akuisisi data di lapangan dilakukan dengan menggunakan dua instrumen yaitu prototipe instrumen akselerometer ADXL345 dan SMHR-Accelerograph REFTEK. Pengukuran dilakukan di lingkungan

Universitas Lampung sebanyak 30 titik akuisisi dengan menggunakan kedua instrumen akselerometer secara bersamaan di tiap lokasi. Waktu mulai dan akhir akuisisi juga disamakan agar memudahkan dalam proses validasi. Waktu pengukuran untuk tiap titik akuisisi rata-rata 30 menit dan *sampling rate* 500 SPS untuk kedua instrumen akselerometer. Sebaran titik akuisisi ditunjukkan oleh **Gambar 2** berikut ini. Untuk



Gambar 2. Peta lokasi titik pengukuran kerentanan tanah (a) dengan menggunakan instrumen SMHR-Accelerograph REFTEK dan prototipe akselerometer ADXL345 (b) di lingkungan Unila.

mendapatkan nilai frekuensi dominan dari data pengukuran kedua akselerometer dilakukan dengan metode HVSR. Pengolahan data HVSR dilakukan menggunakan perangkat lunak **Geopsy** dengan parameter *windowing* yang sama diperlakukan bagi kedua data. Frekuensi dominan ini mencirikan karakteristik serta jenis batuan di bawah permukaan tanah (Sungkono dkk., 2011). Nilai frekuensi dominan ini dapat diperoleh dengan berdasarkan persamaan berikut ini (Arifin et al, 2018).

$$T_0 = \frac{1}{f_0} \quad (1)$$

Dengan nilai T_0 sebagai periode dominan dan f_0 adalah nilai frekuensi dominan. Namun nilai frekuensi dominan ini juga dapat diperoleh dengan plot kurva amplitudo maksimum HVSR sebagaimana yang diperoleh dari persamaan berikut ini (Nakamura, 2008).

$$A_m = \frac{A_{hs}}{A_{vs}} \quad (2)$$

Dimana A_m adalah amplitudo maksimum dari kurva HVSR yang diperoleh dari rasio antara A_{hs} sebagai amplitudo getaran horizontal dengan A_{vs} sebagai getaran vertikal dari gelombang permukaan.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data pengukuran dan tahapan pengolahan data yang telah dilakukan, diperoleh sebaran nilai frekuensi dominan f_0 yang cukup bervariasi. Nilai yang diperoleh ini juga telah melewati proses uji reliabilitas dengan 2 parameter yang harus dipenuhi yaitu:

$$f_0 > \frac{10}{lw} \quad (3)$$

$$nc(f_0) > 200 \quad (4)$$

$$nc = lw \cdot nw \cdot f_0 \quad (5)$$

dengan lw adalah lebar *window* dan nw adalah jumlah *window* (Bard dkk., 2008). Dari persamaan ini maka diperoleh hasil frekuensi dominan f_0 yang telah diuji reliabilitasnya dari kedua instrumen akselerometer dan disajikan dalam **Tabel 1**.

3.1 Uji Validasi

Uji validasi instrumen akselerometer ADXL345 dilakukan dengan melakukan perbandingan dan uji korelasi kurva HVSR terhadap nilai frekuensi dominan antara akselerometer ADXL345 dengan REFTEK. Berikut adalah data hasil pengolahan HVSR dari kedua akselerometer disajikan pada **Tabel 1**. Hasil peng-

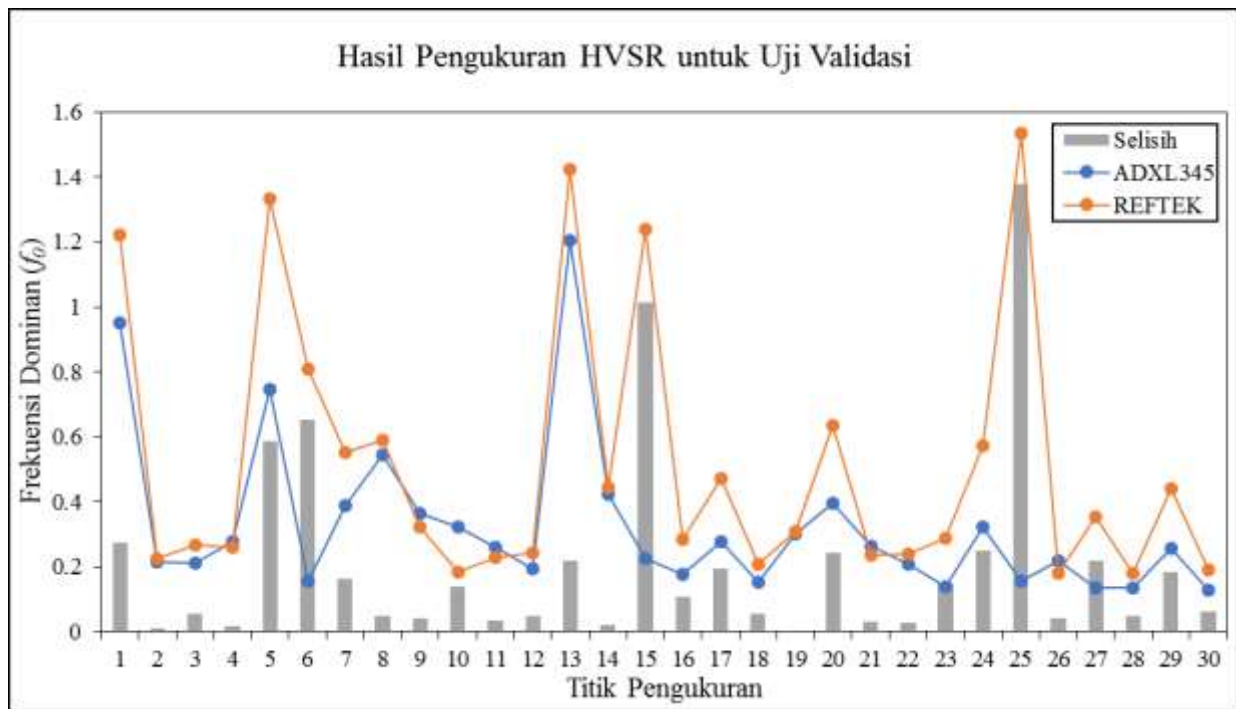
Tabel 1. Data nilai frekuensi dominan f_0 dan reliabilitas hasil pengukuran dan HVSR instrumen akselerometer di lingkungan Unila.

Titik	Lebar Window (lw)	Jumlah Window (nw)	f_0 Minimum	f_0 Instrumen ADXL345	f_0 Instrumen REFTEK	nc Instrumen ADXL345	nc Instrumen REFTEK
1	39	32	0.2564	0.95113	1.22416	1187.015	1527.752
2	46	30	0.2174	0.21596	0.22556	298.030	311.273
3	53	25	0.1887	0.21070	0.26724	279.171	354.096
4	45	29	0.2222	0.27935	0.26100	364.553	340.605
5	25	33	0.4000	0.74528	1.33257	614.859	1099.370
6	25	35	0.4000	0.15508	0.80806	135.693	707.055
7	25	31	0.4000	0.38964	0.55191	301.972	427.730
8	25	48	0.4000	0.54393	0.59202	652.710	710.419
9	32	42	0.3125	0.36512	0.32366	490.717	435.000
10	57	22	0.1754	0.32293	0.18462	404.957	231.518
11	46	25	0.2174	0.26191	0.22812	301.197	262.341
12	41	28	0.2439	0.19416	0.24418	222.899	280.319
13	25	36	0.4000	1.20540	1.42355	1084.860	1281.195
14	25	64	0.4000	0.42300	0.44373	676.795	709.963
15	35	50	0.2857	0.22712	1.24151	397.451	2172.643
16	40	20	0.2500	0.17724	0.28317	141.790	226.532
17	25	35	0.4000	0.27627	0.47184	137.166	1343.536
18	25	34	0.4000	0.15235	0.20892	275.506	487.280
19	35	25	0.2857	0.30372	0.30735	120.785	252.762
20	49	29	0.2041	0.39541	0.63722	298.336	338.198
21	45	35	0.2222	0.26511	0.23557	417.551	371.029
22	25	53	0.4000	0.20995	0.23800	523.924	844.315
23	48	29	0.2083	0.13804	0.28887	422.782	427.831
24	52	20	0.1923	0.32413	0.57327	158.441	217.280
25	25	48	0.4000	0.15676	1.53547	331.529	566.208
26	58	21	0.1724	0.21940	0.17882	267.226	217.804
27	36	39	0.2778	0.13640	0.35573	191.499	499.439
28	60	19	0.1667	0.13379	0.18169	152.522	207.127
29	36	30	0.2778	0.25564	0.44058	276.092	475.822
30	55	19	0.1818	0.12949	0.19235	135.317	201.008

Catatan: **Lebar Window** (lw) dalam satuan detik.

-olahan data pengukuran dengan teknik HVSR pada **Tabel 1** menghasilkan sebaran nilai frekuensi dominan (f_0) dari instrumen akselerometer ADXL345 dan REFTEK, namun tidak semua data (f_0) memenuhi syarat reliabilitas. Dengan menggunakan instrumen REFTEK sebagai nilai referensi hasil yang memenuhi syarat reliabilitas, maka beberapa titik pengukuran oleh instrumen ADXL345 tidak dapat memenuhi syarat tersebut. Titik tersebut adalah titik pengukuran yang nilai nc tidak mencapai nilai 200, yaitu titik 16, 17, 19, 24, 27, 28 dan 30. Kondisi ini menjadi catatan dalam validasi instrumen akselerometer apakah disebabkan oleh proses akuisi atau memang adanya kelemahan sensor dalam proses akuisi data seismik. Seluruh proses *windowing* dan filter yang digunakan saat pengolahan data HVSR diberlakukan sama untuk kedua instrumen. *Window* yang dipilih adalah data yang bebas dari *event* gempa atau lebih dikenal sebagai *ambient noise*. Proses pemilihan *window* yang harus memperhatikan reliabilitas ini menyebabkan *trial and error* cukup menyita waktu dalam pengolahan HVSR.

Untuk menguji validasi nilai frekuensi dominan dari instrumen akselerometer ADXL345 dilakukan dengan melihat korelasi antara nilai yang dihasilkan oleh akselerometer REFTEK dengan ADXL345. Nilai frekuensi dominan dari masing-masing akselerometer disajikan dalam grafik pada **Gambar 3**. Hasil pengukuran dan pengolahan data HVSR kedua akselerometer secara umum nampak cukup berdekatan. Namun di beberapa titik pengukuran seperti titik 15 dan 25 menunjukkan selisih nilai f_0 yang cukup berbeda, bahkan berselisih lebih dari 1 Hz. Hal ini menjadi catatan yang harus diperhatikan apakah hal ini berkaitan dengan kelemahan sensor saja atau dapat dipengaruhi oleh faktor akuisisi data di lapangan. Selain



Gambar 3. Kurva perbandingan hasil pengukuran nilai frekuensi dominan (f_0) antara instrumen akselerometer ADXL345 dan REFTEK. Garis oranye menunjukkan nilai f_0 REFTEK sedangkan garis biru adalah nilai f_0 ADXL345, sementara histogram abu-abu merupakan selisih nilai f_0 antara akselerometer ADXL345 dengan REFTEK.

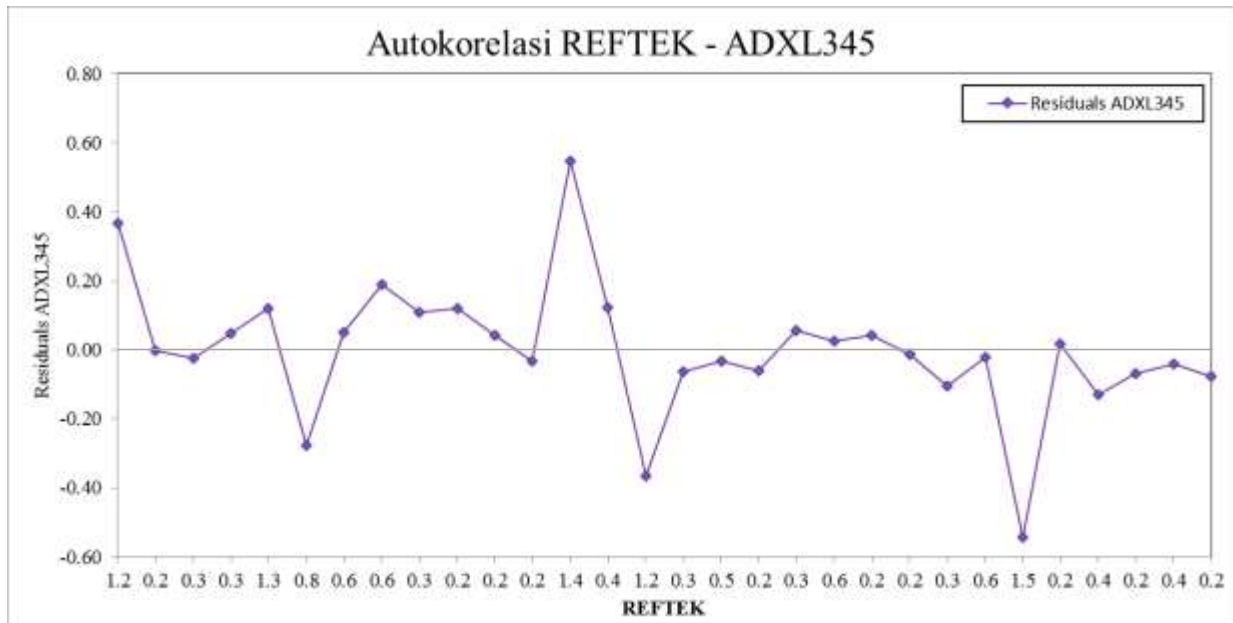
dua titik yang memiliki selisih lebih dari 1 Hz tersebut, terdapat tiga lokasi pengukuran yang memiliki selisih lebih dari 0.2 Hz yaitu pada titik 1, 5 dan 6. Namun selain dari anomali pada 5 titik tersebut, secara umum kurva nilai dari kedua akselerometer tersebut cukup berkorelasi. Untuk menghitung berapa nilai korelasi antara hasil pengukuran frekuensi alamiah kedua akselerometer tersebut, maka dilakukan perhitungan statistik sebagaimana disajikan dalam **Tabel 2** berikut ini.

Tabel 2. Perhitungan statistik untuk nilai korelasi antara hasil pengukuran akselerometer ADXL345 dan REFTEK di lingkungan Unila.

Regression Statistics	
Multiple R	0.62
R Square	0.38
Adjusted R Square	0.36
Standard Error	0.20
Observations	30

Hasil perhitungan korelasi dari kedua akselerometer antara ADXL345 dan REFTEK menunjukkan nilai koefisien korelasi 0.62 atau sekitar 62%. Hal ini menunjukkan adanya hubungan nilai pengukuran yang

cukup baik dari kedua instrumen akselerometer. Kondisi ini juga menunjukkan instrumen baru akselerometer yang menggunakan sensor ADXL345 cukup mampu digunakan untuk mengakuisisi data mikrotremor setidaknya sekitar 60% sama dengan hasil pengukuran instrumen pabrikan seperti SMHR-Accelerograph REFTEK. Untuk menguji apakah terdapat korelasi antar pengamatan cross-section dari kedua akselerometer, maka dilakukan deteksi autokorelasi dengan metode grafik sebagaimana ditunjukkan oleh **Gambar 4** berikut ini.



Gambar 4. Kurva autokorelasi antara data pengukuran frekuensi dominan akselerometer ADXL345 terhadap akselerometer REFTEK dengan metode grafik.

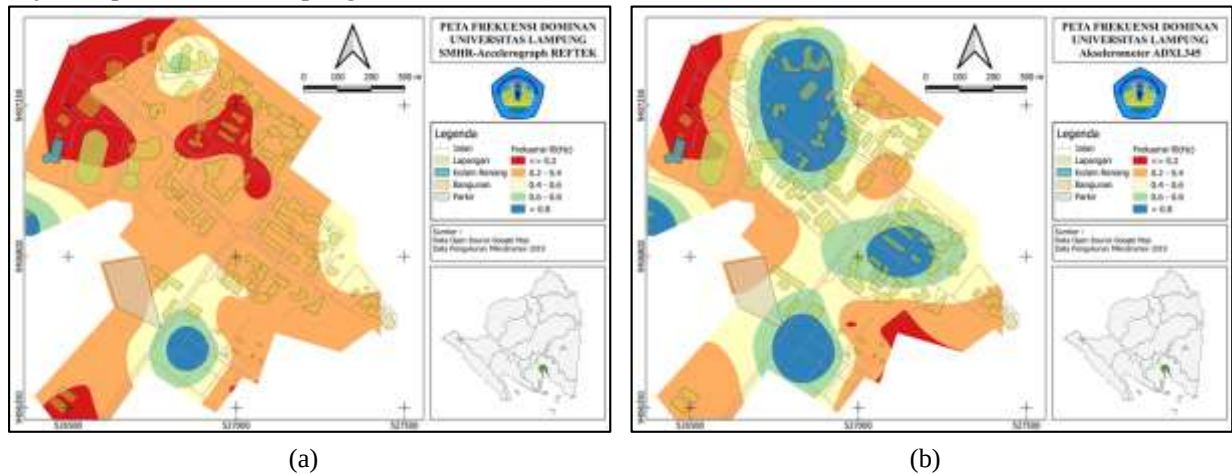
Untuk mendapatkan kurva autokorelasi pada Gambar 4, variabel bebas yang digunakan adalah nilai frekuensi dominan akselerometer REFTEK, sehingga nilai frekuensi dominan dari akselerometer ADXL345 menjadi variabel terikat terhadap variabel bebas. Hasilnya menunjukkan adanya pola siklus peningkatan dan penurunan nilai seiring dengan perubahan nilai frekuensi dominan akselerometer REFTEK. Pola ini juga terlihat cukup sistematis sehingga dapat diinterpretasikan adanya autokorelasi dari kedua hasil pengukuran tersebut. Menurut Junaidi (2016) pola yang dihasilkan seperti pada **Gambar 4** hasil pengukuran kedua akselerometer ini dapat dikategorikan sebagai autokorelasi positif.

3.2 Peta Kerentanan Tanah

Hasil validasi data frekuensi dominan kedua akselerometer dapat digunakan untuk membuat peta sebaran frekuensi alamiah atau peta kerentanan tanah di lingkungan Universitas Lampung. Peta ini merupakan peta sebaran nilai frekuensi dominan yang dikelompokkan berdasarkan rentang nilainya menjadi empat jenis (Kanai, 1983). Berdasarkan klasifikasi tersebut, seluruh area di lingkungan Universitas Lampung merupakan tanah jenis IV. Tanah jenis ini merupakan tanah dengan nilai frekuensi dominan <2,5 Hz. Tanah ini didominasi oleh batuan *alluvial/top soil* ataupun sedimen yang cukup tebal bahkan mencapai 30 meter atau lebih. Keadaan ini diinterpretasikan sebagai area yang cukup rentan terhadap gelombang gempa bumi terutama gelombang permukaan. Karena gelombang permukaan yang melewati tanah jenis ini akan mudah mengalami amplifikasi sehingga guncangan yang dihasilkan menjadi signifikan dan berdampak pada bangunan yang ada di atasnya.

Sebaran nilai frekuensi dominan di lingkungan Universitas Lampung ditampilkan pada **Gambar 5**. Sebaran nilai frekuensi dari kedua instrumen berbeda di bagian utara dan tengah lokasi penelitian, tepatnya di area Fakultas Teknik, Rektorat sampai Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Pada akselerometer

ADXL345 menunjukkan daerah ini memiliki rentang nilai frekuensi dominan antara 0,6 – 0,8 Hz atau bahkan lebih. Namun pada akselerometer REFTEK justru menghasilkan frekuensi <0,2 Hz di sekitaran Fakultas Teknik dan Fakultas Ekonomi. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji penyebab perbedaan hasil pengukuran dari kedua instrumen akselerometer ini.



Gambar 5. Peta kerentanan tanah berdasarkan sebaran nilai frekuensi dominan hasil pengukuran instrumen akselerometer ADXL345 (a) dan REFTEK (b) di lingkungan Unila.

Meskipun terdapat perbedaan hasil pengukuran di beberapa area dari penelitian ini, namun secara umum dapat diamati bahwa pola kerentanan tanah dari sebaran nilai frekuensi dominan di lingkungan Unila relatif sama. Keadaan ini juga sejalan dengan nilai korelasi pengukuran kedua instrumen yang hanya mencapai 62% saja. Sehingga perbedaan yang muncul di beberapa area menjadi hal yang dapat diperkirakan. Sebagai acuan peta mana yang dapat digunakan, maka akselerometer REFTEK lebih dapat dipercaya karena telah melalui tahap uji validasi dan kalibrasi oleh perusahaan/pabrik. Namun akselerometer ADXL345 masih terbuka peluang untuk dapat dimaksimalkan dalam proses pengembangan selanjutnya mengingat saat ini masih dalam tahap prototipe awal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji validasi dari pengukuran mikrotremor dan pengolahan data HVSR di lingkungan Universitas Lampung menunjukkan bahwa prototipe awal instrumen akselerometer berbasis sensor ADXL345 masih perlu diperbaiki dan dikembangkan. Hasil pengukuran yang hanya mendapatkan 62% nilai korelasi dengan akselerometer REFTEK dari 30 titik pengukuran masih perlu untuk ditingkatkan. Hasil uji validasi dengan metode autokorelasi berhasil menunjukkan adanya hubungan autokorelasi positif antara instrumen akselerometer ADXL345 dengan REFTEK. Berdasarkan peta sebaran frekuensi dominan di lingkungan Universitas Lampung, instrumen akselerometer ADXL345 berhasil mendeteksi pola kerentanan tanah yang sama dengan akselerometer REFTEK, dengan catatan di beberapa area memiliki nilai yang berbeda. Hasil pemetaan kerentanan tanah juga menunjukkan bahwa lingkungan Universitas Lampung berada pada zona yang rentan terhadap gelombang gempa bumi karena berada pada jenis tanah IV. Jenis tanah ini merupakan tanah yang didominasi oleh sedimen lunak dan biasanya cukup tebal. Tanah tipe ini juga rentan terhadap amplifikasi dari gelombang permukaan, sehingga berpotensi menyebabkan kerusakan yang parah terhadap bangunan di atasnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada LPPM Universitas Lampung atas dukungan dana Hibah Penelitian Dosen Pemula dengan nomor kontrak 2626/UN26.21/PN/2019.

Daftar Pustaka

- Arifin et al. (2018). Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Amplifikasi HVSR Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*.
- Bard, P.-Y., Anastasiadis, A., Atakan, K., & Azzara, R. M. (2008). "Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations Measurement, Processing and Interpretation SESAME European research project." *Bulletin of Earthquake Engineering*, (March), 1–63. Diambil dari <http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm%0AParticipating>
- Darmawan, W. F., Suryanita, R., & Djauhari, Z. (2017). Evaluasi Kesehatan Struktur Bangunan berdasarkan Respon Dinamik Berbasis Data Akselerometer. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(2), 142. <https://doi.org/10.14710/mkts.v23i2.16101>
- Dorado-Vicente, R., Romero-Carrillo, P., Lopez-Garcia, R., & Diaz-Garrido, F. A. (2013). Comparing planar pocketing tool paths via acceleration measurement. In *Procedia Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.08.242>
- Draganová, K., Laššák, M., Praslička, D., & Kán, V. (2014). Attitude-independent 3-axis accelerometer calibration based on adaptive neural network. *Procedia Engineering*, 87, 1255–1258. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.412>
- Ferdinando, H., Khoswanto, H., & Purwanto, D. (2013). Performance Evaluation of MMA7260QT and ADXL345 on Self Balancing Robot. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v11i1.876>
- Green, R. G., Priestley, K. F., & White, R. S. (2017). Ambient noise tomography reveals upper crustal structure of Icelandic rifts. *Earth and Planetary Science Letters*, 466, 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.02.039>
- Ismail, S., Harun, M. N., Omar, A. H., Ismail, S., & Omar, A. H. (2015). Functional Electrical Stimulation for Foot Drop Injury Based on the Arm Swing Motion. *Procedia Manufacturing*, 2(2015), 490–494. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.084>
- Junaidi. (2016). Deteksi Autokorelasi dengan Metode Grafik Excel Deteksi Autokorelasi dengan Metode Grafik Excel. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2107.3680>
- Kanai, K. (1983). *Engineering Seismology*. Tokyo: University of Tokyo Press.
- Kawase, H., Nagashima, F., Nakano, K., & Mori, Y. (2018). Direct evaluation of S-wave amplification factors from microtremor H/V ratios: Double empirical corrections to "Nakamura" method. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, (July 2017), 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.01.049>
- Khalili, M., & Mirzakurdeh, A. V. (2019). Fault detection using microtremor data (HVSR-based approach) and electrical resistivity survey. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 11(2), 400–408. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2018.12.003>
- Malik, H., & Mazhar, A. (2019). EyeCom-An Innovative Approach for Computer Interaction. *Procedia Computer Science*, 151(2019), 559–566. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.075>
- Nakamura, Y. (2008). Microsoft Word - 14WCEE YN HV. *World Conference on Earthquake Engineering*, 14, 1–10. Diambil dari papers3://publication/uuid/EE4E1E9C-65BB-434C-833C-276634855820
- Nurraidha, A. C., Maryanto, S., & Santoso, D. R. (2018). Implementation of MEMS Accelerometer for Velocity-based Seismic Sensor. *2018 5th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, (October), 657–662. <https://doi.org/10.1109/EECSI.2018.8752918>
- Sungkono, Warnana, D. D., Triwulan, & Utama, W. (2011). Evaluation of Buildings Strength from Microtremor Analyses. *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, 11(5), 93–99.

Analisa statistik nilai kekasaran permukaan dan profil permukaan Ti 6AL-4V ELI pada pemesinan micro-milling

A. Patihawa¹, G.A. Ibrahim², A. Hamni³, E.A. Supriyadi⁴, E. Saputra⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: armulani.patihawa019@gmail.com

Abstract. *Ti 6AL-4V ELI is applied in industries equipments mainly in biomedic implant. Ti 6AL-4V ELI has well stiffness ratio over weight, corrosion resistance, and biocompatibility. Due to low thermal conductivity, it is necessary to choose the appropriate machining parameters to produce a good surface roughness value. Point of this study was to analyze the value of surface roughness, to determine the effect of parameter and configure mathematic model for surface roughness value. This study used full factorial method with 4 factors, 2 levels and 16 times attempt. Analysis shows the lowest surface roughness value is 0.26 μm and the highest surface roughness value is 0.90 μm . Based on the results of the analysis using Analyze Factorial Design, it's found that a significant parameter is the tool diameter of 0,000. Mathematic model for surface roughness value was $Ra = 0.723 - 0.3050 D + 0.000014 n - 0.18.1 f + 0.001650 t$.*

Kata kunci: Surface roughness, Micro-milling, Ti 6AL-4V ELI, full factorialK

1. Pendahuluan

Kebutuhan implant biomedis di era jaman moderen saat ini sangat meningkat dimana kualitas dan tingkat kenyamanan menjadi salah satu indikator penting terhadap peralatan kesehatan ortopedi. Titanium dan paduannya banyak digunakan untuk material peralatan kesehatan ortopedi. Titanium memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah tahan korosi, ringan dan memiliki ketangguhan yang relatif lebih baik dibandingkan dengan material lain dan memiliki sifat biokompatibel atau kemampuan suatu material untuk dapat di tanamkan dalam tubuh manusia tanpa menimbulkan reaksi negatif sehingga dapat digunakan dalam tubuh manusia (Fariza, 2017). Bagaimanapun juga, pada waktu pemesinan, permukaan paduan titanium yang dimesin mudah mengalami kerusakan karena bahan ini bersifat mampu-mesin yang tidak baik. Kekasaran permukaan merupakan salah satu karakteristik yang menunjukkan kualitas kritis permukaan pada proses pemesinan. Kekasaran permukaan memiliki peranan penting karena dapat mempengaruhi koefisien gesek dari suatu komponen apabila komponen tersebut dipasangkan dengan komponen lainnya (Bai et al., 2018; Ibrahim et al., 2009;). Ibrahim (2014) melakukan penelitian mengenai pemesinan paduan titanium yang bertujuan untuk mengidentifikasi nilai kekasaran permukaan dan kekerasan permukaan bahan yang dimesin (paduan titanium, Ti6Al-4V ELI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan sangat ditentukan oleh feeding dan juga jari-jari ujung pahat potong. Dalam perkembangan kekinian pemesinan dalam komponen yang kecil sangat dibutuhkan, sehingga pemesinan mikro merupakan salah satu proses yang akan menghasilkan produk dengan presisi yang tinggi. Salah satu dari tujuan pemesinan mikro adalah untuk memungkinkan produksi bagian miniatur serta pemesinan permukaan fungsional yang presisi tinggi. Produk dengan permukaan berkualitas tinggi dapat diperoleh dengan memilih parameter pemotongan yang tepat, terutama untuk operasi pemotongan permukaan. Beberapa peneliti telah melakukan investigasi untuk memantau proses pemesinan, terutama di ranah makro, menggunakan berbagai variabel dan sensor (Kiswanto et al., 2014; Malekian et al., 2009; Tamborlin et al., 2017;). Mikro-milling membutuhkan peralatan mesin dengan kecepatan putaran tinggi

dan akurasi posisi ekstrim. Dalam mikro-milling paduan Ti-6Al-4V kecepatan spindel adalah faktor dengan pengaruh yang lebih tinggi pada kekasaran permukaan. Kekuatan memotong, mekanisme keausan pahat dan kualitas permukaan dapat ditinjau dari kondisi mesin. Sehingga parameter yang mempengaruhi diantaranya kecepatan potong, kedalaman potong dan feed-rate (Carou et al, 2017). Kekasaran permukaan dapat menunjukkan rentang yang berbeda dari nilai-nilai yang berhubungan dengan parameter pemotongan, karena untuk proses yang sama dapat terjadi perbedaan yang besar dari finishing. Baldo et al (2014) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi kekasaran permukaan micro-milling dari Ti-6Al4V. Pengaruh memakai alat pada kekasaran permukaan diselidiki dan dibandingkan dengan alat-alat baru. Kekasaran permukaan terendah diperoleh dengan alat-alat baru dan dengan kecepatan potong tinggi bila dibandingkan hanya kondisi alat. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan titanium seperti kecepatan potong, kedalaman potong, feed rate dan diameter pahat (Tamborlin et al, 2017). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa nilai kekasaran permukaan pada proses micro-milling titanium 6Al-4V ELI. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan nilai kekasaran yang lebih baik dan mendapatkan pemodelan matematika untuk nilai kekasara permukaan.

2. Eksperimental

Penelitian ini merupakan penelitian analisis dengan menggunakan metode full factorial. Pada penelitian ini benda kerja yang digunakan adalah paduan titanium jenis alpha beta Ti- 6Al-4V Extra Low Interstitial (Ti-6Al-4V-ELI), menggunakan mesin CNC micro-milling router, pahat yang digunakan adalah pahat endmill karbida dan surface tester mitutoyo SJ-210.



Gambar 1. Dimensi bahan uji titanium 6AL-4V ELI



Gambar 2. Pahat karbida

Tabel 1. Spesifikasi bahan uji titanium 6AL-4V ELI

Sifat	Keterangan
Tegangan Tarik	132×10^3 psi
Tegangan yields	119×10^3 psi

Tabel 2. Spesifikasi pahat endmill karbida

Spesifikasi	Keterangan
Bahan	Karbida end mill
Diameter	1 dan 2 mm
Flute	4



Gambar 3. Mesin cnc micro-milling



Gambar 4. Surface tester

Tabel 3. Spesifikasi mesin CNC milling Router

Spesifikasi	Keterangan
Model	4 axis CNC router
Daerah kerja	400 x 600
Ketelitian	± 0.01 mm
Spindel	25.000 rpm

Tabel 4. Spesifikasi surface tester

Spesifikasi	Keterangan
Model	Mitutoyo SJ-210
Pabrikasi	Japan
Ketelitian	$0.01 \mu\text{m}$

Mesin CNC milling router dikendalikan langsung oleh monitor yang telah di install dengan aplikasi rhinoceros. Rhinoceros berfungsi untuk membuat atau menggambar alur yang diinginkan. Setelah alur atau gambar yang diinginkan selesai selanjutnya menggunakan aplikasi mach3 loader. Mach3 Loader merupakan aplikasi langsung yang terhubung ke mesin cnc milling 4060 router. Dengan mach3 loader program dapat di setting sesuai dengan parameter yang diinginkan seperti kecepatan potong, gerak makan dan kedalaman potong.

Pada saat proses pemesinan micro-milling benda kerja Ti 6AL-4V ELI di jepit oleh dudukan mesin micro-milling dimana pahat berada diatas permukaan benda kerja sehigga pada saat proses pemesinan pahat yang akan mendekati benda kerja untuk melakukan proses pemesinan pada benda kerja Ti 6AL-4V ELI. Setelah proses pemesinan selesai benda kerja Ti 6AL-4V ELI diukur nilai kekasaran permukaan dengan menggunakan surface tester. Prinsip kerja dari surface tester memastikan jarum stylus berada dipermukaan benda kerja yang akan diukur nilai kekasaran permukaannya. Sehingga nilai kekasaran permukaan akan muncul dimonitor surface tester. Data dianalisis menggunakan Minitab.

Tabel 5. Faktor dan level parameter pemesinan dengan menggunakan metode full factorial (L^n)

Faktor	Level	
	1	2
Diameter	1	2
Kecepatan putaran (rpm)	10000	15000
Feed (mm/rev)	0.001	0.005
Kedalaman potong (μm)	100	150

3. Pembahasan

Nilai kekasaran permukaan yang diperoleh dari proses pemesinan micro-milling dapat dilihat pada table 6.

Tabel 6. Nilai kekasaran permukaan

No	Pengujian Ke-	Diameter (mm)	Kecepatan Putaran (rpm)	Feed (mm/rev)	Kedalaman Potong (μm)	Nilai Kekasaran Permukaan				Rata-rata (μm)
						Ra1	Ra2	Ra3	Ra4	
1	15	1	15000	0.005	150	0,77	0,88	0,99	0,96	0,9
2	14	2	10000	0.005	150	0,29	0,30	0,36	0,57	0,38
3	11	1	15000	0.001	150	0,94	0,85	0,86	0,90	0,89
4	4	2	15000	0.001	100	0,54	0,43	0,55	0,33	0,46
5	3	1	15000	0.001	100	0,84	0,75	0,86	0,57	0,75
6	7	1	15000	0.005	100	0,85	0,57	0,50	0,84	0,69
7	9	1	10000	0.001	150	0,45	0,70	0,65	0,50	0,58
8	2	2	10000	0.001	100	0,29	0,29	0,56	0,62	0,44
9	12	2	15000	0.001	150	0,57	0,29	0,87	0,46	0,55
10	13	1	10000	0.005	150	0,83	0,60	0,49	0,84	0,69
11	1	1	10000	0.001	100	0,83	0,80	0,93	0,65	0,80
12	8	2	15000	0.005	100	0,22	0,30	0,2	0,32	0,26
13	10	2	10000	0.001	150	0,76	0,43	0,64	0,44	0,56
14	5	1	10000	0.005	100	0,61	0,65	0,74	0,64	0,66
15	6	2	10000	0.005	100	0,43	0,15	0,54	0,28	0,35
16	16	2	15000	0.005	150	0,65	0,46	0,38	0,58	0,52

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai kekasaran permukaan terendah pada run order 8 dengan nilai kekasaran permukaan 0,26 μm dan nilai kekasaran permukaan tertinggi pada run order ke 15 dengan nilai kekasaran permukaan 0,9 μm . Dimana diameter mempengaruhi nilai kekasaran permukaan hasil pemesinan micro-milling pada benda kerja Ti 6AL 4V ELI. Karena dengan diameter pahat yang kecil akan menghasilkan defleksi yang lebih tinggi sehingga kualitas permukaan menjadi lebih buruk (Jing, 2016) dan semakin dalam kedalaman potong akan membutuhkan beban yang besar sehingga nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan pun semakin kasar.

Table 7. Factorial regression

Source	DF	Adj SS	Adj Ms	F-Value	P-Value
D	1	0.37210	0.372100	41.70	0.000
N	1	0.01960	0.019600	2.20	0.166
F	1	0.02103	0.021025	2.36	0.153
T	1	0.02722	0.027225	3.05	0.109
Model Summary					
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)		
0.0944602	81.76%	75.13%	61.41%		

Parameter secara statistik berpengaruh terhadap kekasaran permukaan permukaan adalah diameter pahat. Dimana hal ini didapat dari nilai P-Value Analyze Factorial Design. P-Value atau nilai probabilitas adalah nilai dari uji statistik yang menunjukkan seberapa besar pengaruh atau seberapa signifikannya variabel bebas terhadap hasil dari nilai variabel tetap. Suatu variabel bebas dapat dikatakan signifikan terhadap nilai variabel tetap jika nilai P-Valuenya $\leq$ dari α (0.05).

Dari nilai P-Value didapat nilai determinasi dari setiap parameter dimana nilai determinasi untuk diameter pahat adalah sebesar 100%, kecepatan putaran 83,4%, gerak makan 84,7% dan kedalaman potong 89,1% dengan menggunakan persamaan:

$$R = 100 - (P\text{-Value} \times 100) \% \quad (1)$$

Uji Koefisien Determinasi (R^2) dilakukan untuk melihat seberapa besar model prediksi berpengaruh terhadap variabel respon. Persentase dari total variasi oleh model R^2 pemesinan Ti 6AL 4V ELI adalah sebesar 81,76%. Dari nilai R^2 yang dihasilkan dapat dilihat bahwa ada kontribusi variabel bebas terhadap variabel tetap. Untuk menentukan rasio dari nilai determinasi tiap variabel bebas terhadap nilai R^2 dapat digunakan persamaan :

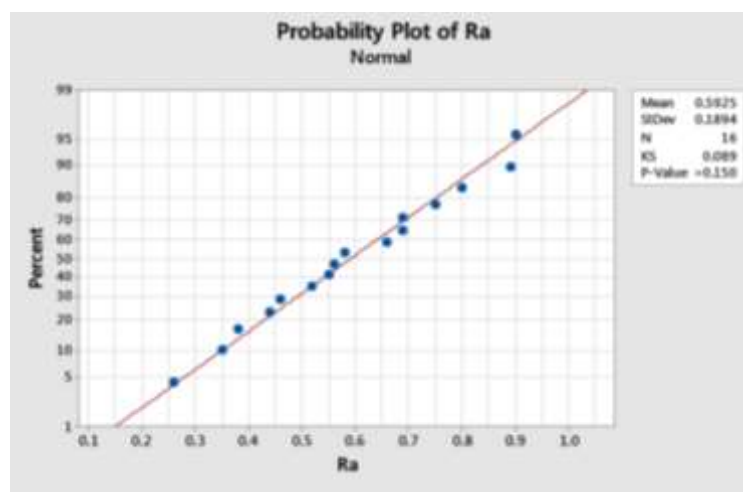
$$\text{Rasio } R = (R_1 / (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \times R_2 \% \quad (2)$$

Tabel 8. Nilai Rasio R

Paramater	Nilai Rasio (%)
Diameter Pahat	22.89
Kedalaman potong	2039
Gerak makan	19.39
Kecepatan putaran	19.09
Lain lain	18.24

Pemodelan matematika merupakan representasi aljabar yang mendeskripsikan hubungan antara respon dan variabel prediksi. Pemodelan matematika yang didapat akan menjadi sebuah rumus baru guna mempermudah proses perhitungan jika variabel bebas mengalami perubahan. Didapatkan pemodelan matematika untuk pemesinan micro-milling Ti 6AL-4V ELI adalah sebagai berikut :

$$Ra = 0.723 - 0.3050 D + 0.000014 n - 18.1 f + 0.001650 t \quad (3)$$



Gambar 5. Normal plot

Gambar 5 menunjukkan distribusi data hasil percobaan dimana data yang terdistribusi secara normal akan terdistribusi disekitar garis diagonal (Kurniawan, 2018; Ibrahim et al, 2019;). Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa titik-titik berada dalam satu garis lurus. Pengujian normalitas menunjukkan p-value lebih dari 0,150 dan nilai KS sebesar 0,089. Dengan p-value $> \alpha$ (0,05) menunjukkan bahwa uji normalitas berdistribusi normal dan asumsi normalitas terpenuhi. Profil permukaan dari hasil uji SEM dimana dengan melihat profil bentuk dari suatu permukaan dapat dibedakan pengaruh dari setiap parameter pemesinan. Pada parameter pemesinan dengan diameter pahat 2 mm, kedalaman Potong 150 dan feed 0.001 dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 6. Kecepatan putaran (a) 10000 rpm dan (b) 15000 rpm

Pembahasan Profil permukaan dengan kecepatan putaran 10000 rpm pada pengujian ke-14 terlihat terdapat chip yang menempel pada permukaan dan terdapat kesan abrasive pada profil permukaan. Chip yang menempel pada permukaan tampak terlihat berukuran sangat kecil tetapi dengan jumlah yang banyak. Profil permukaan dengan kecepatan putaran 15000 rpm pada pengujian ke-16 terlihat terdapat chip yang menempel pada permukaan tidak begitu banyak tetapi chip yang menempel tampak terlihat jelas karena ukuran chip besar. Profil permukaan pada Gambar 6b juga menunjukkan alur putaran spindle terlihat lebih jelas dan tampak terdapat kesan puncak dari permukaan terlihat lebih jelas. Secara teori dengan kecepatan potong yang tinggi akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang rendah, kecepatan potong yang tinggi menyebabkan tingginya suhu pemotongan, membuat material akan lebih lunak dan gaya pemotongan menjadi rendah, sehingga nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan lebih rendah. Profil permukaan pada Gambar 6a dan Gambar 6b menunjukkan profil permukaan dan kekasaran permukaan terbaik diperoleh pada material dengan kecepatan putaran 10000 rpm karena pada material Ti 6AL 4V ELI memiliki karakteristik konduktifitas termal rendah sehingga dengan kecepatan potong yang tinggi menyebabkan kerusakan pada permukaan dikarenakan suhu pemotongan yang tinggi akan memicu tumbuhnya BUE (Build Up Edge) yang akan mempengaruhi bentuk geometri pahat dimana pahat akan menjadi tumpul dan menyebabkan kekasaran permukaan menjadi meningkat.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil pemesinan micromilling pada paduan titanium Ti-6Al-4V ELI dengan parameter diameter pahat 2 mm, kecepatan putaran 15000 rpm, feed 0,005 mm/rev dan kedalaman potong 100 μ m menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling rendah yaitu 0,26 μ m. Sedangkan pada parameter diameter pahat 1 mm, kecepatan putaran 15000 rpm, feed 0,005 dan kedalaman potong 150 μ m menghasilkan nilai kekasaran permukaan tertinggi yaitu 0,90 μ m. Dengan menggunakan metode Analyze Factorial Design, parameter yang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan secara signifikan adalah diameter pahat. Dengan signifikan diameter pahat P-Value sebesar 0,000 dan nilai rasio sebesar 22,89% dari total R-sq sebesar 81,76%. Model matematika yang diperoleh untuk nilai kekasaran permukaan adalah $Ra = 0.723 - 0.3050 D + 0.000014 n - 18.1 f + 0.001650 t$

Daftar Pustaka

- Bai, J., Bai, Q., Tong, Z. (2018) Experimental and multiscale numerical investigation of wear mechanism and cutting performance of polycrystalline diamond tools in micro-end milling of titanium alloy Ti-6AL4V, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*.
- Baldo, D., Filho, S. L. M. R., Lauro, C. H., Delfino, A. C. S., Brandao, L. C. (2014) Analysis of surface roughness in micro milling of Ti-6AL-4V titanium alloy, *Trans Tech Vols 1079-1080* pp 3-6.
- Carou, D., Rubio, E. M., Herrera, J., Lauro, C. H., Davim, J. P. (2017) Latest advances in the micromilling of titanium alloys : a review, *Manufacturing Engineering Society International Conference*.
- Fariza, Feri. (2017) Evaluasi dan analisa kinerja sistem pahat putar modular untuk pemesinan peralatan kesehatan ortopedi berbasis material titanium 6AL 4E ELI, Universitas Lampung, Lampung.
- Ibrahim, G. A., Che Haron C. H., Ghani, J. A., (2009) Surface integrity of Ti-6AL-4V ELI when machined using coated carbide tools under dry cutting condition, *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, Vol. 4 No. 2, 191-196.
- Ibrahim, Gusri Akhyar. (2014) Pengaruh pemesinan kering terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan paduan titanium, Universitas Lampung, Lampung.
- Ibrahim, G. A., Hamni, A., Burhanudin, Y., Nadhira, W. (2019) Optimization of cutting parameters on tool wear using box behnken design, *International Journal of Engineering Technology and Sciences*.
- Jing, X., Li, H., Wang, J., et al. (2016) An investigation of surface roughness in micro-end-milling of metals, *Australian Journal of Mechanical Engineering*.
- Kiswanto, G., Zariatun, D. I., Ko, T. J. (2014) The effect of spindle speed, feed-rate and machining time to the surface roughness and burr formation of aluminum alloy 1100 in micro-milling operation, *Journal of Manufacturing Processes*.
- Kurniawan, Muchdy. 2018. Analisis kekasaran permukaan dan getaran pada pemesinan bubut menggunakan pahat putar modular (modular rotary tools) untuk material titanium 6AL-4V ELI, Universitas Lampung, Lampung.
- Malekian, M., Park, S. S., Jun, M. B. G. (2009) Tool wear monitoring of micro-milling operations, *Journal of Materials Processing Technology*.
- Tamborlin, M., Uhlmann, E., Mewis, J., Baldo, C., et al. (2017) Virtual Machining of Micro-Milling Processes For Prediction of Cutting Forces and Surface Quality, *International Conference on Virtual Machining Process Technology*.

Rancang Bangun Monitoring Laju Detak Jantung dan Suhu Tubuh dengan Android Berbasis *Internet of Things*

Titin Yulianti¹, Yessi Mulyani², Muhamad Komarudin³, Era Desti Ramayani⁴, M Hafizh Anbiya⁵, dan M. Aziz Al Assad⁶

^{1,2,3,4,5,6} Prodi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail: ¹ titinyulianti@eng.unila.ac.id, ² eradestirama@gmail.com

Abstrak. Detak jantung dan suhu tubuh merupakan dua parameter penting yang digunakan oleh paramedis untuk mengetahui kondisi kesehatan fisik maupun kondisi mental seseorang. Laju detak jantung diukur dalam satuan waktu yang dinyatakan dalam *beats per minute* (bpm). Saat ini, alat monitoring untuk menghitung jumlah denyut nadi dan informasi kondisi suhu tubuh sudah tersedia, akan tetapi masih terbatas terhadap jangkauan jarak penggunaan. Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana setiap orang dapat melakukan pemantauan jumlah denyut nadi/detak jantung menggunakan Pulse Sensor dan suhu tubuh (LM35) secara *realtime* kapan pun dan dimana pun. *Internet of Things* dapat memungkinkan untuk dapat melakukan pemantauan dari jarak jauh. Sistem ini dibuat secara *realtime* dengan relay selama 3 detik. Visualisasi data menggunakan aplikasi android yang terdiri atas fitur lihat Detak Jantung dan Suhu Tubuh yang terhubung ke internet. Selain dapat mengukur detak jantung dan suhu tubuh, aplikasi ini juga menyediakan bahan bacaan atau artikel terkait detak jantung dan suhu tubuh.

Kata kunci: Pulse Sensor, LM35, *Internet of Things*, Android

1. Pendahuluan

Detak jantung dan suhu tubuh merupakan dua parameter penting yang digunakan oleh paramedis untuk mengetahui kondisi kesehatan fisik maupun kondisi mental seseorang. Laju detak jantung diukur dalam satuan waktu yang dinyatakan dalam *beats per minute* (bpm). Laju detak jantung orang dewasa yang normal berkisar antara 60 sampai 100 bpm. *Bradikardia* merupakan kelainan detak jantung dapat terjadi ketika lajunya kurang dari 60 bpm. Selain itu, *takikardia* terjadi ketika laju detak jantung melebihi 100 bpm (Anugrah, 2016).

Saat ini, alat monitoring untuk menghitung jumlah denyut nadi dan informasi kondisi suhu tubuh sudah tersedia, akan tetapi masih terbatas terhadap jangkauan jarak penggunaan. Permasalahan yang ingin diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana setiap orang dapat melakukan pemantauan jumlah denyut nadi/detak jantung dan suhu tubuh secara *realtime* kapan dan dimana saja. Sehingga akan memudahkan pengguna dalam menggunakannya di kegiatan sehari-hari misalnya dalam hal pemantauan pasien yang sedang sakit dan tidak bisa ditinggalkan dari jarak jauh atau pada saat sedang melakukan aktivitas olahraga. *Internet of Things* dapat memungkinkan pasien/calon pengguna untuk dapat dipantau dari jarak jauh. Selain itu juga alat ini dirancang menggunakan *pulse* sensor yang berfungsi untuk menghitung jumlah denyut nadi dan LM35 untuk mengukur suhu tubuh pasien atau calon pengguna dan dioperasikan menggunakan android.

1.1 Internet of Things

Seiring berkembangnya teknologi dan semakin cepatnya internet akan mengakibatkan penggunaan komputer yang semakin mendominasi pekerjaan manusia. Selain itu juga dengan semakin banyaknya penggunaan internet akan mengalahkan kemampuan komputasi manusia, seperti mengontrol peralatan elektronik dari jarak jauh dengan menggunakan media internet. *IoT (Internet Of Things)* memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan elektronik dan peralatan listrik yang menggunakan internet dapat dikontrol dari jarak jauh (Patel and Patel, 2016).

IoT (Internet of Things) dapat diaplikasikan di berbagai bidang, pengaplikasian *IoT* dapat diimplementasikan untuk *smart city*, *smart industry*, *smart health*, *smart home*, *smart agriculture*, dan lain sebagainya.

1.2 Pulse Sensor

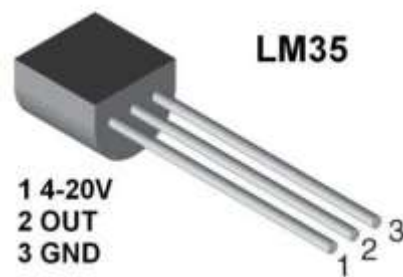
Alat medis yang berfungsi untuk memantau kondisi denyut jantung manusia dikenal dengan *Pulse Sensor*. Rangkaian dasar *Pulse Sensor* dibangun menggunakan phototransistor dan LED. *Pulse Sensor* bekerja berdasarkan 17 prinsip pantulan sinar LED. Kulit dipakai sebagai permukaan reflektif untuk sinar LED, kepadatan darah pada kulit akan mempengaruhi reflektifitas sinar LED. Kepadatan darah meningkat diakibatkan oleh aksi pemompaan jantung. Pada saat jantung memompa darah maka darah akan mengalir melalui pembuluh arteri dari yang besar hingga kecil seperti di ujung jari. Volume darah pada ujung jari bertambah maka intensitas cahaya yang mengenai phototransistor akan kecil karena terhalang oleh volume darah, begitu pula sebaliknya (Saputro, Widasari and Fitriyah, 2017).



Gambar 1 Pulse Sensor

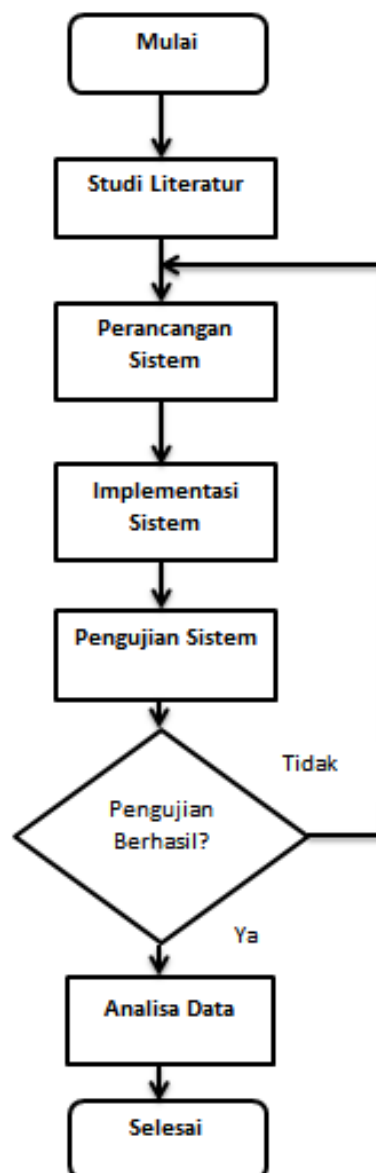
1.3 LM35

LM35 merupakan salah satu komponen elektronik dalam bentuk chip IC dengan 3 kaki (3 pin). Kaki/ Pin pada LM35 tersebut berfungsi untuk mengubah besaran fisis, yaitu berupa suhu sekitar sensor menjadi besaran elektris dalam bentuk perubahan tegangan. LM35 memiliki parameter bahwa setiap kenaikan suhu 1 °C tegangan keluarannya naik sebesar 10 mV dengan batas maksimal keluaran sensor adalah 1,5 V pada suhu 150 °C ($10\text{mV}/^{\circ}\text{C} \times 150^{\circ}\text{C} = 1,5\text{ V}$) (Instruments, 2017).



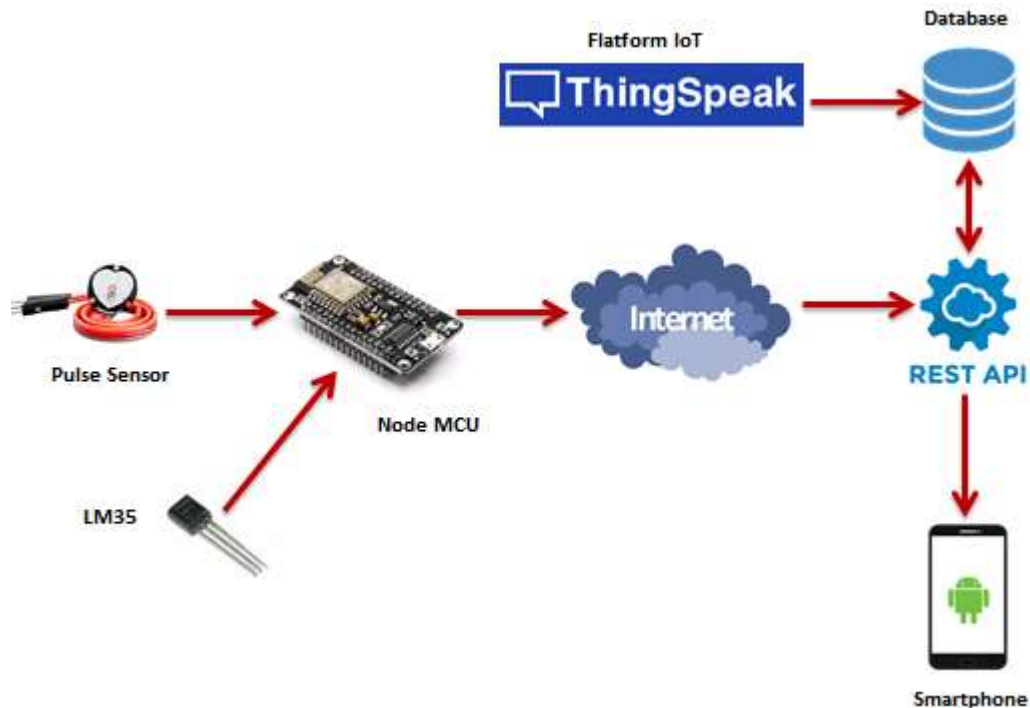
Gambar 2 Sensor suhu LM35

2. Metode Penelitian



Gambar 3 Alur Penelitian

Tahapan-tahapan pengembangan sistem deteksi detak jantung dan suhu tubuh dengan android berbasis IoT ditunjukkan seperti pada gambar 1 di atas, terdiri atas studi literatur, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem, dan analisa data. Apabila pengujian tidak berhasil maka akan kembali ke proses perancangan sistem hingga pengujian dinyatakan berhasil.



Gambar 4 Rancangan sistem Deteksi Detak Jantung dan Suhu Tubuh Dengan Android Berbasis *Internet of Things*

Gambar 2 di atas, merupakan gambaran dari sebuah sistem yang akan dibuat. Sistem ini menggunakan *pulse sensor* untuk mendeteksi detak jantung/denyut nadi dan LM35 yang digunakan untuk mengukur suhu tubuh. Kedua sensor tersebut dihubungkan ke Node MCU sebagai pemrosesannya dan akan dikirimkan ke penyimpanan/*database* server dengan menggunakan jaringan internet dalam hal ini menggunakan ESP8266. *Platform IoT* yang digunakan adalah *Thingspeak.com* sebagai penyimpanan data secara *online*. Selanjutnya, nilai yang dikirim ke *Thingspeak.com* akan ditampilkan melalui *smartphone android*.

3. Pembahasan

3.1 Implementasi Sistem



Gambar 5 Implementasi Sistem

Pada gambar 5 di atas, *pulse sensor* akan membaca kepadatan darah pada kulit dalam hal ini menggunakan jari telunjuk dengan bantuan sinar LED yang ada pada *pulse sensor*. LM35 akan langsung membaca suhu pada jari telunjuk tersebut. Kemudian nilai dari pembacaan sensor tersebut akan dikirim ke *flatfrom Thingspeak.com* untuk selanjutnya akan di export ke aplikasi android.

3.2 Pengujian Sistem

Tabel 1 Pengujian Sensor *Pulse* dan sensor LM35

No	Nama	Kategori	
		Berhasil	Tidak Berhasil
1.	Sensor deteksi denyut nadi/detak jantung	√	
2.	Sensor suhu tubuh (LM35)	√	
3.	Artikel Detak Jantung dan Suhu Tubuh	√	

Pengujian dilakukan secara *black box testing* yakni pengujian yang dilakukan hanya mengamati hasil eksekusi melalui data uji dan memeriksa fungsional dari perangkat lunak. Tabel 1 Pengujian Sensor *Pulse* dan LM35 di atas, masing-masing sensor dinyatakan berhasil dalam tahap pengujian.

3.3 Tampilan Aplikasi Sistem

3.3.1 Dashboard



Gambar 6 Dashboard

Gambar 6 di atas, merupakan halaman awal dari aplikasi android yang sudah dibuat. Pada halaman awal/beranda terdapat 3 buah menu yakni menu detak jantung, suhu tubuh, dan tombol keluar.

3.3.2 Lihat Detak Jantung, Baca Artikel Detak Jantung



Gambar 7 Lihat detak jantung

Gambar 8 Artikel detak jantung

Gambar 9 Baca Artikel Jantung

Saat pengguna mengklik menu detak jantung, maka akan menampilkan tampilan seperti gambar 7 di atas, terdiri atas grafik detak jantung dan informasi detak jantung normal manusia berdasarkan usia. Selain itu juga pengguna dapat membaca beberapa artikel terkait jantung dengan mengklik “baca lebih detail tentang detak jantung” maka akan tampil beberapa pilihan artikel terkait jantung seperti gambar 8.

3.3.3 Lihat Suhu Tubuh, Baca Artikel Suhu Tubuh



Gambar 10 Lihat suhu tubuh



Gambar 11 Artikel suhu tubuh



Gambar 12 Artikel suhu tubuh

Sama halnya pada detak jantung, pengguna juga dapat melakukan monitoring seperti pada gambar 10 di atas, terdapat grafik suhu tubuh yang sudah dilakukan pengambilan data sebelumnya serta informasi suhu tubuh berdasarkan usia. Pengguna juga dapat membaca beberapa artikel terkait suhu tubuh seperti pada gambar 11 dan gambar 12 di atas.

4. Kesimpulan

Sistem ini dibuat secara *realtime* dengan relay selama 3 detik. Visualisasi data menggunakan aplikasi android yang terdiri atas fitur lihat Detak Jantung dan Suhu Tubuh yang terhubung ke internet. Selain dapat mengukur detak jantung dan suhu tubuh, aplikasi ini juga menyediakan bahan bacaan atau artikel terkait detak jantung dan suhu tubuh.

Daftar Pustaka

- Anugrah, D. (2016) 'Rancang bangun pengukur laju detak jantung berbasis plc mikro', *Electronics, Informatics, and Vocational Education (ELINVO)*, 1(November).
- Instruments, T. (2017) *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*. Texas Instruments.
- Patel, K. K. and Patel, S. M. (2016) 'Internet of Things-IOT: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges', *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6(5), pp. 6122–6131. doi: 10.4010/2016.1482.
- Saputro, M. A., Widasari, E. R. and Fitriyah, H. (2017) 'Implementasi Sistem Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Secara Wireless', *Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(2), pp. 148–156.

Rancang Bangun Filter LCL Pada Inverter Satu Phasa di Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Noer Soedjarwanto¹, Yayan Alfianto¹

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: noersoedjarwanto@gmail.com

Abstrak. Energi terbarukan merupakan solusi dari keterbatasan jumlah bahan bakar pembangkit listrik tenaga konvensional. Beberapa macam dari energi terbarukan adalah pembangkit listrik tenaga surya, pembangkit listrik tenaga angin, dll. Pada penelitian ini menggunakan pembangkit listrik tenaga surya sebagai input DC inverter..

Pembangkit listrik tenaga surya tidak terlepas dari pemakaian inverter. Pada PLTS sendiri menghasilkan tegangan searah (DC Voltage), oleh karena dibutuhkan inverter untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Pada penelitian ini menggunakan inverter fullbridge satu phasa. Output dari inverter fullbridge masih memiliki harmonisa yang cukup tinggi sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada alat elektronika yang kita gunakan, untuk mereduksi atau mengurangi harmonisa tersebut dapat menggunakan filter. Filter yang digunakan pada penelitian ini adalah filter pasif LCL. Filter LCL ini diharapkan dapat mengurangi harmonisa pada output inverter.

Output yang dihasilkan dari inverter masih merupakan gelombang kotak berbeda lebar pulsa dengan frekuensi 2.6 kHz, dan dihasilkan gelombang sinusoidal setelah dipasang dengan filter LCL dengan frekuensi 50.66 Hz. Pada trafo step terminal 9/220 dihasilkan gelombang sinus dengan tegangan 122 Volt dengan frekuensi 52,59 Hz. .

Kata kunci: Inverter, Filter LCL, harmonisa

1. Pendahuluan

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan matahari sebagai sumber energi. Keluaran dari sel surya masih merupakan tegangan searah sehingga membutuhkan inverter untuk mengubah menjadi tegangan bolak-balik. Output inverter yang dihasilkan masih memiliki harmonisa.

Harmonisa adalah cacat gelombang yang disebabkan oleh beban linier dan non linier. Hal ini terjadi karena bentuk gelombang arus dan gelombang tegangan berbanding terbalik. Harmonisa yang timbul dapat mengakibatkan kerusakan komponen elektronika yang kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Timbulnya harmonisa dapat dikurangi dengan menambahkan filter pasif. Beberapa tipe filter pasif yaitu tipe- L yang hanya menggunakan komponen induktor, tipe- LC yang menggunakan komponen induktor dan kapasitor, dan tipe-LCL yang menggunakan dua buah induktor dan satu buah kapasitor. Dari ketiga tipe filter pada penelitian menggunakan tipe LCL yang dapat mereduksi frekuensi diluar 50 Hz dan bekerja lebih optimal dari filter LC

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Inverter

Inverter merupakan perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Inverter mengubah arus searah dari perangkat seperti baterai, panel surya, kincir angin menjadi arus searah. Dalam kehidupan sehari-hari sumber listrik dari PLN kadang tidak semua

memadai seperti daerah-daerah yang susah terjangkau listrik, oleh karena itu dapat diatasi menggunakan sebuah perangkat elektronik seperti inverter untuk mengganti sumber listrik dari PLN.

Inverter memiliki beberapa jenis yaitu *inverter* jembatan penuh (*full bridge*) dan *inverter* jembatan setengah (*half bridge*). Perbedaan dari kedua jenis tersebut terdapat pada jumlah komponen daya mosfetnya, pada *inverter* jembatan penuh menggunakan empat buah mosfet dan *inverter* jembatan setengah menggunakan dua buah mosfet.

2.2 Sel Surya

Sel surya adalah bahan semikonduktor yang digunakan dalam proses pembangkitan listrik dengan memanfaatkan panas matahari sebagai sumber utamanya. Listrik yang dibangkitkan oleh sel surya berupa arus listrik searah. Pemanfaatan arus listrik searah tersebut memerlukan sebuah *inverter* yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah menjadi arus listrik bolak-balik. Hal ini dilakukan karena listrik rumah tangga menggunakan arus listrik bolak balik. Sel surya memiliki sumber bahan bakar yang tak terbatas karena memanfaatkan energi matahari dan tanpa emisi dimana tidak ada proses pembakaran maupun pembuangan bahan radioaktif yang dapat mempengaruhi perubahan iklim dan menimbulkan polusi. Selain itu, biaya operasional yang rendah menjadi keunggulan dari sel surya karena tidak memerlukan bahan bakar.

2.3 Filter

Pemilihan besar induktor dan kapasitor sebagai filter *inverter* sesuai dengan teori kendali yang umum digunakan yaitu antara frekuensi fundamental, frekuensi resonansi dan frekuensi *switching* harus memiliki faktor pengali 10 dari ketiga nilai tersebut dan nilai frekuensi resonansi harus lebih besar dari frekuensi fundamental dan harus lebih kecil dari frekuensi *switching*. Frekuensi resonansi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\omega_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

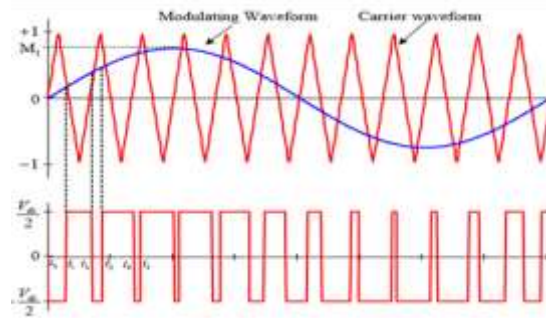
Dimana ω_r adalah frekuensi resonansi (Hz) dan L adalah inductor (H) dan C adalah kapasitor (F). Dari persamaan di atas didapatkan nilai komponen sebagai berikut :

Tabel. 1 Parameter Nilai Komponen Pada Model Rangkaian *Inverter Full Bridge*

Parameter	Nilai	Satuan
Vdc	12	Volt
Frekuensi switching PWM	3.3	Hz
Kapasitor (C)	5.1	mH
Induktor (L)	235	μF
Resistor (R)	1	K Ω

3. Metode

Peggunaan solar sel, kincir angin, dan aki tidak terlepas dari *inverter*, namun keluaran dari *inverter* tidak semua berbentuk gelombang sinusoidal yang ideal, maka dari itu dibuat *inverter* menggunakan Teknik sinusoida *PWM* menggunakan Teknik *switching bipolar*. Bentuk gelombang dari sinusoida *PWM* (*SPWM*) hampir sama dengan bentuk gelombang persegi (*square wave*), hanya saja pada *SPWM* terdapat perbedaan lebar pulsa pada fase positif dan fase negatifnya, dan perioda sesuai dengan frekuensi dari gelombang *carrier*. Berikut merupakan proses terjadinya bentuk gelombang sinusoida *PWM* :



Gambar 1. Gelombang Sinusoida *PWM*

Bipolar SPWM berupa lebar pulsa modulasi yang memiliki puncak positif dan puncak negative tanpa pembatas tegangan nol. Setiap pulsa memiliki tinggi puncak negative dan puncak positif dengan lebar pulsa yang proporsional. Persamaan *fourier* dari tegangan fundamental keluaran inverter *SPWM* dengan catu tegangan input V_{dc} adalah sebagai berikut :

$$V1\omega_r = \frac{A_{ref}}{A_{tri}} V_{dc} \sin \omega t$$

Tegangan rms fundamental dari suatu Sinusoida *PWM* adalah :

$$V1 = \frac{A_{ref}}{A_{tri}\sqrt{2}} V_{dc}$$

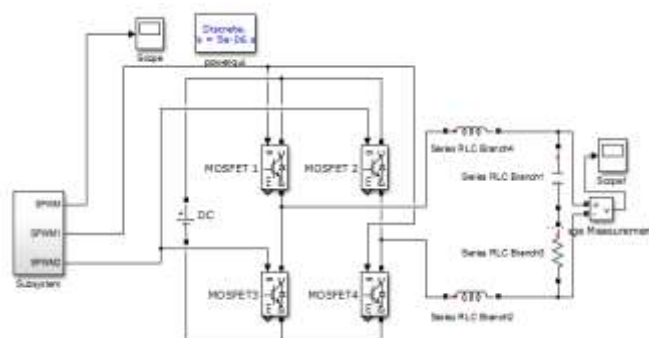
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perancangan PLTS

Penelitian ini menggunakan *inverter full bridge* dengan menggunakan empat buah mosfet. Input sinyal *PWM* menggunakan analog tidak menggunakan mikrokontroler sebagai sinyal *PWM*. Tegangan yang akan masuk ke *inverter* adalah aki 12 volt yang terhubung dengan solar sel yang berfungsi sebagai *charging* aki sehingga bisa dipakai kegiatan sehari-hari tanpa kekurangan daya.

4.2 Perancangan Inverter

Pada penelitian ini perangkat yang digunakan sebagai sinyal *PWM* merupakan pembangkit gelombang sinus dan gelombang segitiga dan *inverter full bridge*. Untuk menentukan nilai dari tiap komponen maka diperlukan beberapa parameter, yaitu tegangan masukan 12 Vdc, tegangan keluaran 220 Vac, frekuensi *switching* 3.3 kHz. Gambar 3 merupakan realisasi dari perancangan perangkat keras *inverter full bridge*.



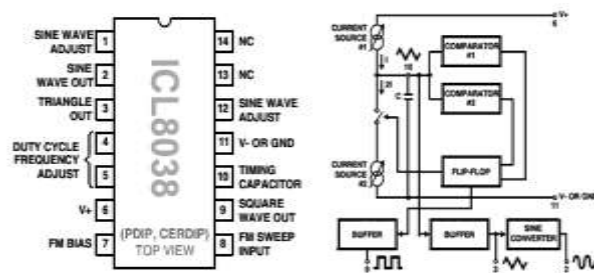
Gambar 2. Simulasi Inverter full bridge



Gambar 3. Perangkat Inverter full brigde

4.3 Pengujian Pembangkit sinyal sinus dan sinyal segitiga

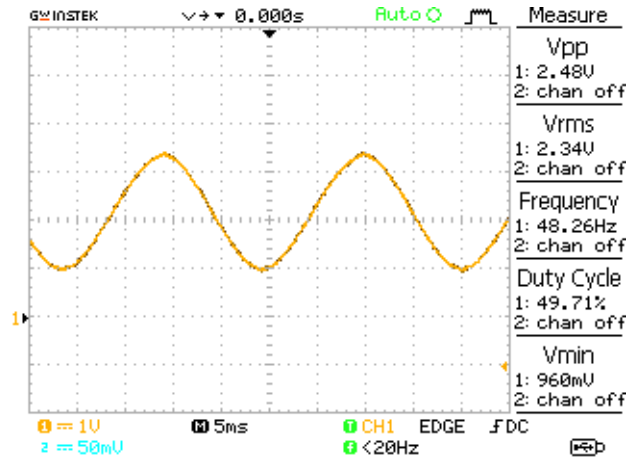
Pengujian ini berguna untuk mendapatkan perbandingan data antara pembangkit gelombang *sinus* dan gelombang segitiga sebelum terhubung dengan rangkaian komparator. Dalam membandingkan dua buah gelombang nilai titik tengah tegangan harus bernilai sama dan amplitude tegangan fundamental harus lebih kecil dari tegangan *carrier*. Pembangkit gelombang sinus menggunakan *ICL 8038* dengan tegangan masukan sebesar 12 – 24 Vdc dengan frekuensi variabel 1- 300kHz dan frekuensi yang digunakan untuk pembangkit gelombang sinus adalah 50 Hz. Berikut ini merupakan rangkaian skematik alat dan hasil dari pembangkit gelombang sinus :



Gambar 4. Rangkaian Skematik pembangkit gelombang sinus

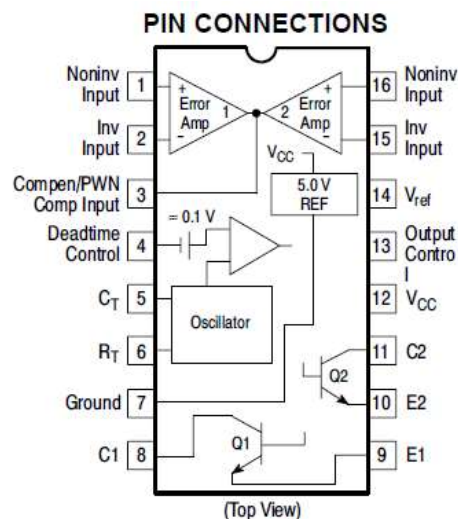


Gambar 5. Alat pembangkit gelombang sinus



Gambar 6. Hasil Pembangkit Gleombang Sinus

Pembangkit gelombang segitiga menggunakan IC TL494 dengan tegangan masukan 12 – 25 Vdc, frekuensi yang digunakan sebesar 3.3 kHz dengan tegangan masukan sebesar 12 Vdc. Berikut ini merupakan rangkaian skematik alat dan hasil dari pembangkit gelombang segitiga :

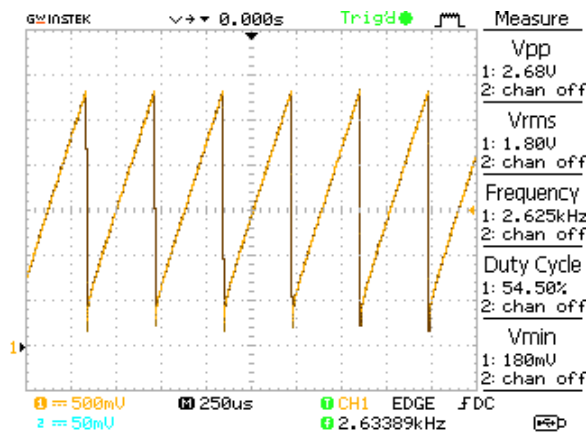


Gambar 7. Rangkain skematik Pembangkit gelombang segitiga

Pada gambar diatas merupakan skematik dari pembangkit gelombang segitiga yang digunakan penelitian ini, kaki 5 dan 6 merupakan osilator yang menghasilkan gelombang segitiga.



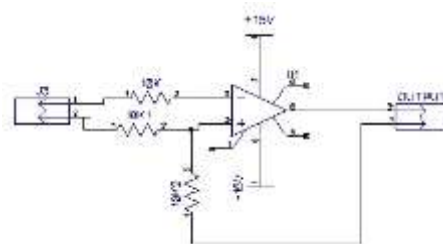
Gambar 8. Alat pembangkit gelombang segitiga



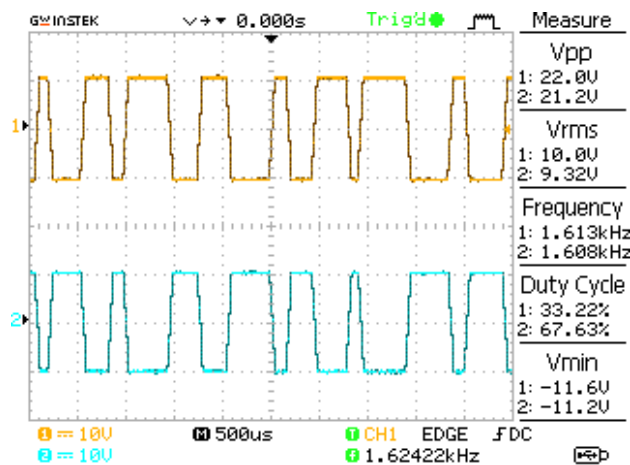
Gambar 9. Hasil Pembangkit gelombang segitiga

4.4 Pengujian Komparator

Rangkaian komparator berfungsi untuk membandingkan gelombang sinus dan gelombang segitiga. perangkat komparator menggunakan IC LM741, komparator memiliki tegangan masukan sebesar +12 Vdc dan -12 Vdc supaya alat dapat bekerja dengan maksimal. Sinyal PWM yang akan masuk kedalam gate Mosfet harus memiliki fase yang berbeda sehingga dibutuhkan rangkaian inverting sebagai hasil sinyal PWM yang berbeda fase. Pada gambar 6 merupakan skematik dari rangkaian *inverting* yang menggunakan *op-amp* 741. Berikut merupakan rangkaian skematik dan hasil dari komparator :



Gambar 10. Rangkaian Skematik Komparator



Gambar 11. Gelombang SPWM

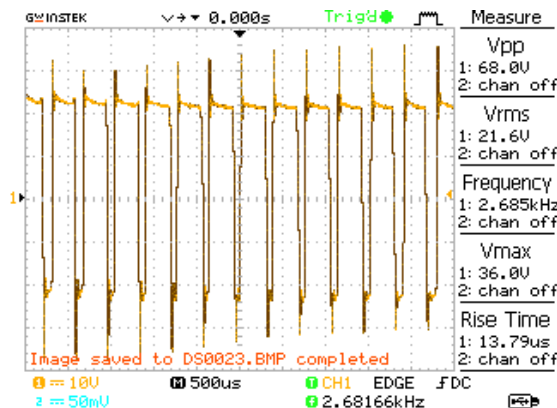
4.5 Perancangan Filter LCL

Filter pasif merupakan rangkaian parallel atau seri antara komponen inductor (L) dan kapasitor. Rangkaian filter yang dirancang dipenelitian ini adalah filter pasif LCL untuk mereduksi frekuensi tinggi. Gambar diatas merupakan rancangan penguat sinyal menggunakan IC HCPL3120 yang terdapat rangkaian outocopler. Berikut adalah persamaan untuk menentukan nilai resistor :

4.6 Pengujian Inverter Fullbrigde

Untuk mengetahui keberhasilan dari rangkaian alat *inverter pushpull* harus dilakukan pegujian dengan menggunakan beban, pada pengujian kali ini menggunakan beban resistor sebesar 10 kOhm. *Inveter* memiliki tegangan masukan sebesar 12 Volt DC.

Pada gambar 15 merupakan hasil dari inverter setelah dikasih beban resistor seebstar 10 kOhm sebelum masuk ke filter. Gambar 8 menunjukan Tegangan rms sebesar 11.3 Volt dan frekuensi sebesar 1.6 kHz. Keluaran *inverter* sebelum terpasang filter masih memiliki frekuensi tinggi diatas 1 kHz sehingga dibutuhkan filter untuk meredam frekuensi diatas 50 Hz.

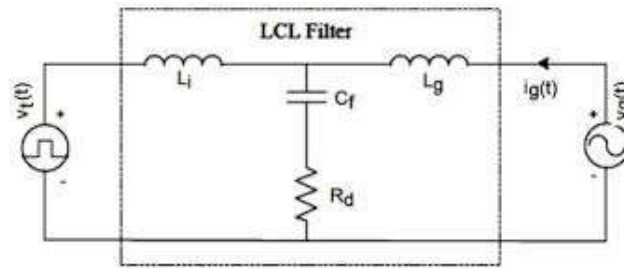


Gambar 12. Keluaran *Inverter* beban Resistor 10 kOhm

4.7 Pengujian Filter LCL

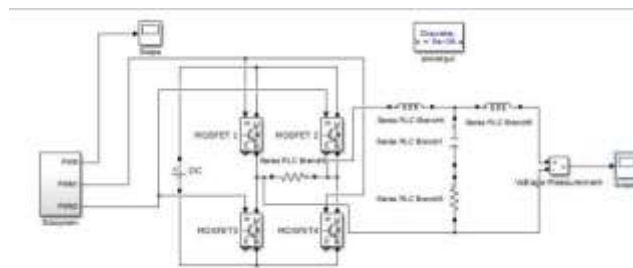
Setelah pengujian menggunakan resistor dilakukan pengujian *inverter* menggunakan kapasitor. Kapasitor yang digunakan sebagai filter, dan dipasannng secara parallel di sisi sekunder trafo.. Pada gambar 10 merupakan hasil gelombang setelah terpasang filter, dapat terlihat bentuk gelombang *sinusoidal* dengan tegangan peak to peak sebesar 20 Volt dan tegangan rms sebesar 6.85 Volt AC dan frekuensi sebesar 51.77 Hz.

Hasil filter *inverter* terjadi drop tegangan, dengan *input* 12 Volt DC seharusnya tegangan *peak to peak* sebesar 2 Volt dan Tegangan *rms* sebesar 8.5 volt berdasarkan persamaan 4. Berikut merupakan rangkaian skematik dan alat dari filter :

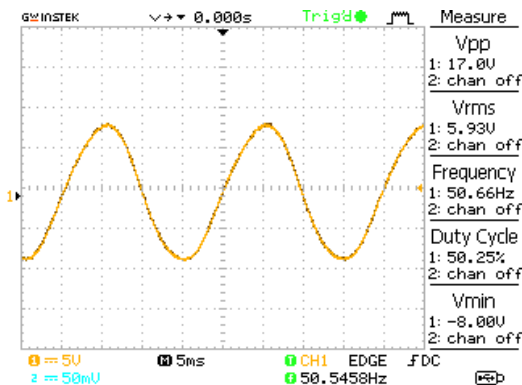


Gambar 13. Alat Filter LCL

Gambar diatas merupakan filter LC menggunakan inductor dan kapasitor yang berfungsi untuk meredam frekuensi diatas 50 Hz, sehingga gelombang keluaran filter diharapkan memiliki frekuensi 50 Hz. Berikut merupakan alat keseluruhan dari *inverter* Sinus menggunakan metode *SPWM*.



Gambar 14. Rangkaian keseluruhan *Inverter*



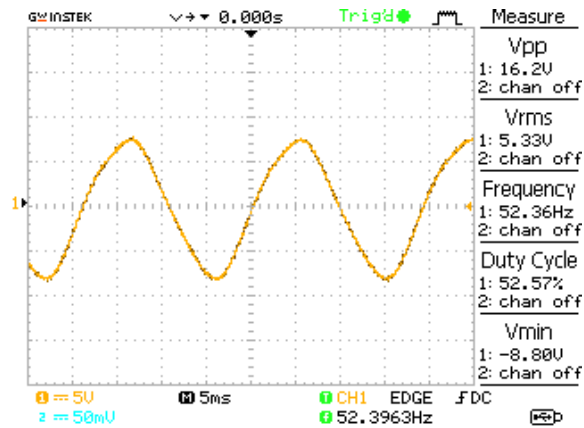
Gambar 15. Hasil keluaran filter

4.8 Pengujian Beban Trafo

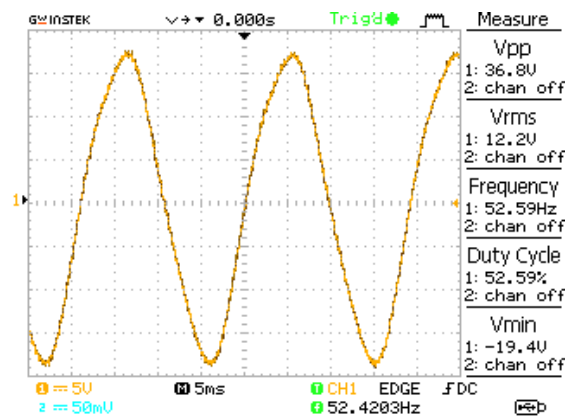
Setelah *inverter* terpasang oleh filter dilakukan pembebanan dengan trafo sehingga dari tegangan 6.8 Volt AC menjadi 220 Volt AC sehingga *inverter* dapat digunakan peralatan elektronik dalam kehidupan sehari-hari. Pada gambar 20 adalah hasil gelombang pada sisi primer trafo. Pada sisi primer trafo output dari filter terhubung di terminal 9 Volt dan dihasil kan Tegangan peak to peak sebesar 16.2 Volt AC dan Tegangan rms sebesar 5,33 Volt AC. Berdasarkan gambar gelombang terjadi drop tegangan dan terjadi bentuk gelombang sebelum dan setelah terpasang filter. Hal ini terjadi akibat adanya pengaruh lilitan trafo yang mengakibatkan drop tegangan dan berubah nya bentuk geombang.

Pada gambar 21 merupakan hasil dari sisi sekunder trafo dengan pengali *probe* x 10, terlihat pada gambar dihasilkan tegangan *peak to peak* sebesar 368 volt dan tegangn *rms* sebesar 122 Volt AC. Berdasarkan gambar diatas terjadi drop tegangan sebesar 50 Volt AC, salah satu yang mempengaruhi

adalah tegangan pada sisi primer yang sudah terjadi drop tegangan sehingga pada sisi sekunder terjadi drop tegangan. Salah satu untuk mengatasi drop tegangan bisa dengan membesarkan tegangan DC *input* pada *inverter* dan menambah lilitan tembaga pada sisi sekunder trafo.



Gambar 16. Output inverter sisi primer terminal 9 Volt



Gambar 17. Output Inverter sisi sekunder trafo

Daftar Pustaka

- Hart, Daniel W. 2010. *Power Electronics*. United States. ISBN 978-0-07-338067-4.
- Wahri Sunanda., Yuli Asmi Rahman. 2012. Aplikasi Filter Pasif Sebagai Pereduksi Harmonik Pada Inverter Tiga Fasa. *Jurnal Ilmiah Foristel* Vol. 2, No. 1.
- Intersil™. 2001. *Precision Waveform Generator/ Voltage Controlled Oscillator*. Taiwan
- Namboodiri, Anuja., Wani, Harsal S. 2014. *Unipolar and Bipolar PWM Inverter*. ISSN 2349-6010.
- Samman, Faizal Arya., Ahmad, Rizkyanti., Mustafa, Mutiah. 2015. Perancangan, Simulasi dan Analisa Harmonisa Rangkaian Inverter Satu Fasa. *JNTETI*, VOL. 4, No. 1. ISSN 2301-4156
- TL 494 Pulse- Width-Modulation Control. LM494. 1996. *Circuits Texas Instrument*
- Huda, Choirul, *Pemanfaatan Harmonisa Sebagai Sumber Energi dengan Menggunakan Filter*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Industri, PENS-ITS
- Putra, Anthony Santoso, *Pemanfaatan Harmonisa Sebagai Sumber Energi dengan Menggunakan Filter (Boost Converter dan Inverter 1 Fasa)*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Industri, PENS-ITS
- Professor Joseph Picone Mississippi State University design document for **12 VDC / 120 VAC POWER INVERTER** Mississippi State, Mississippi

Pembangunan Berkelanjutan di Era Revolusi Industri 4.0 dari Sudut Pandang Teknik Sipil

Andius Dasa Putra

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No.1, Gedung Meneng, Bandar Lampung, 35145

E-mail korespondensi: andiusputra99@gmail.com

Abstrak. *Rekayasa dalam bidang Teknik Sipil merupakan salah satu kegiatan konstruksi yang mempengaruhi lingkungan alam secara mendasar seperti eksplorasi material, perancangan, konstruksi, pasca konstruksi, dan proses lainnya dan berakibat pada konsumsi energi dalam jumlah besar dan akan terus menghasilkan limbah, dan masalah ini akan menyebabkan perubahan signifikan dalam lingkungan ekologis. Oleh karena itu, sebagai salah satu pilar dalam industri konstruksi, kita tidak hanya perlu mengembangkan teknik sipil untuk memenuhi kebutuhan pembangunan ekonomi dan sosial semata tetapi juga memperhatikan perlindungan lingkungan, konservasi sumber daya, serta mempromosikan strategi pembangunan berkelanjutan. Alasan-alasan tersebut di atas dan untuk lebih memahami konsep pembangunan berkelanjutan dengan baik, makalah ini berupaya mempelajari strategi pembangunan berkelanjutan dari sudut pandang ketekniksipil dan membahas pembangunan berkelanjutan dari tahap desain pendahuluan, rancangan teknis dan pelaksanaan konstruksi.*

Kata kunci: *pembangunan berkelanjutan, industri 4.0, teknik sipil, konservasi sumber daya*

1. Pendahuluan

Ketekniksipil secara umum tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari manusia. Pesatnya pembangunan yang dicanangkan pemerintah saat ini bisa terlihat dari Sabang sampai Merauke, dari yang tertinggi sampai dengan yang terdalam seperti benteng yang kokoh merupakan bagian tak terpisahkan dari kehidupan kita. Memasuki dekade ini, pembangunan yang cepat akan berakibat pada pembangunan infrastruktur baru dimana semua tidak terlewat kaitannya dengan bidang keilmuan geoteknik khususnya. Setelah memasuki abad baru, di lingkungan perkembangan ekonomi yang cepat, kami akan mengantar booming pembangunan infrastruktur baru. Perkembangan konstruksi ekonomi yang cepat adalah pedang bermata dua. Ini memberi kita kekayaan besar tetapi juga menyebabkan kerusakan lingkungan ekologis.

Perkembangan ekonomi Indonesia yang relatif cepat didasarkan pada konsumsi energi skala besar dengan mengorbankan lahan rumput yang luas dan lahan subur yang telah ditebangi, sejumlah besar hutan telah ditebang, cadangan minyak, batubara, dan sumber daya alam lainnya yang ditambang terbatas, dan seterusnya, memicu erosi tanah cekungan sungai besar, dan hilangnya spesies langka, anomali cuaca parah dan polusi udara, kurangnya sumber daya mineral dan serangkaian masalah serius. Dikombinasikan dengan tren global pembangunan berkelanjutan dewasa ini, sebagai praktisi teknik sipil, kita harus menghilangkan atau mengurangi masalah lingkungan yang mungkin muncul dalam proyek, seperti pengurangan sumber daya air, penurunan kualitas air, penurunan tanah, erosi tanah, tanah longsor, banjir, patahan dan banyak bencana lainnya, pada awalnya dalam konstruksi ekonomi skala besar, sehingga konstruksi dapat memberi manfaat bagi umat manusia dan membuat lingkungan kehidupan mendapatkan pembangunan dan peningkatan berkelanjutan.

Oleh karena itu, pembangunan berkelanjutan dalam bidang teknik sipil menjadi diskusi yang sangat menarik dan sangat layak untuk dibahas lebih lanjut. Pengaruh teknik sipil secara umum untuk konstruksi

ekonomi nasional dan kehidupan masyarakat jelas. Sebagai topik perhatian paling populer di abad ke-21 di seluruh dunia, pembangunan berkelanjutan memengaruhi semua bidang kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, makalah ini mempelajari pembangunan berkelanjutan dari sudut pandang untuk teknik sipil secara sistematis, dan menempatkan gagasan pembangunan berkelanjutan melalui bahan-bahan teknik sipil, desain, konstruksi, penggunaan, dan proses pembongkaran, terus-menerus menciptakan "proyek hijau" yang sesungguhnya untuk berkontribusi bagi pembangunan berkelanjutan bagi negara dan seluruh masyarakat manusia.

2. Konsep Pembangunan Berkelanjutan

2.1 Konsep Awal Pembangunan Berkelanjutan

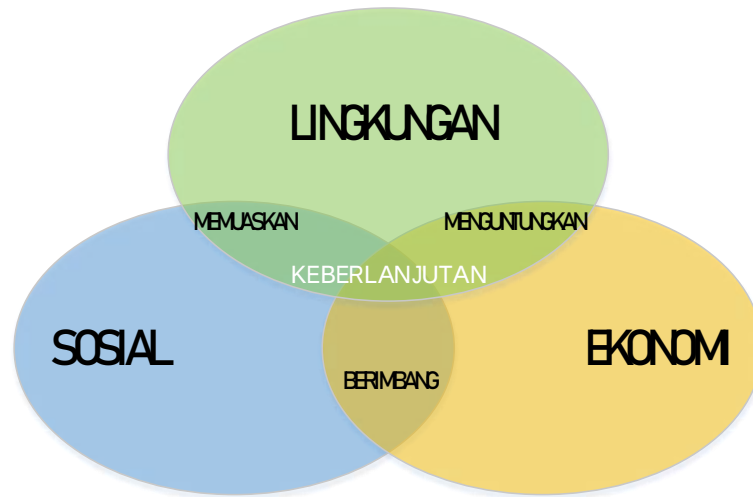
Konsep pembangunan sedang dalam evolusi konstan, ada sudut pandang berbeda pada konsep ini, definisi lebih dekat artinya: transformasi kualitatif unit ekonomi yang biasanya menyertai pertumbuhan dan dihasilkan dari kemungkinan populasi untuk memenuhi kebutuhannya. Karena karakternya tidak jelas dan terlalu umum untuk definisi ini, maka beberapa cenderung untuk mengklarifikasi dan memperbarui lebih banyak. Istilah pembangunan berkelanjutan, yang mengikuti, telah diciptakan pada tahun 1980 oleh Uni Internasional untuk Konservasi Alam. Kemudian dilanjutkan dalam Laporan Brundtland, disiapkan pada tahun 1987, oleh Komisi Lingkungan Hidup dan pengembangan Perserikatan Bangsa-Bangsa, yang merupakan asal mula penyebaran luas istilah: Pembangunan berkelanjutan adalah “pembangunan yang memenuhi kebutuhan dan aspirasi. masa kini tanpa mengurangi kemampuan generasi masa depan untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri”.

Kedua konsep ini melekat dalam konsep ini: konsep kebutuhan lebih khusus kebutuhan esensial dari yang paling miskin yang sesuai untuk memberikan prioritas tertinggi, dan gagasan keterbatasan yang organisasi teknologi dan sosial diterapkan pada kapasitas lingkungan untuk memenuhi kebutuhan saat ini dan masa depan. Tujuan pembangunan berkelanjutan adalah untuk memastikan keberlanjutan manfaat bagi generasi masa depan sambil menjaga efisiensi ekonomi, keadilan sosial, dan tanggung jawab lingkungan. Keterkaitan kepentingan dari tonggak pembangunan pembangunan berkelanjutan (Gambar 1) dijelaskan sebagai berikut:

- Lingkungan: mengurangi emisi gas dan zat lain yang mempengaruhi lapisan ozon, memungkinkan penggunaan yang lebih baik dan pengelolaan energi yang lebih baik dan melindungi keanekaragaman hayati, dll.
- Ekonomi: untuk meningkatkan perusahaan dan sektor efisiensi kegiatan, mempromosikan praktik-praktik yang baik dan hubungan perdagangan, menumbuhkan inovasi, mempromosikan pasokan yang bertanggung jawab, dll.
- Sosial: Mempertahankan dan meningkatkan kondisi kerja, memungkinkan transfer pengetahuan dan keterampilan semua pemangku kepentingan, memungkinkan distribusi kekayaan yang memadai, mempromosikan jangkauan di lingkungan, dll.

2.2 Target Pembangunan Berkelanjutan

Meningkatnya tekad masyarakat untuk mencapai pembangunan berkelanjutan di semua bidang telah menjadi faktor yang berpengaruh bagi pemerintah yang menandatangani agenda 2030 pembangunan berkelanjutan (Sachs, 2012). *Sustainable Development*, atau biasa disingkat dengan SD digambarkan sebagai rencana aksi '5 P' untuk manusia (*people*), planet (*planet*), kemakmuran (*prosperity*), perdamaian (*peace*), dan kemitraan (*partnership*).



Gambar 1. Tiga Pilar Pembangunan berkelanjutan

Tujuannya untuk memastikan bahwa semua orang dapat mencapai potensi penuh mereka dengan kebanggaan dan keadilan dan dalam lingkungan yang sehat (*people*); dengan mengambil tindakan serius pada perubahan iklim untuk melindungi planet ini dari degradasi (*planet*); memastikan bahwa semua orang dapat menikmati kehidupan yang makmur dan bermanfaat (*prosperity*); menumbuhkan masyarakat yang damai, adil dan inklusif (*peace*) melalui kemitraan global dan solidaritas dengan semua pemangku kepentingan (*partnership*) untuk pembangunan berkelanjutan (PBB, 2015). Ilustrasi semua kategori diatas dapat digambarkan sebagai berikut.

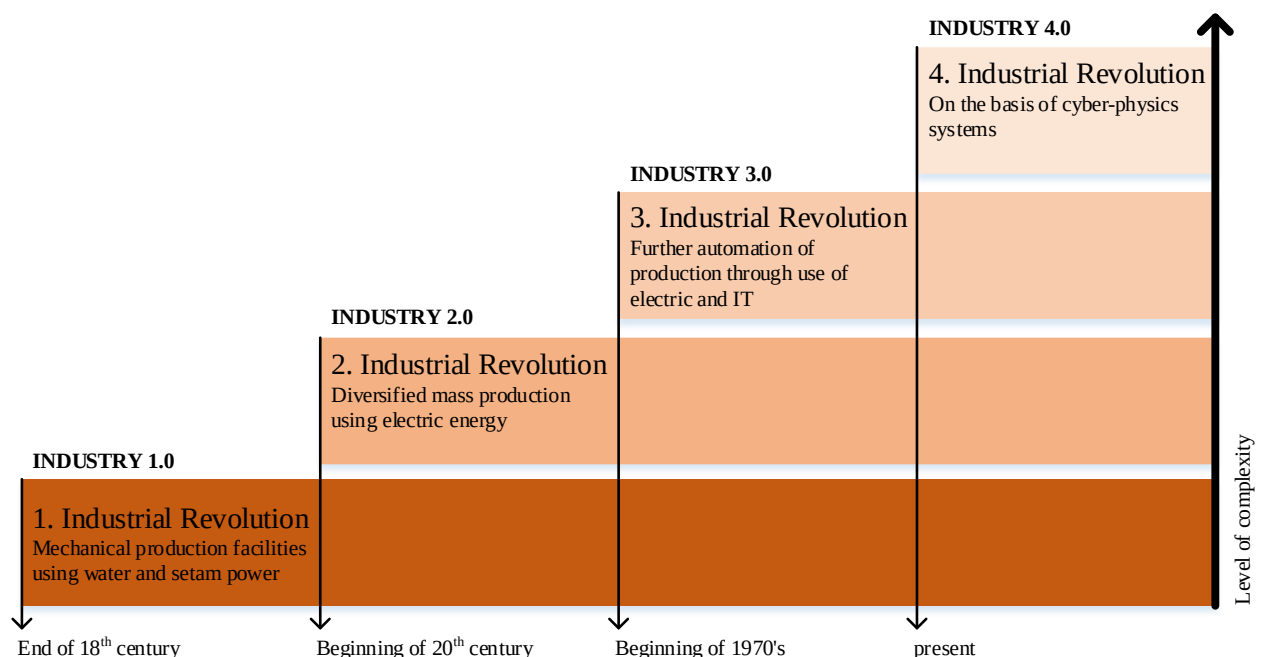


Gambar 2. Ilustrasi Rencana Aksi Pembangunan Berkelanjutan dan Tujuan

Penggerak utama tujuan pembangunan global baru untuk 15 tahun ke depan bertujuan meningkatkan kemakmuran dan kesejahteraan hingga 2030 dengan mengatasi tantangan ekonomi, sosial dan lingkungan yang dihadapi masyarakat saat ini (Griggs et al., 2015; IRF, 2015). Sasaran-sasaran transformasional ini berlaku secara universal untuk semua negara dan mengatasi tantangan untuk menghilangkan kemiskinan ekstrem, menjaga kelestarian lingkungan sambil mencapai kesejahteraan ekonomi dan sosial. Sebelumnya program MDG menargetkan negara-negara miskin dan berkembang tetapi SDG berlaku untuk semua negara maju dan berkembang (Glaser, 2012). Vergragt dan Quist (2011) meyakini bahwa strategi, rencana, dan proses untuk mencapai SDG harus menjadi proses multi-*stakeholders* di tingkat pemerintah nasional dan lokal yang melibatkan masyarakat sipil, bisnis, kelompok berbasis agama, dan akademisi.

2.3 Revolusi Industri 4.0

Industri 4.0 atau yang dikenal dengan istilah revolusi industri keempat, mengubah cara fungsi dunia usaha konstruksi itu sendiri, dimana system berperan sangat penting dan menjadi dasar pijakan selanjutnya (Gambar 3). Baldassari dan Roux (2017), revolusi baru ini tidak hanya produksi, tetapi juga cara penciptaan dan desain produk, proses dan organisasi, telah muncul karena masuknya berbagai pelaku baru ke dalam cara masyarakat dan fungsi usaha: kecerdasan buatan, pembelajaran mesin, kombinasi potensi perangkat keras, perangkat lunak, dan manusia. Karena transformasi dunia konstruksi yang cepat ini menciptakan atmosfer baru - atmosfer dengan metode manufaktur yang lebih efisien, jaringan industri kolaboratif dan proses rantai pasokan yang dioptimalkan untuk memulai, iklim dengan pandangan baru tentang desain dan pelaksanaan produksi - juga harus mengikuti pertanyaan tentang bagaimana pembangunan berkelanjutan cocok dengan lingkungan yang tidak dikenal dan unik. Pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*) - gagasan hidup, bekerja dan berkembang sebagai masyarakat, sambil melestarikan planet ini setidaknya dalam kondisi saat ini, adalah salah satu yang semakin banyak bisnis dan individu anggap penting. Dalam pengaturan baru ini, dengan peluang berlimpah yang muncul untuk bisnis, pertanyaan tentang pembangunan berkelanjutan tetap ada. Hal ini pula yang nanti dapat menjadi suatu ancaman yang harus diatasi serta mampu menjawab pertanyaan dan peluang pembangunan berkelanjutan yang disajikan oleh Industri 4.0.



Gambar 3. Tahapan Revolusi Industri 1.0 sampai dengan 4.0

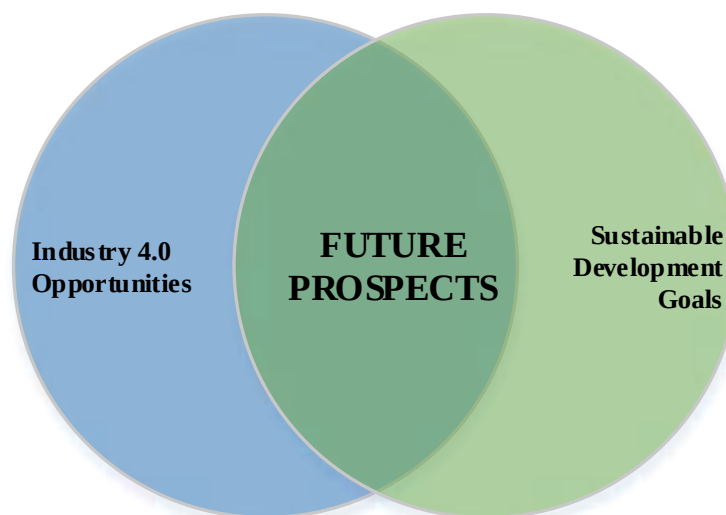
3. Metode Penelitian

Makalah ini mengadopsi sikap filosofis konstruktivis yang berpendapat bahwa realitas sepenuhnya dapat dipahami hanya melalui interpretasi subyektif dan intervensi dalam kenyataan (Creswell, 2003). Peneliti konstruktivis kemungkinan besar bergantung pada metode pengumpulan data kualitatif dan analisis (Mackenzie dan Knipe, 2006). Dalam paradigma penelitian kualitatif, fokus terpenting adalah bagi para peneliti untuk menangkap secara akurat pengalaman dan persepsi peserta yang terlibat dalam fenomena atau proses yang sedang diselidiki (Onwuegbuzie dan Johnson, 2006). Metode kualitatif berkaitan dengan kata-kata dan gambar di mana peneliti berusaha untuk menafsirkan makna dan penjelasan tentang cara orang berperilaku dan untuk mengembangkan pemahaman tentang konstruksi sosial. Studi ini, oleh karena itu, mengadopsi pendekatan penelitian kualitatif untuk pengumpulan dan analisis data. Data kualitatif dikumpulkan melalui metodologi penelitian partisipatif yang mencerminkan dan mengeksplorasi pengalaman peserta penelitian (Swain dan French, 2004) dan mendukung keterlibatan pemangku kepentingan penelitian dalam proses produksi pengetahuan (Bergold, 2007). Ini adalah tentang melakukan penelitian dengan dan untuk subyek penelitian; penelitian dengan orang-orang daripada pada orang-orang.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Perpotongan antara Elemen Industri 4.0 dan Tantangan SD

Seperti yang sudah dibahas, perkembangan yang terkait dengan kemunculan Industri 4.0 dapat dikaitkan dengan tantangan SD dalam upaya menyelesaikan yang terakhir. Penetrasi Industri 4.0 masih berlangsung dan semakin banyak proses dan peluang ini masih belum sepenuhnya tersedia bagi pemerintah untuk pencapaian tujuan SD, yang berdiri di depan semua negara. Selain itu, menemukan solusi untuk kurangnya kepemimpinan yang substansial dan motivasi untuk investasi, kesadaran, dll. Mungkin merupakan salah satu dari sedikit tantangan di depan SD, yang harus diatasi bukan oleh kemajuan teknologi, tetapi oleh orang-orang itu sendiri. Namun, sudah ada contoh solusi, terkait dengan inovasi Industri 4.0, yang membantu bersama dengan membuat masyarakat lebih baik, menyelamatkan nyawa, menciptakan efisiensi, interkonektivitas, dan pada akhirnya - pembangunan berkelanjutan.



Gambar 4. Perpotongan Tujuan Industri 4.0 dan Pembangunan Berkelanjutan

4.2 Ekologi Material Konstruksi untuk mencapai Tujuan SD

Peneliti yang berbeda memiliki pemahaman yang berbeda tentang bahan bangunan ekologis. Kami umumnya percaya bahwa bahan bangunan ekologis harus memiliki tiga karakteristik berikut: Bahan bangunan ekologis harus maju yang tidak hanya dapat memperluas area kehidupan manusia tetapi juga mengembangkan ruang yang lebih luas untuk kemanusiaan; Bahan bangunan ekologis harus memiliki kompatibilitas lingkungan. Ini tidak hanya dapat mengurangi bahaya pencemaran lingkungan dari pembangunan berkelanjutan dan kemajuan sosial, memastikan bahwa ruang lingkup kegiatan manusia dan lingkungan eksternal berkoordinasi dengan baik, dan meminimalkan konsumsi bahan dan energi dalam proses pembuatan, sehingga mengurangi limbah dan daur ulang. limbah yang dihasilkan dapat diproses, dipulihkan, dan didaur ulang, dan proses ini tidak menghasilkan polusi; Bahan bangunan ekologis harus menghibur, dan itu tidak hanya dapat menciptakan lingkungan hidup yang sehat selaras dengan alam tetapi juga membuat kehidupan manusia di lingkungan yang lebih indah dan nyaman. Bahan bangunan terintegrasi dengan tiga karakteristik bentuk bahan bangunan ekologis. Dengan kata lain, bahan bangunan atau teknologi yang memiliki karakteristik di atas dapat disebut "*eco-building*" atau "teknologi bahan bangunan ekologis."

Perbedaan antara bahan bangunan ekologis dan bahan bangunan tradisional adalah yang terakhir diberikan koordinasi lingkungan ekologis yang sangat baik, atau bahan bangunan yang memiliki fungsi membersihkan lingkungan dan memperbaiki lingkungan secara langsung. Bahan Bangunan Ekologis adalah prinsip panduan, dan tujuannya adalah untuk mencegah kerusakan lingkungan ekologis dan mempromosikan perlindungan aktivitas manusia pada sumber daya alam dan lingkungan, untuk memastikan bahwa bahan memiliki sifat yang lebih baik. Kita harus mengenali konsep bahan bangunan ekologis tidak pasti, dan itu adalah konsep yang dinamis dan berkembang. Ketika semua bahan cocok dengan "lingkungan ekologis", istilah bahan bangunan ekologis juga dapat menyelesaikan misi bersejarahnya. Tujuan dari penelitian bahan bangunan ekologi adalah untuk menemukan bahan yang diperlukan memiliki beban lingkungan terendah dalam pemrosesan, pembuatan, penggunaan, dan reproduksi, untuk memenuhi kebutuhan kelangsungan hidup dan pengembangan manusia. Dalam ulasan teori dan ringkasan rasionalitas bahan bangunan dan ilmiah dalam perjuangan untuk bertahan hidup dan pengembangan, dan menyatukan beban lingkungan pengembangan, persiapan, pengolahan, penggunaan dan daur ulang bahan bangunan dan kinerja bahan dan fungsi dan kapasitas lingkungan dalam satu, dan berusaha keras untuk berkoordinasi. Inti dari pemikiran ini adalah untuk meminta orang dalam menggunakan bahan bangunan untuk mencapai perkembangan yang harmonis antara manusia dan alam.

4.3 Pembangunan Berkelanjutan dalam Perancangan Awal

Desain awal sebagai tahap desain konsep proyek, derajat kepeduliannya terhadap lingkungan secara langsung mempengaruhi dampak pada lingkungan entitas proyek dalam konstruksi, operasi, dan tahap pembongkaran pamungkas. Atas dasar memastikan konsep keselamatan, kemudahan, kenyamanan, ekonomi, lingkungan harus dimasukkan ke dalam semua aspek perencanaan dan desain proyek, yang merupakan sistem kompleks yang melibatkan berbagai disiplin ilmu teknik. Perencanaan dan desain harus menggabungkan karakteristik ekologi, geografis, budaya dan lingkungan setempat, untuk mengumpulkan informasi tentang iklim, sumber daya air, penggunaan lahan, transportasi, infrastruktur, sistem energi, lingkungan manusia, dll., Dan berusaha untuk mencapai kombinasi organik proyek dan lingkungan ekologis dan budaya di sekitarnya, meningkatkan kenyamanan dan kesehatan manusia untuk memaksimalkan penggunaan energi dan bahan secara efisien, sehingga mendapatkan pembangunan berkelanjutan. Dengan kata lain, perkenalkan konsep pembangunan berkelanjutan ke dalam tahap desain awal teknik sipil dan menawarkan kriteria desain baru dan metode untuk teknik sipil. Singkatnya, kriteria dan metode desain teknik sipil mencakup empat aspek berikut:

4.3.1 Simbiosis proyek dan alam.

Tujuan dari proyek dan simbiosis alam adalah untuk melindungi lingkungan, menggunakan lingkungan dan pertahanan alam. Untuk melindungi lingkungan, kita harus mempertimbangkan isu-isu berikut dalam fase desain pendahuluan: perlindungan sistem ekologi global, mengurangi emisi CO₂ dan polutan atmosfer lainnya: pengolahan dan pembuangan limbah rekayasa; fokus pada kondisi iklim dan sumber daya teritorial; menjaga keseimbangan ekosistem dengan lingkungan sekitarnya. Untuk mengambil keuntungan dari lingkungan, kita dapat mengambil keuntungan dari matahari, angin, panas bumi untuk pemanasan, penyediaan panas, pembangkit listrik, penerangan dan ventilasi dengan struktur teknik: penggunaan air yang efisien, pengaturan sistem daur ulang air; sepenuhnya mempertimbangkan lingkungan alami di sekitar area, mengurangi konstruksi lingkungan buatan: menggunakan sumber daya alam tidak berbahaya lainnya.

4.3.2 Menerapkan teknologi hemat energi untuk mengurangi dampak lingkungan.

Untuk mengurangi dampak lingkungan dari proyek, kita harus secara aktif mengadopsi teknologi hemat energi baru. Untuk mengurangi konsumsi energi, kita harus menghemat dan menggunakan energi secara efisien, seperti sistem hemat air, sistem pencahayaan penyesuaian otomatis berdasarkan intensitas cahaya matahari, sistem ventilasi lokal; itu juga harus mencoba mendaur ulang energi, misalnya, penggunaan energi sekunder, sistem penyimpanan panas, sistem pemulihan panas limbah. Untuk memperpanjang umur proyek, pada tahap desain awal, orang harus menggunakan penuh bahan yang tahan lama; dan dalam tahap desain, orang harus mempertimbangkan pemeliharaan, perbaikan, pembaruan struktur di masa depan; poros peralatan, ruang, luas bangunan, ketinggian lantai, beban, dll. harus meninggalkan ruang untuk pengembangan. Tingkatkan penggunaan bahan ramah lingkungan yang tidak menghasilkan fluoride, NO dalam disintegrasi, regenerasi; intensitas penggunaan bahan alami tidak boleh merusak sistem regenerasi alami sebagai prasyarat; dengan penuh semangat mempromosikan penggunaan bahan daur ulang dan terbarukan.

4.3.3 Proyek daur ulang.

Proyek jenis daur ulang meliputi yang berikut: dalam penggunaan teknik, mereka dapat menjaga sistem peralatan yang berjalan secara ekonomis, memperkenalkan sistem manajemen yang cerdas untuk mengurangi manajemen proyek, biaya operasi; menggunakan regenerasi yang mudah dan bahan habis pakai teknik umur panjang; dalam kursus teknik, air limbah yang dihasilkan, gas buang dibuang setelah diproses suara. Untuk memfasilitasi regenerasi proyek, jenis peralatan harus dipindahkan sejauh mungkin dari pusat ke arah dinding luar untuk memfasilitasi penggantian peralatan; bermain penuh untuk kemungkinan menggunakan proyek dan menggunakan karya-karya lama dengan memperbaiki teknologi dan peralatan; rekayasa lama untuk transformasi energi.

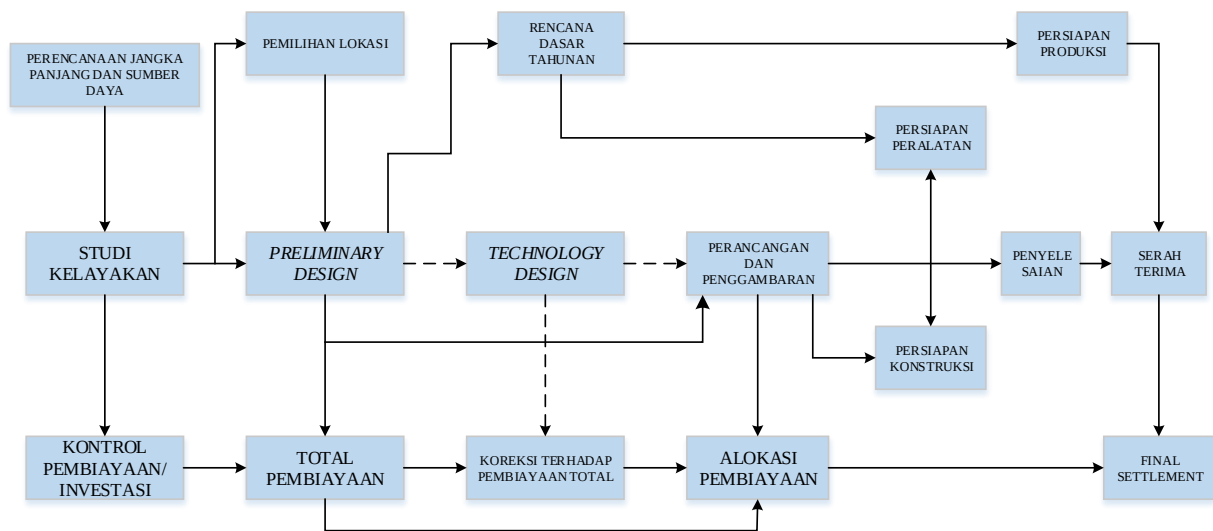
4.3.4 Ciptakan lingkungan yang sehat dan nyaman.

Lingkungan yang sehat dan nyaman memerlukan proyek yang menggunakan bahan-bahan tanpa membahayakan kesehatan manusia, menekan radiasi berbahaya, gelombang radio, gas, dll., Sejalan dengan desain ergonomis, dan dapat memastikan kualitas udara yang baik, suhu dan kelembaban, penglihatan lingkungan yang ringan dan lingkungan yang sehat.

Dengan demikian, tahap desain awal dari konstruksi teknik sipil adalah untuk memenuhi prinsip-prinsip konstruksi pembangunan berkelanjutan yang banyak pekerjaan harus lakukan, oleh karena itu, sebagai praktisi teknik sipil, kita harus mengambil pertimbangan penuh masalah dalam teknik sipil dan selalu memperhatikan koordinasi teknik dan lingkungan, dengan menggunakan semua bahan hijau baru dan proses yang dapat digunakan untuk mempersiapkan fase desain awal, meletakkan dasar untuk desain teknis dan desain konstruksi berikutnya, untuk membuat penyelesaian proyek benar-benar tercapai pembangunan berkelanjutan.

4.4 Pembangunan Berkelanjutan Tahap Perancangan Konstruksi

Untuk teknik sipil besar, umumnya dibangun sesuai dengan prosedur konstruksi dasar, langkah-langkah konkret ditunjukkan pada Gambar. 1. Dari gambar, desain awal, desain teknis, dan desain konstruksi tiga tahap adalah tiga langkah-langkah di bagian desain. Tahap desain pendahuluan terutama mengikuti tugas-tugas konstruksi, melalui penelitian, mempertimbangkan persyaratan fungsional, jumlah investasi, pasokan bahan, kondisi lingkungan dan hidrogeologis, struktur dan konstruksi, peralatan, daya, dan konstruksi, dll, untuk membuat desain awal. Ini termasuk gambar program proyek yang diusulkan, brosur, dan anggaran. Meninjau dan menyetujui dokumen desain awal adalah dasar dari pekerjaan persiapan konstruksi. Desain teknis, juga dikenal sebagai "desain awal diperluas", untuk proyek-proyek besar dan kompleks, langkah ini sangat penting. Isi desain teknis adalah untuk mengoordinasikan persiapan jenis gambar terkait, spesifikasi, dan anggaran. Dokumen desain teknis pengajuan dan persetujuan adalah dasar untuk mempersiapkan gambar konstruksi dan pesanan peralatan dan juga memantau alokasi modal dan penggunaan dana. Akhirnya, desain konstruksi meliputi menentukan ukuran keseluruhan proyek, bahan, struktur gambar konstruksi, konstruksi, peralatan, spesifikasi, perhitungan, dan anggaran.



Gambar 5. Skema Modal Pembangunan Berkelanjutan

Tahap desain gambar konstruksi adalah untuk menentukan dimensi utama, bahan, struktur, konstruksi, peralatan, dll. Dari seluruh proyek, sehingga memberikan panduan gambar konstruksi, spesifikasi, perhitungan, dan anggaran. Oleh karena itu, pekerjaan tahap desain konstruksi lebih kompleks dan canggih. Ini termasuk pemilihan bahan, penentuan scantling, dan pengaturan yang wajar dan langkah-langkah struktural mengadopsi, lokasi peralatan. Perbedaan kecil mungkin memainkan dampak yang sangat besar pada daya tahan, keamanan, dan ekonomi seluruh proyek. Oleh karena itu, masalah pembangunan berkelanjutan pada tahap ini perlu studi lebih lanjut, seperti penggunaan metode inovatif dan bahan-bahan baru telah mengarah pada norma yang ada di balik perkembangan zaman, yang mengharuskan segera melakukan revisi menyeluruh terhadap norma yang ada; meneliti dan mengembangkan perangkat lunak desain optimasi dan secara aktif melakukan desain optimasi, untuk membuat struktur proyek benar-benar mencapai "keamanan, ekonomi," dan seterusnya.

5. Kesimpulan

Pembangunan berkelanjutan adalah konsep ruang dan waktu. Bagi para praktisi teknik sipil, berdasarkan pemahaman konsep dan konotasi pembangunan berkelanjutan, yang harus kita lakukan di tempat kerja adalah mengambil teori pembangunan berkelanjutan sebagai pedoman, dengan sungguh-sungguh

menerapkan pemikiran pembangunan berkelanjutan, membangun proyek-proyek hijau dengan penuh semangat, dan memberikan kontribusi kepada pembangunan berkelanjutan negara kita dan dunia. Kami mendapatkan kesimpulan berikut: Mempelajari isu-isu pembangunan berkelanjutan dari bahan teknik sipil, menekankan bahan hijau dan kinerja tinggi dari teknik sipil, menerapkan hasil penelitian dan pengembangan tepat waktu ke dalam proyek-proyek praktis, sehingga mengurangi penggunaan bahan baku dalam pembuatan, penggunaan, dan pengolahan limbah menghasilkan dampak buruk pada lingkungan global. Ini bermanfaat untuk kelangsungan hidup dan kesehatan manusia. Dari sudut pandang jangka panjang, ini mendukung pembangunan berkelanjutan untuk generasi mendatang. Studi tentang pembangunan berkelanjutan dalam fase desain teknik sipil dapat memandu pekerjaan desain masa depan. Ini dapat memandu pekerjaan desain awal kami di masa depan dalam sejumlah lingkup investasi tertentu untuk lebih memenuhi persyaratan berbagai fungsi, menggunakan bahan yang lebih ramah lingkungan, membuat proyek lebih sesuai dengan konstruksi dan ambient setelah konstruksi; dalam tahap desain teknis, dapat mengoordinasikan hubungan antara bangunan, struktur, dan konstruksi di bawah pengaruh banyak faktor, sehingga tiga faktor dapat bekerja sama secara erat; menekankan revisi keseluruhan dari beberapa norma yang ada yang terlibat dalam fase desain konstruksi, dan penelitian dan pengembangan perangkat lunak desain, serta optimalisasi pekerjaan desain, dilakukan dalam proyek aktual untuk membuat struktur proyek benar-benar mencapai "keamanan, ekonomi".

Studi pembangunan berkelanjutan tentang teknik sipil dapat memandu bagaimana memilih dan mengambil tindakan yang sesuai secara aktif dalam tahap konstruksi sesuai dengan kondisi di tempat untuk mengurangi efek buruk yang ditimbulkan oleh faktor-faktor yang tidak dapat dihindari bagi ekosistem, mengurangi ketidaknyamanan dan masalah di sekitar, dan menggunakan ilmu pengetahuan manajemen untuk memperkuat manajemen pekerja konstruksi dan meningkatkan kesadaran keselamatan pekerja konstruksi bahwa proses konstruksi teknik sipil berkelanjutan.

Daftar Rujukan

- Baldassari, P. and Roux, J. D., 2017, Industry 4.0: Preparing for the Future of Work. *People & Strategy*, 40(3), pp. 20-23
- Bergold, J., 2007, Participatory strategies in community psychology research: A short survey. In: A Bokszczanin (Ed.) *Poland welcomes community psychology: Proceedings from the 6th European Conference on Community Psychology*. Opole: Opole University Press, 57-66
- Creswell, J. W., 2003, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approach 2nd Edition*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Glaser, G., 2012, Policy: Base sustainable development goals on science, *Nature*, 491, 35.
- Grierson, D., 2009, Towards a Sustainable Built Environment. *CIC Start Online Innovation Review*, 1, 70-77.
- Griggs, D, Stafford Smith, M, Rockström, J, Ohman, M C, Gaffney, O, Glaser, G, Kanie, N, Noble, I, Steffen, W and Shyamsundar, P., 2014, An integrated framework for sustainable development goals. *Ecology and Society*, 19(4), 49
- Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B.V., Werner F and Ivanova M., 2016, A dynamic model and an algorithm for shortterm supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 54(2), pp. 386-402
- Kocsi, B. and Oláh, J., 2017, Potential Connections Of Unique Manufacturing And Industry 4.0. *LogForum*, 13(4), pp. 389-400.
- Mackenzie, N and Knipe, S., 2006, Research dilemmas: Paradigms, methods and methodology. *Issues in Educational Research*, 16(2), 193-205
- Onwuegbuzie, A J and Johnson, R B., 2006, The validity issue in mixed research. *Research in the Schools*, 13(1), 48-63.
- Sachs, J D, Schmidt-Traub, G and Durand-Delacre, D, 2016, Preliminary Sustainable Development Goal (SDG) Index and Dashboard, *SDSN Working Paper*. Available from <http://unsdsn.org/resources/publications/sdg-index/> [Accessed 15th October 2019]

Pengaruh Perlakuan Proses Pendinginan Normalizing Terhadap Hasil Peleburan Batuan Basalt Mataram Baru Lampung Timur

David Candra Birawidha¹, Kusno Isnugroho¹, Yusup Hendronursito¹, Muhammad Amin¹, Muhammad Al-Muttaqii^{1*}

¹Balai Penelitian Teknologi Mineral - LIPI, Lampung, 35361, Indonesia

E-mail korespondensi: almuttaqiimuhammad@gmail.com

Abstrak. Telah dilakukan proses penelitian tentang peleburan batuan basalt dari kecamatan Mataram Baru kabupaten Lampung Timur. Proses peleburan dilakukan pada temperatur 1500°C dalam tungku peleburan dengan jenis tungku tegak mini. Dalam proses pencetakan cairan batuan basalt, dilakukan proses pendinginan normalizing yaitu pendinginan di udara terbuka untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat karakteristik hasil yang terbentuk. Dari proses analisa XRD yang dilakukan, didapatkan struktur kristal produk hasil pengecoran batuan basalt yang berbentuk amorf. Dikarenakan dalam proses pendinginannya menuju temperatur kamar memakan waktu yang cukup lama, profil sayatan yang terjadi pada hasil cetakan batuan basalt menjadi terbagi dua. Untuk bagian luar terbentuk karakteristik fisik yang getas seperti kaca, sedangkan bagian dalam terbentuk karakteristik yang lebih keras dan padat. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji kompresi untuk bagian dalam hasil pendinginan basalt mempunyai nilai 28 kgf/cm² akan tetapi masih tetap berstruktur amorphous sedangkan bagian luar tidak dapat terukur dikarenakan sifatnya yang rapuh.

Kata kunci: Basalt, peleburan, pendinginan, normalizing, amorphous

1. Pendahuluan

Proses pendinginan normalizing adalah proses perlakuan panas dimana proses pemanasan mencapai temperatur austenisasi (temperatur eutectoid), dan kemudian didinginkan perlahan pada udara (still air atau slightly agitated air). Pada umumnya, proses normalizing dilakukan pada material logam dan paduannya yaitu pada temperatur 55°C diatas upper critical line pada diagram fasa Fe – Fe₃C. Tujuan dari proses normalizing sangat bervariasi. Normalizing dapat meningkatkan atau menurunkan kekuatan dan kekerasan dari suatu material, bergantung pada perlakuan panas dan sifat mekanik dari material sebelum dilakukan proses normalizing. Tetapi secara umum tujuan dari proses normalizing adalah untuk meningkatkan mampu mesin (machinability), grain-structure refinement, homogenisasi, dan mengatur atau memodifikasi residual stress yang ada pada baja.[1]

Teknologi pemrosesan batuan basalt terbagi menjadi 3 kategori yaitu menjadi basalt fiber, basalt cast dan keramik dimana telah dikembangkan di negara negara Eropa timur, Cina dan Jerman. Di Indonesia, cadangan batuan basalt yang terdata mencapai 1 milyar ton lebih. Keberadaan deposit batuan basalt tersebar diberbagai wilayah di Indonesia, mulai dari Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Di propinsi Lampung, batuan basalt dapat ditemukan di kecamatan Mataram baru, Jabung, Bumi agung, Marga tiga, Sukadana dan Labuhan maringgai yang merupakan wilayah kabupaten Lampung Timur. Total deposit batuan basalt di Lampung Timur melebihi 10 Juta m³. Potensi batuan basalt di kabupaten Lampung Timur belum digunakan secara optimal [2]. Dari hasil pengamatan di lokasi penambangan, batuan basalt dilokasi ini ditambang dengan cara tradisional oleh masyarakat sekitar. Tercatat ada beberapa perusahaan pertambangan yang melakukan aktivitas penambangan batuan basalt tetapi tidak dilakukan secara

berlanjut. Peralatan berat dan peralatan untuk pemrosesan batuan dilokasi penambangan sangat sedikit bahkan jarang ditemukan. Sehingga tidak jarang terlihat aktivitas proses penghancuran batuan dilakukan secara tradisional menggunakan tenaga manusia. Hasil akhir dari pemrosesan batuan basalt di Lampung Timur masih terbatas pada batuan split dimana digunakan pada konstruksi bangunan ataupun konstruksi sipil sehingga penambahan nilai tambahnya sangat rendah. Potensi batuan basalt untuk menjadi material bernilai tambah tinggi sangat besar dikarenakan mempunyai sifat mekanis yang cukup baik terhadap strength, hardness dan toughness, selain itu memiliki density yang cukup rendah, tahan temperatur tinggi, murah dan tidak berbahaya terhadap lingkungan sekitar. [3,4]

Proses peningkatan nilai tambah, dapat dilakukan dengan menerapkan proses perlakuan panas terhadap batuan basalt non proses atau raw. Proses pengolahan dengan melibatkan temperatur terutama hingga mencapai titik melting adalah untuk mendapatkan formasi struktur kristal yang diinginkan. Perubahan susunan dan struktur kristal produk batuan basalt dapat memberikan variasi karakteristik mekanis dari hasil produk pengecoran dikarenakan formasi kristal merupakan gugus fungsi antara komposisi kimia saat kondisi leleh dan laju pendinginannya [5] sehingga akan mempengaruhi sifat mekanis yang terbentuk. Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pada perlakuan proses pendinginan secara normalizing dikarenakan terjadi fenomena yang menarik terjadi. Selama proses pendinginan terjadi fenomena kapsulisasi yang menyebabkan terjadi dua sifat mekanis yang berbeda dalam satu produk

2. Eksperimental

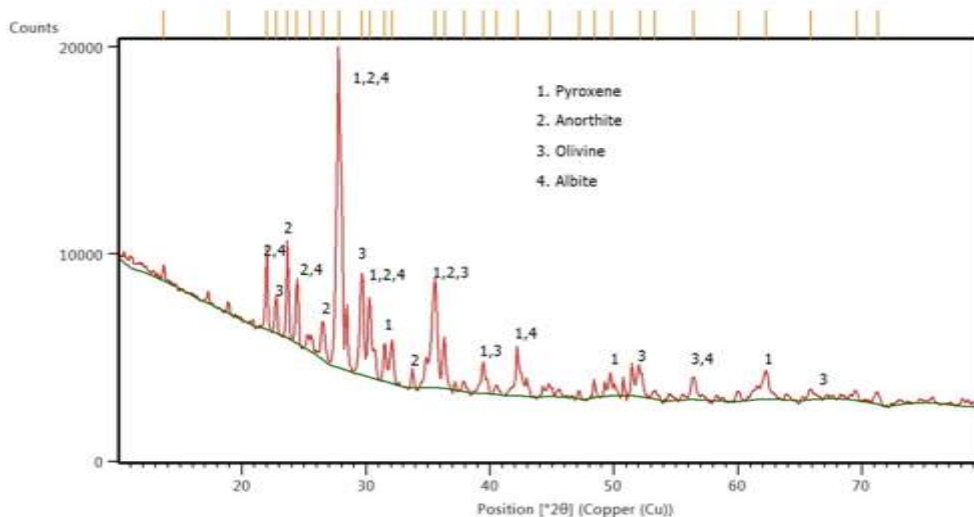
Proses penelitian ini dimulai dengan mengkarakterisasi sampel awal batuan basalt dari kecamatan Mataram Baru kabupaten Lampung Timur. Proses karakterisasi dilakukan dengan menganalisa komposisi batuan dengan analisa XRF dan XRD. Proses analisa XRF menggunakan Epsilon 4 XRF Spectrometer dari Malvern Panalytical dan analisa XRD dilakukan dengan Panalytical Xpert 3 Powder XRD dari perusahaan yang sama. Proses penelitian dilanjutkan dengan melebur batuan basalt Mataram Baru Lampung Timur ke dalam tungku tegak mini dengan bahan bakar kokas. Preparasi bahan baku dilakukan dengan melakukan penghancuran batuan basalt untuk mendapatkan dimensi 3 – 5 cm. Proses peleburan basalt dilakukan dengan sistem batch yaitu komposisi campuran basalt dan kokas diatur sesuai dengan kondisi temperatur yang diinginkan. Proses peleburan batuan basalt terjadi pada temperatur 1500°C dengan temperatur maksimal tercapai 1600°C. Untuk proses penuangan basalt cair dilakukan dengan sistem pendinginan normalizing atau membeku dalam lingkungan udara sekitar. Hasil dari proses peleburan kemudian dianalisa menggunakan XRD untuk diketahui pengaruh yang terjadi. Selain itu produk basalt hasil pengecoran jg dianalisa secara penampakan makronya dan dilakukan uji kompresi menggunakan UTM dari HungTa.

3. Pembahasan

Dilakukan proses analisa XRD dan XRF terhadap sampel asli batuan basalt Mataram Baru, Lampung Timur yang hasilnya dapat dilihat di gambar 1 dan tabel 1. Terlihat dari hasil pembacaan XRF, unsur dominan dari batuan basalt adalah silika (SiO_2) dengan konsentrasi 48,418%. Selain silika, batuan basalt mataram baru juga kaya akan mineral lainnya walaupun tidak banyak persen konsentrasinya, akan tetapi dengan adanya berbagai macam mineral ini memberikan pengaruh yang signifikan terhadap proses peleburan batuan basalt ini. Dilihat dari pembacaan analisa XRD, batuan basalt tersusun atas fasa pyroxene, olivine, anorthite dan albite, dimana merupakan fasa fasa utama yang sering ditemui dalam batuan basalt. Berdasarkan tabel 1, kandungan besi (Fe_2O_3) dari basalt sebagai unsur utama pembentuk olivine adalah 12,595% yang tergolong cukup tinggi untuk jenis batuan basalt. Dari pembacaan XRD, olivine mewakili cukup banyak puncak yang terbaca dari pembacaan hasil. Ini menunjukkan kandungan fasa olivine yang terbentuk cukup besar dimana akan menyebabkan tingginya temperatur melting dari basalt dibuktikan saat proses peleburan, temperatur melting yang dibutuhkan menunjukkan temperatur lebih dari 1500°C.

Tabel 1. Karakterisasi batuan basalt Mataram Baru, Lampung Timur dengan XRF

No	Compound	Concentration	Unit	No	Compound	Concentration	Unit
1	Na	3.528	%	1	Na ₂ O	3.356	%
2	Mg	4.107	%	2	MgO	4.561	%
3	Al	15.527	%	3	Al ₂ O ₃	18.82	%
4	Si	38.469	%	4	SiO ₂	48.418	%
5	S	70.2	ppm	5	SO ₃	90.8	ppm
6	K	1.038	%	6	K ₂ O	0.636	%
7	Ca	14.137	%	7	CaO	9.761	%
8	Ti	1.74	%	8	TiO ₂	1.329	%
9	V	527.7	ppm	9	V ₂ O ₅	418.7	ppm
10	Cr	907	ppm	10	Cr ₂ O ₃	606.7	ppm
11	Mn	0.344	%	11	MnO	0.194	%
12	Fe	20.511	%	12	Fe ₂ O ₃	12.595	%
13	Ni	488.5	ppm	13	NiO	237.6	ppm
14	Cu	238.2	ppm	14	CuO	116	ppm
15	Zn	307.9	ppm	15	ZnO	149.1	ppm
16	Ga	40.1	ppm	16	Ga ₂ O ₃	21	ppm
17	Rb	42.9	ppm	17	Rb ₂ O	17.7	ppm
18	Sr	0.113	%	18	SrO	516.9	ppm
19	Y	37.3	ppm	19	Y ₂ O ₃	18.2	ppm
20	Zr	183.5	ppm	20	ZrO ₂	95.6	ppm
21	Sn	417.4	ppm	21	SnO ₂	210.4	ppm
22	Te	160.3	ppm	22	TeO ₂	80.4	ppm
23	Eu	0.137	%	23	Eu ₂ O ₃	703.2	ppm
24	Re	37.5	ppm	24	IrO ₂	9.9	ppm
25	Ir	22.1	ppm	25	Re	14.6	ppm



Gambar 1. Hasil analisa XRD batuan basalt Mataram Baru, Lampung Timur

Melalui proses peleburan batuan basalt yang ditunjukkan pada gambar 2a, batuan basalt dilakukan peleburan menggunakan tungku tegak mini dengan temperatur basalt cair mencapai 1500°C. Saat dilakukan

proses tapping cairan dari lubang taphole, produk basalt cair dilakukan proses pendinginan di udara terbuka pada saat proses pencetakan seperti terlihat pada gambar 2b.



(a)

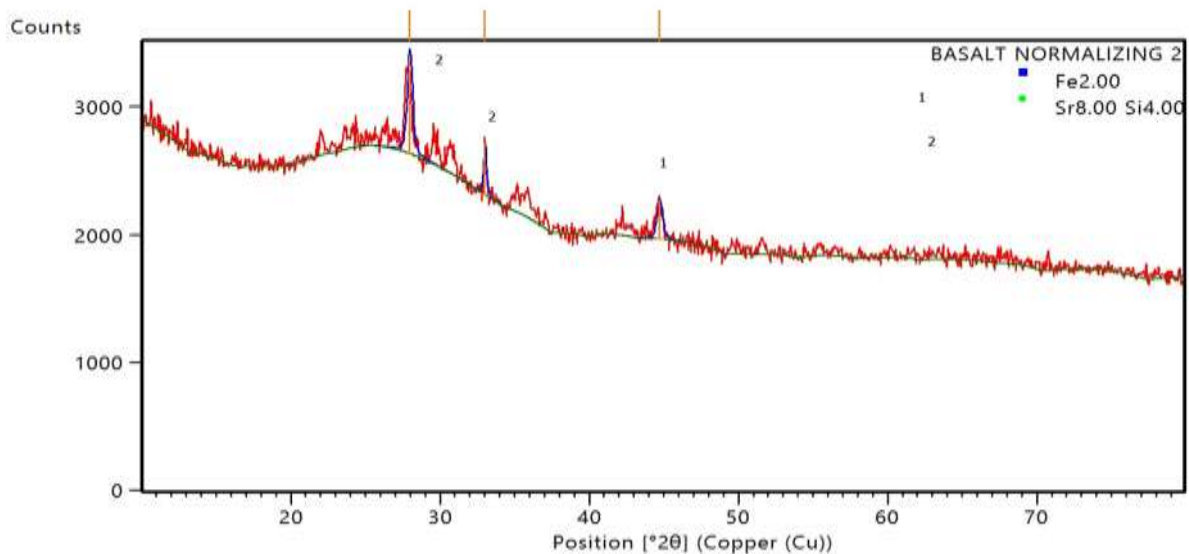
(b)

Gambar 2. (a) Proses peleburan batuan basalt menggunakan tungku tegak, (b) Basalt produk dengan pendinginan normalizing

Berdasarkan gambar 3, terlihat dalam sayatan produk pengecoran basalt seperti terlihat terbagi menjadi 2 lapisan. Untuk bagian terluar, terbentuk morfologi produk yang getas dan glass dicirikan dengan warna yang hijau kegelapan dan terlihat halus mengkilat pada patahannya. Untuk bagian dalamnya terlihat morfologi yang lebih kasar pada potongan patahannya yang menandakan lebih ulet dari lapisan luarnya. Terlihat dari gambar 4, hasil analisa XRD menunjukkan produk pengecoran basalt dikategorikan material amorphous, dengan ditandai dengan sedikit terbentuknya puncak kristalisasi yang terbentuk. Adapun puncak kristalisasi yang terbentuk hanyalah fase alfa (Fe dan Sr) saja. Akan tetapi, walaupun bersifat amorphous, produk hasil pengecoran basalt mempunyai karakteristik yang berbeda antara bagian dalam dan luar.



Gambar 3. Sayatan patahan produk pengecoran basalt dengan pendinginan normalizing



Gambar 4. Hasil analisa XRD pengecoran basalt pendinginan normalizing

Hal ini terjadi dikarenakan terjadi proses kapsulisasi dimana saat proses tapping, cairan awal yang keluar tertutupi oleh cairan selanjutnya sehingga cairan terdalam mempunyai laju pendinginan yang lebih lambat dari cairan lapisan luar. Perbedaan karakteristik ini terjadi karena cairan basalt panas bersifat reaktif terhadap perubahan temperatur yang terjadi, dengan semakin terpapar dengan udara yang mempunyai temperatur lebih rendah dari cairan basalt, penurunan temperatur pendinginannya akan semakin cepat sehingga atom penyusun kristal tidak mempunyai cukup waktu untuk merapat atau tersusun dengan sempurna. Berbeda dengan bagian dalam, walaupun dengan laju penurunan temperatur yang terjadi tetap menyebabkan batuan basalt bersifat amorphous, proses solidifikasi fasa masih berlangsung, dengan penurunan temperatur yang tidak terlalu cepat masih memberikan ruang dan waktu kepada atom atom pembentuk kristal untuk berikatan lebih rapat dan teratur yang menyebabkan sifat mekanis basalt bagian dalam lebih keras dan tangguh dari lapisan bagian luar. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian kompresi menggunakan mesin UTM, didapatkan angka 28 kgf/cm² sedangkan bagian luarnya tidak terbaca oleh alat uji krn terlalu getas.

4. Kesimpulan

Pengecoran batuan basalt Mataram Baru kabupaten Lampung Timur dengan diberlakukan proses pendinginan normalizing memberikan hasil produk basalt yang bersifat amorphous. Akan tetapi, walaupun bersifat amorphous, terjadi 2 karakteristik mekanis yang berbeda antara lapisan luar cetakan dan lapisan dalam produk basalt cor. Untuk lapisan luar terbentuk morfologi yang rapuh dan mudah hancur, sedangkan bagian lapisan terdalam terbentuk morfologi yang lebih keras dan tangguh.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Balai Penelitian Teknologi Mineral – LIPI Lampung atas dukungan dana dan sarana prasarana yang diberikan Daftar Pustaka

Daftar pustaka

ASM International, ASM Handbook volume 4 Heat Treating, ASM International, 2005
K Isnugroho *et al*, *IOP Conference Series: Material Science Engineering*, **285** 012014, 2018

- A Todic, D Cikara, V Lazic, T Todic, I Camagie, A Skulic, 2013, Examination of wear resistance of polymer – basalt composites : Tribology in Industry
- Subagia A, Atmika A, Parwata M.D, Ketahanan aus gesek kampas rem berbasis komposit epoxy dengan penguat bubuk basalt, Seminar Nasional Sains dan Teknologi, pp 1469 – 1474, 2015
- Yildirim, I.Z, Prezzi, M, Chemical, Mineralogical and Morphological Properties of Steel Slag, Advances in Civil Engineering, 2011

Penerapan teknologi pompa tanpa motor (*hydraulic ram pump*) untuk membantu irigasi pertanian masyarakat di Sumberrejo Kecamatan Kemiling Bandar Lampung

Jorfri Boike Sinaga¹, Raja Aman Simarmata², Harnowo Supriadi³, dan Novri Tanti⁴

^{1, 2, 3, 4}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: jorfri6@yahoo.com

Abstrak. Provinsi Lampung merupakan daerah penghasil beras, tetapi penanaman padi di wilayah ini sering mengalami gagal panen akibat defisit air. Hal ini disebabkan oleh banyak daerah pertanian masih belum memiliki sistem irigasi seperti yang ditemukan di Sumberrejo, kecamatan kemiling. Solusi yang digunakan untuk memenuhi ketersediaan air adalah menggunakan teknologi pompa hydram. Dengan adanya pompa hydram dapat digunakan untuk membantu petani mengairi area pertanian mereka tanpa menggunakan mesin atau motor listrik. Hasil pengujian kinerja model pompa hydram, dengan head pasokan 1,5m dan delivery head 7m, maka diameter dan panjang pipa pasokan sebesar 2in. dan 11,3m. Berat dan diameter katup limbah sebesar 0,32kg dan 4,6cm, dan volume ruang udara 4,771cm³. Hasil pengujian diperoleh 4.182lit/min (6m³/hari). Dan jika 2 pompa digunakan 24 jam, total air dipompa 12m³/hari. Jumlah air ini dapat digunakan untuk mengairi lahan sawah sekitar 300 m².

Kata kunci: pompa hydram, pompa tanpa motor, pertanian, irigasi

1. Pendahuluan

Provinsi Lampung merupakan salah satu Provinsi yang memiliki potensi lahan pertanian yang cukup luas. Namun belakangan ini sering kita lihat terjadi kekurangan bahan pangan yang menimpa masyarakat pedesaan di daerah ini. Hal ini disebabkan banyak sawah-sawah yang gagal panen diakibatkan oleh kondisi kekeringan sehingga kebutuhan bahan makanan terutama padi sebagai bahan makanan pokok tidak tercukupi seperti yang terjadi pada sejumlah desa di Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung (Lebih Cepat.Com, 2009).

Lahan pertanian yang dijadikan sawah di Provinsi Lampung umumnya masih banyak belum dapat diari dengan sistem irigasi seperti areal persawahan yang terdapat di Kelurahan Sumberrejo, Kecamatan Kemiling Bandar Lampung. Daerah ini dihuni kurang lebih 200 kepala keluarga dengan sumber pencaharian utama adalah sebagai petani. Masyarakat di daerah ini dalam mengolah area persawahan atau area pertanian mereka sebagian masih hanya bergantung pada curah hujan yang turun. Sehingga areal persawahan di tempat ini tidak dapat ditanami pada musim kemarau karena sawah atau areal pertanian mengalami kekeringan yang mengakibatkan penurunan produksi tanaman padi.

Di sekitar areal persawahan di Sumberrejo ini terdapat aliran sungai Way Limus, namun aliran sungai ini tidak dapat dialirkan langsung ke areal persawahan karena aliran sungai Way Limus ini terdapat dibagian bawah permukaan sawah sehingga diperlukan pompa untuk mengalirkan air sungai Way Limus ke areal persawahan tersebut. Kondisi ini cukup memberatkan para petani karena tidak memiliki dana yang cukup untuk membangun bendungan, atau biaya untuk membeli pompa motor dan bahan bakar untuk pengoperasian pompa. Petani akan mengeluarkan sekitar Rp 120.000 untuk

biaya pengoperasian pompa selama delapan jam dan tentu hal ini sangat memberatkan bagi para petani.

Hal inilah yang mendorong tim peneliti untuk melakukan penerapan teknologi pompa tanpa motor untuk membantu mengairi areal persawahan petani dengan memanfaatkan energi tinggi jatuh aliran air Way Limus itu sendiri. Jadi dengan penggunaan pompa tanpa motor ini petani tidak perlu mengeluarkan biaya bahan bakar untuk pengoperasiannya, karena pompa tanpa motor ini bekerja secara otomatis dengan menggunakan energi aliran sungai Way Limus itu sendiri. Pengoperasian pompa tanpa motor ini juga hanya membutuhkan sedikit perawatan, karena tidak ada bagian yang bergesekan sehingga penggunaan oli secara rutin untuk perawatan tidak diperlukan seperti penggunaan pompa motor bensin atau diesel.



(a)

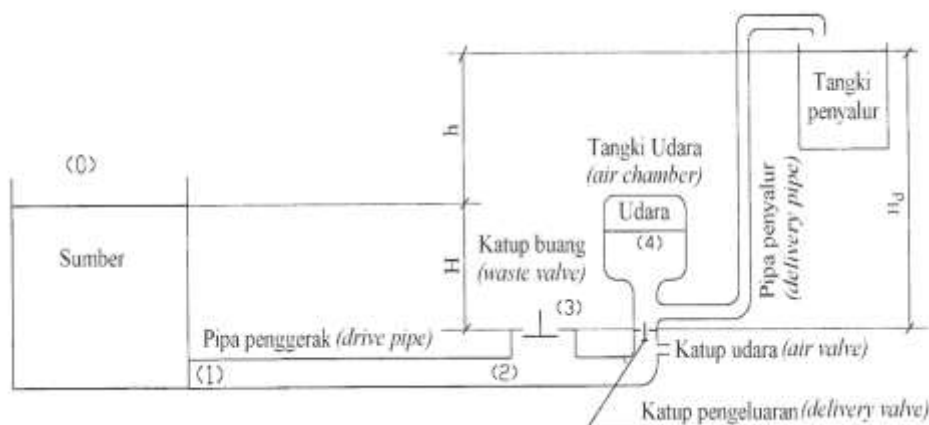


(b)

Gambar 1. (a) Areal persawahan petani masyarakat di Sumberrejo, (b) Potensi aliran air di sekitar areal persawahan petani.

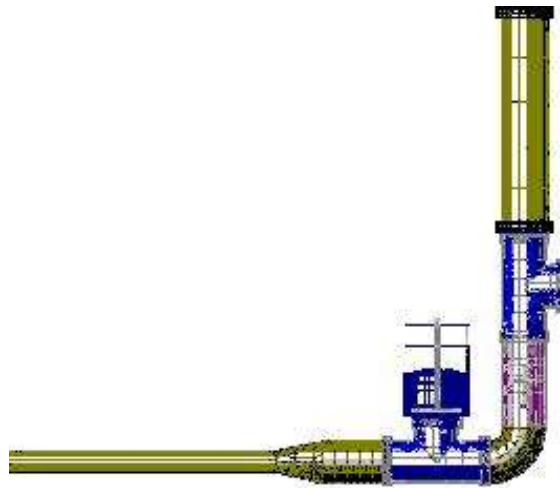
1. 1. Sistem Hydraulic Ram Pump

Gambar 2 menunjukkan diagram seluruh komponen sistem pompa hydraulic ram pump. Pompa hydraulic ram pump adalah suatu peralatan yang unik dimana peralatan ini menggunakan energi dari aliran air yang memiliki ketinggian jatuh rendah (H) sebagai energi suplai untuk memompa sebagian air ke tempat yang jauh lebih tinggi dari head sumber air (h). Aliran air yang kontinu mengakibatkan pengeoperasian pompa ini juga kontinu dengan tidak menggunakan sumber energi lain (Taye, 1999)



Gambar 2. Instalasi pompa hydraulic ram pump

Pompa *hydraulic ram pump* adalah satuan yang sederhana secara struktur, terdiri atas dua bagian yang bergerak yaitu: katup pembuangan (*waste valve*), dan katup pengeluaran (*delivery valve*) seperti dapat dilihat dalam Gambar 2. Unit ini juga terdiri atas tangki penyimpan udara (*air chamber*) dan katup udara masuk (*snifter valve*). Pengoperasian pompa *hydraulic ram pump* adalah intermitent akibat siklus pembukaan dan penutupan katup buang dan pengeluaran. Penutup katup buang akan mengakibatkan peningkatan tekanan yang tinggi di dalam pipa suplai (*drive pipe*). Tangki penyimpan udara dibutuhkan untuk mencegah tekanan yang tinggi ini dan digunakan untuk memompakan air yang mengalir secara intermitent menjadi suatu aliran yang kontinu. Katup udara memberikan udara masuk ke *hydraulic ram pump* menggantikan udara yang diabsorb oleh air akibat tekanan yang tinggi dan percampuran di dalam tangki udara (*air chamber*).



Gambar 3. Hasil rancangan model pompa tanpa motor (*hydrum pump*) (Saragih dan Sinaga, 2007; Sinaga dkk. 2010).

1.2 Kenaikan Tekanan di Dalam *Hydraulic Ram Pump*

Sebagaimana ditunjukkan sebelumnya, suatu hydrum memanfaatkan penutupan aliran yang tiba-tiba di dalam pipa untuk menghasilkan tekanan surge yang tinggi yang dikenal sebagai water hammer (David dan Edward, 1988). Jika aliran di dalam pipa yang tidak elastis diberhentikan tiba-tiba, kenaikan tekanan secara teoritik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\Delta H = \frac{V \times C}{g} \quad (1)$$

Dimana: ΔH adalah kenaikan tekanan (m), V adalah kecepatan fluida di dalam pipa (m/det), C adalah kecepatan gelombang suara di dalam fluida (m/det), dan g adalah percepatan akibat gravitasi bumi (m/det²).

Kecepatan gelombang suara di dalam fluida dihitung dengan menggunakan persamaan yang diusulkan David dan Edward (1988),

$$C = \left(\frac{Ev}{\rho} \right)^{1/2} \quad (2)$$

Dimana: Ev adalah modulus eleastisitas yang menggambarkan kompresibilitas fluida. Bilangan ini adalah perbandingan perubahan tekanan terhadap perubahan volume per satuan volume. Nilai

modulus elastisitas ini $2.07 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ untuk air, sehingga nilai kecepatan suara di dalam air adalah $C = 1440 \text{ m/s}$, dan ρ adalah massa jenis fluida (kg/m^3).

Persamaan 1 memberikan tekanan maksimum yang mungkin dapat dtimbulkan. Kenaikan tekanan sebenarnya akan lebih rendah dari nilai yang diberikan Persamaan 1, karena semua pipa memiliki nilai elastisitas dan tidak mungkin untuk menutup aliran di dalam pipa dengan seketika. Karena head (H) yang dihasilkan seperti pada Gambar 3, air mengalami percepatan di dalam pipa suplai (*drive pipe*) dan keluar melalui katup buang (*waste valve*). Percepatan ini diberikan oleh Persamaan 3 (Fox dan McDonald, 1995).

$$H - f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} - \sum k \frac{V^2}{2g} = \frac{L}{g} \frac{dV}{dt} \quad (3)$$

Dimana: H adalah head sumber (m), $f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$ adalah kerugian head di dalam pipa akibat gesekan (m), f adalah faktor gesekan (rumus Darcy-Weibach), $\sum k \frac{V^2}{2g}$ adalah jumlah seluruh kerugian head minor (m), k adalah suatu faktor untuk pengecilan atau pembesaran saluran, L adalah panjang pipa suplai (m), D adalah diameter pipa suplai (m), V adalah kecepatan aliran di dalam pipa (m/det), dan t adalah waktu (det).

Nilai-nilai untuk k dan f dapat diketahui dari buku teks mekanika fluida. Akhirnya aliran ini akan memiliki kecepatan yang cukup untuk memulai menutup katup buang (*waste valve*). Hal ini terjadi bila gaya geseran dan tekanan di dalam air sama dengan berat katup pembuangan. Gaya geseran dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini

$$F_d = C_d \times A_v \times \rho \times \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

Dimana: F_d adalah gaya geseran yang terjadi pada katup pembuangan (N), A_v adalah luas penampang katup pembuangan (m^2), ρ_w adalah massa jenis air = 1000 kg/m^3 , dan C_d adalah koefisien geseran katup pembuangan. Koefisien geseran C_d tergantung pada bilangan Reynolds aliran dan bentuk objek. Untuk benda sirkular, $C_d=1.12$.

Penerapan Persamaan Bernauli untuk titik 0 dan 3 pada Gambar 2, maka dihasilkan:

$$\frac{P_0}{\rho g} + \frac{V_0}{2g} + Z_0 - H_L = \frac{P_3}{\rho g} + \frac{V_3}{2g} + Z_3 \quad (5)$$

Dimana: P_0 adalah tekanan pada titik 0 dan sama dengan nol (tekanan atmosfer) (N/m^2), P_3 adalah tekanan pada titik 3 (N/m^2), V_0 adalah kecepatan pada titik 0 dan sama dengan 0 m/det, Z_0 adalah ketinggian titik 0 (H m), V_3 adalah kecepatan pada titik 3 dan sama dengan 0 m/det (tiba-tiba kecepatan ditutup dan berhenti secara tiba-tiba), Z_3 adalah ketinggian titik 3 sama dengan 0 m (titik *reference*), dan H_L adalah kerugian head (m).

Persamaan 5 disederhanakan menjadi persamaan di bawah ini dengan nilai-nilai di atas

$$H - H_L = \frac{P_3}{\rho g} \quad (6)$$

Gaya yang mempercepat fluida dapat ditentukan dengan menggunakan Hukum Newton II.

$$F = ma = \rho A L \frac{dV}{dt} \quad (7)$$

Dimana: F adalah gaya akibat percepatan (N), m adalah massa fluida yang dipercepat (kg), a adalah percepatan massa benda tersebut (m/det^2), A adalah luas penampang pipa suplai (*drive pipe*) (m^2), dan L adalah panjang pipa suplai (m)

Tekanan pada titik 3 P_3 ditentukan dengan membagi gaya F yang terdapat Persamaan 7 dengan luas permukaan A .

$$P_3 = \frac{F}{A} = \rho \times L \times \frac{dV}{dt} \quad (8)$$

Karena itu,

$$\frac{P_3}{\rho \times g} = \frac{L}{g} \times \frac{dV}{dt} \quad (9)$$

Dari Persamaan 6 dan 9 maka didapat:

$$H - H_L = \frac{L}{g} \times \frac{dV}{dt} \quad (10)$$

1. 3. Efisiensi Pompa

Ada dua metode yang umum digunakan untuk menghitung efisiensi pompa ini, yaitu metode Rankine dan metode D'Aubuisson yang masing-masing diberikan di bawah ini

$$\eta_{\text{Rankine}} = \frac{Q \times h}{((Q + Q_w) \times H)} \quad (11)$$

$$\eta_{\text{D'Aubuisson}} = \frac{Q \times H_d}{((Q + Q_w) \times H)} \quad (12)$$

Dimana: η adalah efisiensi pompa, Q adalah aliran yang dipompakan (lit/ men), Q_w adalah aliran yang terbuang (lit/men), H adalah head sumber di atas pembukaan katup pembuangan (m), h adalah head pompa di atas head sumber (m), dan H_d adalah head total di atas pembukaan katup pembuangan = $(H+h)$ (m)

1.4 Parameter-parameter dalam Perancangan *Hydraulic Ram Pump*

Beberapa parameter yang berhubungan dengan perancangan pompa hydraulic ram pump. Parameter-parameter ini adalah (Tessema, 2000):

- Panjang pipa suplai (L);
- Luas penampang pipa suplai (A);
- Diameter pipa suplai (D) dan ketebalan;
- Head sumber (H);
- Head penyaluran (h);
- Kerugian head gesekan di dalam pipa suplai;
- Kerugian head gesekan melalui katup pembuangan;
- Kerugian head gesekan pada katup penyaluran;
- Kecepatan pipa suplai ketika katup pembuangan mulai menutup (V_0);
- Kecepatan aliran stedi (V_s) yang melalui katup pembuangan ketika terbuka penuh;
- Berat katup (W);
- Langkah pemompaan (S);
- Luas orifice yang membuka katup (A_0);
- Luas penampang katup (A_v); dan

- Ukuran ruang udara.

Pipa suplai adalah suatu komponen yang penting dari suatu instalasi pompa *hydram*. Pipa suplai harus dapat menahan tekanan yang tinggi yang diakibatkan oleh penutupan katup pembuangan. Persamaan empirik untuk menentukan panjang pipa suplai (L) adalah:

$$150 < L/D < 1000 \quad (13)$$

Tangki udara direkomendasikan bahwa kira-kira 100 kali volume air yang akan dipompakan per siklus. Katup udara: Berbagai percobaan dengan berbagai ukuran menunjukkan bahwa ukuran katup udara tidak mempunyai pengaruh pada pengoperasian pompa *hydram*. Lubang kecil dengan diameter lebih kecil dari 1 mm dapat digunakan.

Katup buang: Luas penampang aliran (A_o) yang melalui katup pembuangan harus sama atau melebihi luas penampang pipa suplai untuk mencegah chocking aliran. Luas penampang katup pipa penyalur direkomendasikan 1.45 cm² untuk tiap liter air yang akan dipompakan.

Dengan katup impuls pemberat yang sederhana, head sumber tidak boleh melebihi dari 4 m, jika tidak katup akan menutup dengan cepat sehingga tidak dapat menghasilkan kerja. Dalam kasus yang demikian, katup harus dibantu dengan pegas atau mengatur penutupannya.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Prosedur dalam perancangan pompa tanpa motor (*hydram pump*) ini adalah:

1. Pengambilan data

Data-data mengenai potensi ketinggian jatuh air dan ketinggian pemompaan air diukur untuk mengetahui potensi energi aliran sebagai sumber energi untuk menggerakkan *hydram pump*.

2. Penentuan parameter-parameter *hydram pump*

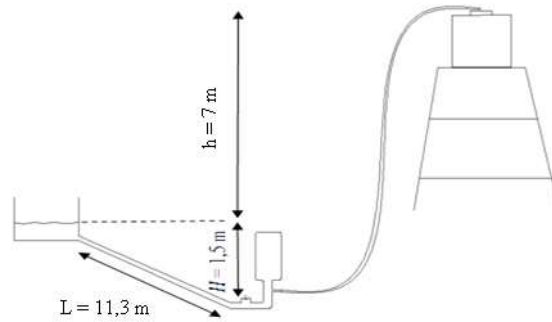
Berdasarkan potensi energi aliran air Way Limus dan acuan pustaka maka ditentukan parameter-parameter *hydram pump*, seperti: panjang pipa suplai (L), dan diameter pipa suplai (D), berat katup buang (W), luas penampang katup buang (A_v), dan ukuran tangki udara yang akan digunakan.

3. Pembuatan pompa *hydram* sesuai hasil perancangan

Pemasangan model sistim irigasi persawahan di Sumberrejo dan pengujian pompa *hydram*

3. Pembahasan

Hasil survei yang dilakukan diperoleh ketinggian jatuh air 1,5 m, ketinggian air yang dipompakan 7 m. Data-data ini digunakan untuk perancangan komponen-komponen pompa hydraulic ram pump. Untuk menggunakan debit air yang tersedia, pipa yang digunakan berdiameter 2 inci dan panjang pipa suplai (drive pipe) 11,3 m. Skema rancangan dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan hasil survei dan debit aliran yang akan dipompakan ± 3 lit/men. agar luas areal sawah yang akan diari 300 m² dalam satu hari pemakaian, dengan menggunakan model matematika yang diusulkan oleh Thomas (1994) dan buku teks mekanika fluida (Fox dan Mc. Donald, 1995), maka diperoleh ukuran parameter-parameter pompa tanpa motor yang digunakan seperti dapat dilihat dalam Tabel 1 (Sinaga, dkk., 2018).



Gambar 4. Skema pemasangan pompa di lapangan

Tabel 1. Spesifikasi pompa tanpa motor (*hydram pump*) yang digunakan.

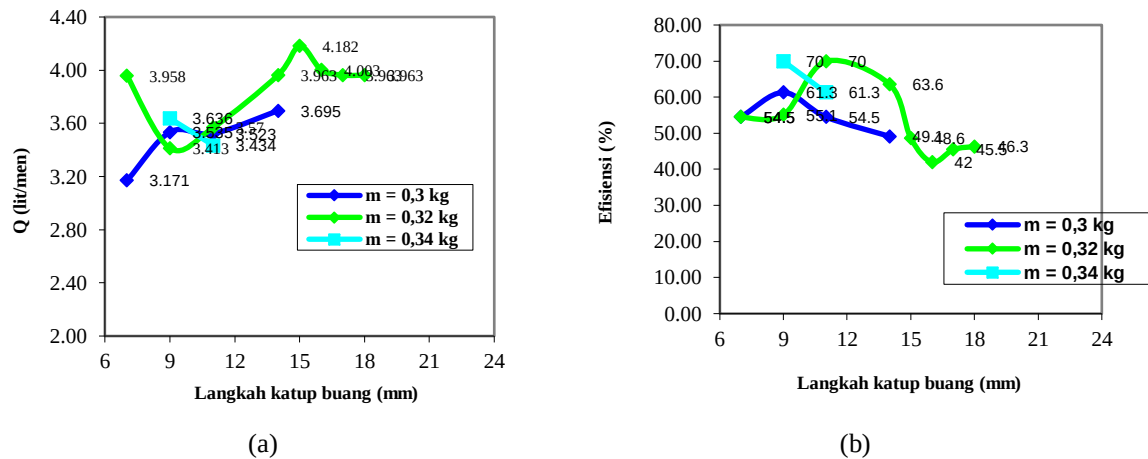
Parameter	Nilai
Volume Tabung udara	: 3.285 cm ³ (3.285 lit)
Diameter pipa suplai	: 2 inci
Panjang pipa suplai	: 11,3 m
Diameter pipa penyalur	: 5/8 inci
Diameter katup buang	: 5,4 cm
Berat katup buang	: 0,320 kg

Pembangunan sistem irigasi ini dilakukan dengan melibatkan peran serta masyarakat petani di Kelurahan Sumberrejo. Setelah pembangunan sistem irigasi ini dilakukan, maka dilakukan pengujian untuk memperoleh unjuk kerja pompa tanpa motor.



Gambar 5. (a) Pemasangan pompa tanpa motor (*hydram pump*) pada pembangunan sistem instalasi irigasi dilokasi. (b) Sistem irigasi pompa tanpa motor (*hydram pump*) yang dibangun.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pompa ini mampu memompakan air sebanyak 4,182 lit/men (12.000 lit/hari untuk dua pompa) dan efisiensi 38 % 4,182 lit/men (12.000 lit/hari) dan efisiensi 48,6 % dengan ketinggian head sumber 1,5 m dan tinggi head penyaluran 7 m.



Gambar 1. (a) Grafik hubungan antara laju aliran volume air yang dipompakan terhadap panjang langkah, (b) Grafik hubungan antara efisiensi terhadap panjang langkah katup buang.

Dengan penerapan teknologi pompa tanpa motor (*hydram pump*) ini, maka sumber aliran energi Way Limus dapat digunakan untuk membantu mengairi persawahan petani yang ada di Kelurahan Sumberrejo, Kecamatan Kemiling, Kota Bandar Lampung. Apabila pompa digunakan selama 24 jam, maka jumlah air yang dipompakan sekitar 6 m^3 dan untuk 2 buah pompa *hydram* jumlah air yang dipompakan 12 m^3 . Dengan demikian jumlah air ini dapat digunakan untuk mengairi sawah dengan luas $\pm 300 \text{ m}^2$, dan dalam pemakaiannya para petani bergantian menggunakan air ini untuk mengairi sawah mereka. Sehingga sistem irigasi ini nantinya akan membantu petani untuk mengairi sawah dengan tidak menggunakan pompa motor lagi, yang selama ini memberatkan para petani. Petani yang selama ini mengharapkan tadah hujan untuk mengolah sawah mereka, maka dengan adanya sistem irigasi ini petani dapat meningkatkan jumlah frekuensi pengolahan sawah mereka menjadi 2 kali atau 3 kali dalam setahun dan juga dapat menanam tanaman yang lebih bervariasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembangunan sistem irigasi dengan menggunakan teknologi pompa tanpa motor (*hydram pump*) yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi pengoperasian head sumber 1,5 m, dan tinggi pemompaan 7 m pompa *hydraulic ram* yang dirancang menghasilkan laju aliran volume air yang dipompakan 4,182 lit/men (12.000 lit/hari untuk dua pompa).
2. Dengan menerapkan teknologi pompa tanpa motor (*hydraulic ram pump*) ini maka energi aliran sungai Way Limus dapat dimanfaatkan untuk membantu petani mengolah sawah pertanian di Kelurahan Sumberrejo, Kecamatan Kemiling dengan tidak sistem tadah hujan lagi sehingga nantinya dapat meningkatkan produksi pertanian mereka.
3. Pembangunan sistem irigasi menggunakan pompa tanpa motor (*hydram pump*) di Kelurahan Sumberrejo ini dapat menjadi contoh bagi desa-desa lain di Provinsi Lampung untuk memanfaatkan sumber energi aliran sungai yang ada di sekitar areal pertanian mereka dengan tidak menggunakan energi bahan bakar ataupun listrik.

Daftar Pustaka

- , (2009), Areal Padi Gadu Lampung Mulai Dilanda Kekeringan. Lebih Cepat.Com. Diakses dari <http://www.lebihcepat.com/nasional/34-berita-nasional/832-areal-padi-gadu-lampung-mulai-dilanda-kekeringan.html>.
- David, J.P. and Edward, H.W. (1985), *Schaum's Outline of Theory and Problems of Fluid Mechanics and Hydraulics*, SI (Metric) Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore.

- Fox, R. W., and Mc Donald, A. T. (1995) *Introduction to Fluid Mechanics*, John Wiley & Sons, New York. 781 pp.
- Saragih, R. S. dan Sinaga, J. B. (2007) Rancang Bangun Model Pompa Tanpa Motor (*Hydraulic Ram Pump*) untuk Irigasi Persawahan di Daerah Pedesaan Provinsi Lampung, Laporan Penelitian Dosen Muda, Universitas Lampung.
- Sinaga, J. B, Suudi, A., dan Azhar. (2010) Optimasi Rancang Bangun Pompa Tanpa Motor (*Hydraulic Ram Pump*) untuk Irigasi Pertanian di Propinsi Lampung, Laporan Penelitian Hibah Strategis Nasional, Universitas Lampung.
- Sinaga, J. B, Supriadi, H., Suudi, A., Aman, R. A., dan Sugiman. (2018) Design of Hydraulic Ram Pump to Help The Community Agricultural Irrigation system in Sumberrejo, Kemiling Distric, Bandar Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin ke-17 (SNTTM XVII) 2018*, Kupang, 3-6 Oktober 2018.
- Taye, T. (1999) Hydraulic Ram Pump, *Journal of the Ethiopian Society of Mechanical Engineers*, Vol. II, No. 1.
- Tessema, A. A. (2000) Hydraulic Ram Pump System Design And Application. *ESME 5th Annual Conference on Manufacturing and Process Industry*, held at Addis Ababa, Ethiopia, September 2000.
- Thomas, T. H. (1994) *Algebraic Modelling of the Behaviour of Hydraulic Ram Pumps*, Working Paper No. 41 Department of Engineering, University of Warwick.

Perancangan Model Sistem Pembangkit Listrik Menggunakan Turbin Aliran Silang

Jorfri Boike Sinaga¹, Novri Tanti² dan Sutran Erwiyantoro³

^{1, 2, 3} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: jorfri6@yahoo.com

Abstrak. Listrik saat ini telah menjadi salah satu kebutuhan manusia yang wajib untuk dipenuhi. Ketersediaan bahan bakar fosil sebagai sumber utama penghasil listrik semakin menurun seiring meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk. Upaya yang dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik adalah dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan. Salah satu dari sumber energi terbarukan yang tersedia melimpah di Indonesia adalah energi aliran air yang dapat dimanfaatkan untuk sistem pembangkit listrik. Sebagai mahasiswa Teknik Mesin, kontribusinya sangat diharapkan dalam melakukan pengembangan sumber energi terbarukan sehingga mampu mengatasi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Pengenalan prinsip kerja dari turbin aliran silang dan sistem pembangkit listrik sangat diperlukan sehingga menjadi bekal pengetahuan untuk mahasiswa sebelum mereka menerapkannya secara langsung di lapangan. Pada makalah ini akan dibahas mengenai perancangan model sistem pembangkit listrik yang meliputi perancangan runner turbin aliran silang, poros, nosel, transmisi dan generator.

Kata kunci: Turbin Aliran Silang, Mikro hidro, Energi terbarukan, Pembangkit listrik,

1. Pendahuluan

Krisis energi yang terjadi saat ini membuat banyak penelitian dilakukan untuk menemukan sumber energi terbarukan yang mampu menggantikan penggunaan batu bara dan minyak bumi. Hal ini berkaitan dengan semakin meningkatnya kebutuhan manusia akan energi sedangkan ketersediaan bahan bakar fosil semakin menurun. Penggunaan energi fosil juga dapat menimbulkan dampak baru, yaitu pemanasan global (global warming). Sumber energi terbarukan adalah energi yang berasal dari alam, salah satunya adalah air. Air merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang mempunyai potensi besar untuk dimanfaatkan, khususnya di Negara Indonesia. Iklim tropis dengan curah hujan tinggi yang dimiliki Indonesia menyebabkan negara ini memiliki sumber air yang melimpah. Indonesia dengan ratusan sungai dan air terjunnya dapat dimanfaatkan untuk menciptakan hydropower. Tenaga air atau hydropower merupakan suatu sistem yang menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan aliran air.

Air merupakan potensi sumber energi yang besar, di dalam air mengandung energi potensial dan energi kinetik. Energi potensial air berasal dari adanya beda ketinggian pada air jatuh sedangkan energi kinetik air berasal dari kecepatan air mengalir. Energi tersebut dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi mekanis yang selanjutnya dapat diubah untuk menghasilkan listrik dengan menggunakan kincir air atau turbin air. Pemanfaatan sumber energi air sudah banyak dilakukan namun mayoritas dilakukan dalam skala besar. Dengan banyaknya sungai dan air terjun di Indonesia maka potensi untuk membangun sistem pembangkit listrik skala kecil sangat mungkin untuk dimaksimalkan. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) atau Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro (PLTMH) merupakan salah satu contoh sistem pembangkit listrik skala kecil dengan memanfaatkan putaran turbin yang sudah mulai banyak dikembangkan.

Sebagai mahasiswa Teknik Mesin maka kontribusinya sangat diharapkan dalam pengembangan sistem pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi terbarukan di Indonesia. Pengenalan prinsip kerja dari turbin aliran silang (*crossflow*) dan sistem pembangkit listrik sangat diperlukan sehingga menjadi bekal pengetahuan untuk mahasiswa sebelum mereka menerapkannya secara langsung di lapangan. Perancangan dan pembuatan model sistem pembangkit listrik skala laboratorium dengan menggunakan turbin aliran silang ini diharapkan mampu untuk membantu mahasiswa memahami konsep dan prinsip kerja sistem pembangkit yang telah diajarkan pada matakuliah Mekanaika Fluida dan Mesin-Mesin Fluida.

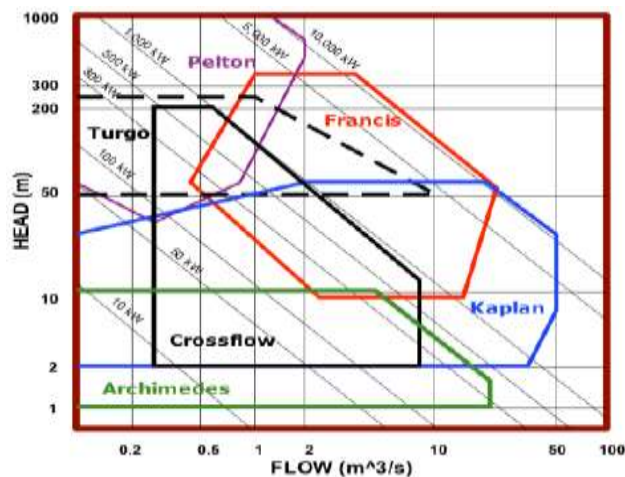
Turbin yang dipilih dalam pembuatan model sistem pembangkit ini berupa turbin aliran silang atau turbin crossflow. Turbin ini adalah salah satu turbin yang banyak digunakan dan diaplikasikan dalam sistem pembangkit. Turbin crossflow banyak mendapat perhatian karena dapat diaplikasikan pada rentang debit aliran dan head yang lebih luas. Selain itu, turbin crossflow juga memiliki kemudahan dalam proses perancangan dan pembuatan serta lebih unggul dalam segi harga. Oleh karena itu yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah melakukan perancangan model pembangkit listrik dengan memperhatikan parameter-parameter yang menjadi dasar perancangan turbin aliran silang, yaitu debit aliran dan tinggi jatuh air.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Turbin Air

Kata "*turbine*" ditemukan oleh seorang insinyur Perancis yang bernama Claude Bourdin pada awal abad 19, yang diambil dari terjemahan bahasa Latin dari kata "*whirling*" (putaran) atau "*vortex*" (pusaran air). Turbin secara umum adalah sebuah elemen mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Dalam suatu sistem pembangkit listrik, turbin merupakan salah satu peralatan utama. Turbin air adalah turbin dengan air sebagai fluida kerja. Air mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Fungsi turbin pada pembangkit hidro sendiri adalah untuk mengubah energi potensial menjadi energi kinetik, gaya jatuh air yang mendorong sistem baling-baling menyebabkan turbin berputar. Perputaran turbin ini kemudian dihubungkan dengan generator sehingga akan menghasilkan listrik. Turbin air dapat dikelompokkan menjadi turbin impuls dan turbin reaksi (Arismunandar, 2004).

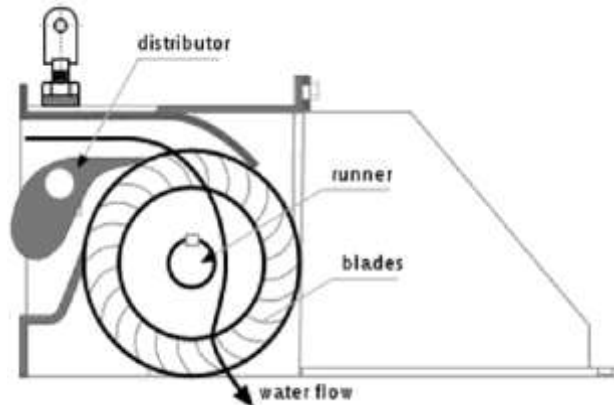
Debit aliran dan tinggi air jatuh adalah faktor yang paling dominan dalam mempengaruhi pemilihan jenis turbin yang akan digunakan. Debit air yang besar pada tinggi jatuh (*head*) tertentu akan membutuhkan turbin dengan ukuran turbin yang besar, sedangkan untuk *head* yang besar pada debit air tertentu membutuhkan ukuran turbin yang kecil. Setelah mengetahui besarnya debit dan *head*, maka jenis turbin dapat dipilih berdasarkan pada grafik pada gambar 1 (Permina, 2013):



Gambar 1. Diagram pemilihan turbin

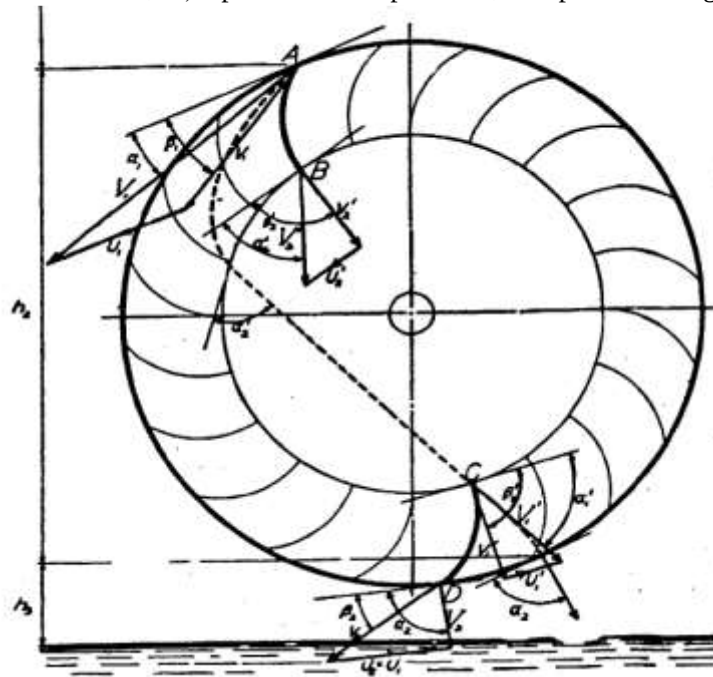
2.2 Turbin Aliran Silang (Cross-flow Turbine)

Turbin aliran silang ditemukan oleh insinyur berkebangsaan Australia bernama A. G. M. Michell pada tahun 1903. Kemudian dikembangkan oleh insinyur dari Jerman Barat yaitu Prof. Donat Banki, sehingga turbin *cross-flow* juga dikenal dengan turbin Michell-Banki. Pada tahun 1933, seorang ilmuwan bernama Ossberger juga mematenkan turbin yang memiliki prinsip yang hampir sama (Arismunandar, 2004).



Gambar 2. Skema turbin aliran silang

Skema dasar diagram kecepatan pada turbin aliran silang dapat dilihat pada gambar 3. Energi kinetik air dengan kecepatan V_1 masuk ke dalam *runner* dengan menumbuk sudu masuk (*inner blade*) pada titik A pada sudut α_1 . Kecepatan relatif air, v_1 , dapat diketahui apabila u_1 , kecepatan keliling *runner* telah diketahui.



Gambar 3. Diagram kecepatan pada turbin aliran silang.

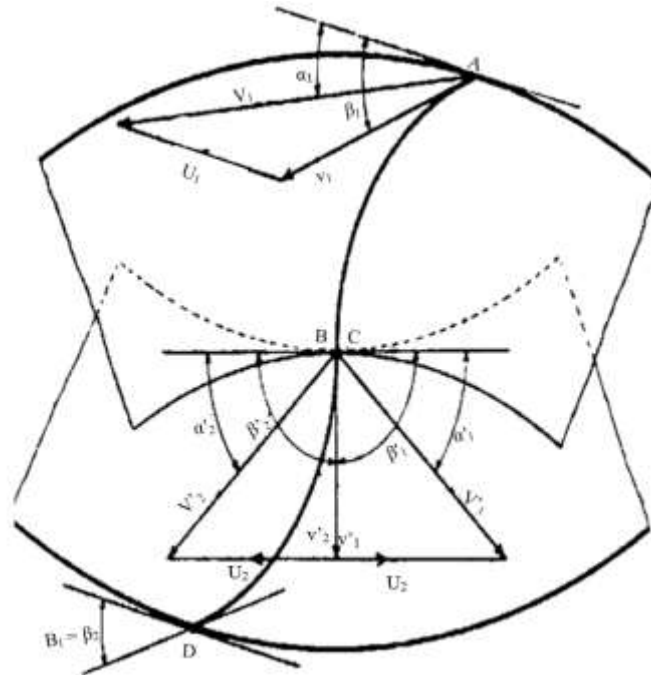
Besarnya kecepatan air yang masuk ke *runner*, V_1 , dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$V_1 = C(2gH)^{1/2} \quad (1)$$

dimana C adalah koefisien dari nosel, g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), dan H adalah tinggi jatuh air atau *head* (m).

Untuk mendapat efisiensi yang maksimum, maka sudut sudu harus sama dengan sudut antara dua kecepatan yang berkerja pada sisi masuk, β_1 . Jika AB adalah sudu, maka kecepatan relatif air pada sisi keluar sudu masuk, v_2' , dan kecepatan keliling *runner*, u_2' , membentuk sudut β_2' . Kecepatan mutlak air pada sisi keluar sudu masuk, V_2' , dapat ditentukan apabila ketiga parameter tersebut telah diketahui. Jika diasumsikan tidak ada perubahan V_2' , maka sudut antara kecepatan absolut dan kecepatan keliling adalah α_2' . Titik C, dimana aliran air kembali menumbuk sudu pada sisi masuk sudu keluar dapat diketahui. Pada sudu keluar, CD, dari titik C ke D berlaku ketentuan berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_1' &= \alpha_2' \\ \beta_1' &= \beta_2' \\ \beta_1 &= \beta_2\end{aligned}$$



Gambar 4. Segitiga kecepatan gabungan.

Gambar 4, menunjukkan sudu masuk dan sudu keluar berhimpit pada titik B dan C. Untuk mendapatkan aliran radial, maka sudut yang digunakan adalah 90° . Diasumsikan bahwa sudut $\beta_2 = 90^\circ$ tidak berhimpit dengan sudut sudu turbin sehingga tidak terjadi rugi-rugi akibat tumbukan tiba-tiba. Oleh karena itu, sudut keluar yang umum digunakan pada perancangan sudu turbin aliran silang adalah sama dengan atau lebih besar dari 90° .

2.3 Efisiensi Turbin

Daya pengereman turbin dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$HP = (wQ/g)(V_1 \cos \alpha_1 + V_2 \cos \alpha_2)u_1 \quad (2)$$

dengan diketahui bahwa $V_2 \cos \alpha_2 = v_2 \cos \beta_2 - u_1$ dan $v_1 = (V_1 \cos \alpha_1 - u_1)/(\cos \beta_1)$, maka persamaan *horsepower* didapatkan:

$$HP_{output} = (wQu_1/g)(V_1 \cos \alpha_1 - u_1) \times (1 + \psi \cos \beta_2 / \cos \beta_1) \quad (3)$$

Dimana ψ adalah koefisien empiris dengan nilai 0.95 - 0.98. Sedangkan daya *input* teoritis yang berasal dari tinggi jatuh air dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$HP = wQH/g = wQV_1^2/C_1^2 2g \quad (4)$$

Sehingga untuk menghitung efisiensi turbin e , didapatkan dengan membandingkan antara daya output dan daya input. Efisiensi turbin didapatkan dengan persamaan berikut:

$$e = (2C^2 u_1/V_1)(1 + \psi \cos\beta_2/\cos\beta_1) \times (\cos\alpha_1 - u_1/V_1) \quad (5)$$

3. Metode Penelitian

Tahapan awal yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu, melakukan pengukuran terhadap dimensi pipa pesat dan tinggi jatuh air (*head*) dari model sistem pembangkit listrik. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mendapatkan besarnya debit aliran yang dapat dimanfaatkan dengan memperhatikan kerugian-kerugian pada pipa. Pengukuran diameter pipa pesat dan tinggi *head* sistem pembangkit dilakukan dengan menggunakan alat ukur berupa meteran.

Setelah melakukan pengukuran, didapatkan diameter pipa pesat, yaitu sebesar 3 inci dan tinggi *head*, yaitu 2 meter. Dengan menggunakan data hasil pengukuran tersebut maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan debit aliran yang melalui pipa. Data yang diperoleh tersebut selanjutnya digunakan untuk melakukan perancangan komponen-komponen turbin sehingga mendapatkan turbin dengan efisiensi yang tinggi.

3.1 Perancangan Pipa Pesat

Pipa pesat (*penstock*) adalah komponen sistem pembangkit yang berfungsi untuk mengalirkan air menuju turbin dengan debit yang stabil. Untuk mendapatkan diameter pipa pesat yang tepat, dilakukan dengan melakukan penurunan terhadap persamaan daya, P , sehingga didapatkan kondisi optimal (Sinaga, dkk., 2016).

$$\frac{dP}{dQ} = \gamma \cdot Q \cdot \left[H_{kotor} - \left(f \frac{L}{D} + K \right) \frac{Q^2}{A^2 2g} \right] = 0 \quad (6)$$

dimana f , adalah koefisien gesek, L , adalah panjang pipa pesat (m) dan K , adalah koefisien *minor losses* untuk kondisi pada bagian masuk (*enterence*) dan *valve*. Sehingga besarnya nilai diameter pipa pesat, D , didapatkan dengan menggunakan persamaan 7.

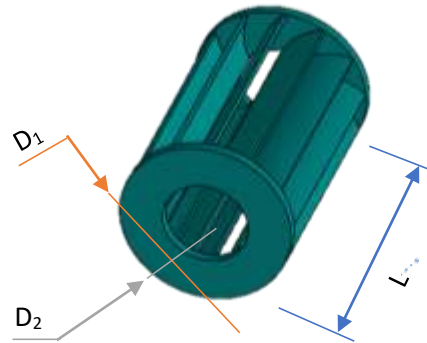
$$D = \sqrt[4]{\frac{24 \cdot (f \cdot L/D + K) \cdot Q^2}{H_{kotor} \cdot \pi^2 \cdot g}} \quad (7)$$

Karena pada penelitian ini diameter pipa pesat telah ditetapkan sebesar 3 inci maka persamaan 7 digunakan untuk mengetahui besarnya debit aliran dalam pipa. Sedangkan untuk aliran turbulen, koefisien gesek didapatkan dengan persamaan Darcy. Sebelum melakukan perhitungan nilai koefisien gesek, terlebih dahulu harus mengetahui besarnya nilai kekasaran pipa, ϵ , dan nilai diameter pipa, d . Selanjutnya metode iterasi digunakan untuk mengetahui besarnya koefisien gesek, f , dengan menggunakan persamaan Colebrook (Pritchard, 2011).

$$\frac{1}{f^{1/2}} \approx -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re_d} + \left(\frac{\epsilon/d}{3,7} \right)^{1,11} \right] \quad (8)$$

3.2 Perancangan *Runner*

Runner adalah komponen turbin aliran silang yang fungsinya adalah mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran. Pada penelitian kali ini *runner* dibuat dengan menggunakan pipa besi yang dibelah.



Gambar 5. Runner turbin.

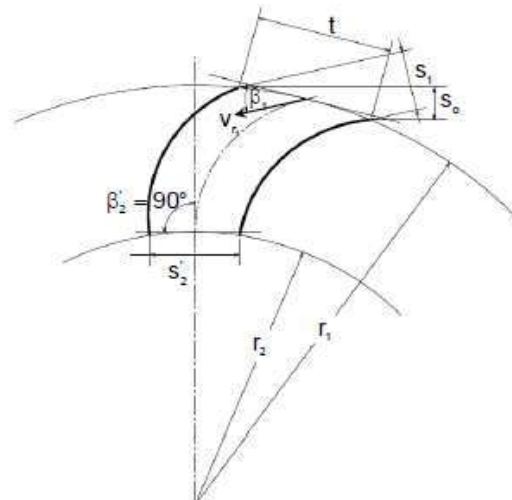
Dimana L , adalah panjang *runner*(m), D_1 , adalah diameter luar (m), D_2 , adalah diameter dalam (m). Rasio antara panjang dan diameter luar *runner* didapatkan dengan persamaan 9, sedangkan besarnya D_2 adalah $2/3 D_1$.

$$L \cdot D_1 = \frac{Q}{k \cdot C \cdot \sqrt{2 g H_e}} \quad (9)$$

Parameter selanjutnya yang perlu diperhatikan adalah tebal semburan nosel. Parameter ini dihitung dengan menggunakan persamaan 10 berikut:

$$S_1 = \frac{Q}{L \cdot C \cdot \sqrt{2 g H_e}} \quad (10)$$

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 7 (Mockmore dan Marryfield, 1949).

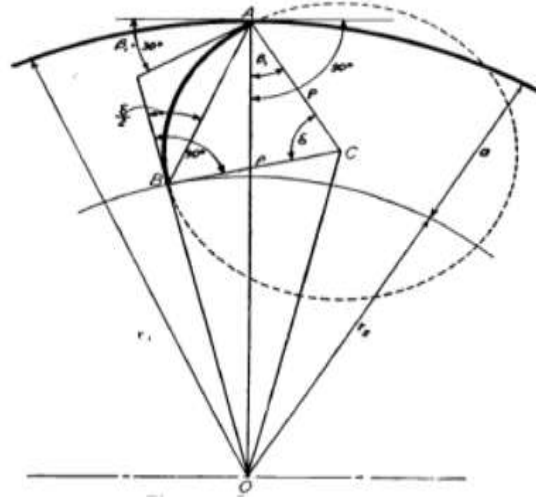


Gambar 6. Jarak antar sudu.

Berdasarkan nilai tebal semburan nosel, dapat diketahui jarak antar sudu dengan persamaan 11.

$$t_1 = \frac{s_1}{\sin \beta_1} \quad (11)$$

Salah satu parameter yang penting untuk diketahui adalah jari-jari kelengkungan sudu, parameter ini diperlukan untuk memudahkan pada saat pembuatan sudu *runner* menggunakan pipa besi yang dibelah. Besarnya diameter pipa yang dipilih untuk membuat sudu *runner* ditentukan berdasarkan jari-jari kelengkungan sudut.



Gambar 7. Jari-jari kelengkungan sudu

Berdasarkan gambar 7, dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$r_2^2 + r_b^2 = r_1^2 + r_b^2 - 2 \cdot r_1 \cdot r_b \cdot \cos \beta_1 \quad (12)$$

Jika diketahui bahwa perbandingan atau rasio diameter dalam dan diameter luar adalah $2/3$ maka jari-jari kelengkungan sudu, r_b , didapatkan dengan persamaan berikut:

$$r_b = \frac{r_2^2 - \frac{2}{3} r_1^2}{2 \cdot r_1 \cdot \cos \beta_1} \quad (13)$$

Untuk menentukan jumlah sudu dapat menggunakan persamaan berikut:

$$N = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1}{t_1} \quad (14)$$

3.3 Perancangan Poros

Pada turbin aliran silang, poros berfungsi untuk meneruskan tenaga dengan putarannya. Poros menjadi sangat riskan karena terdapat beban berkerja, yaitu beban puntir dan beban lentur. Perhitungan torsi wajib dilakukan untuk menghindari terjadinya patah. Adapun persamaan untuk menghitung torsi dan momen puntir pada poros dapat menggunakan persamaan-persamaan berikut (Sularso, 1987):

$$T = \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad (15)$$

$$M = F \cdot L \quad (16)$$

Setelah mengetahui besarnya torsi maka tahap selanjutnya adalah menentukan besarnya dimensi poros. Apabila poros dikenai beban geser maka diameter ditentukan dengan persamaan berikut:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 T_e}{\pi \tau_{maks}}} \quad (17)$$

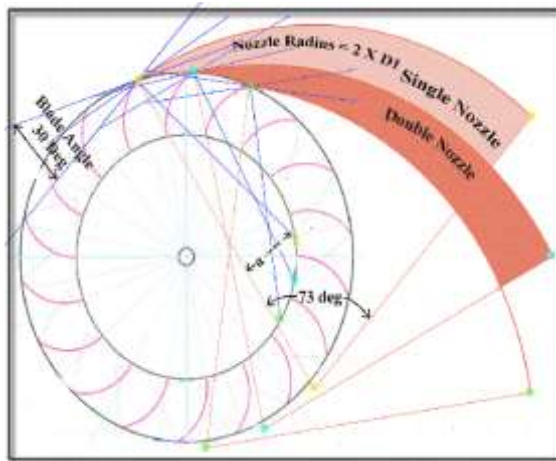
dimana τ_{maks} adalah tegangan geser ijin maksimal (N/mm²) dan T_e adalah torsi ekuivalen (N/mm). Diameter poros dapat ditentukan dengan persamaan:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \sigma_b maks}} \quad (18)$$

dimana $\sigma_{b maks}$ adalah tegangan tarik ijin maksimal (N/mm²) dan M_e , momen ekuivalen (N/mm).

3.4 Perancangan Nosel

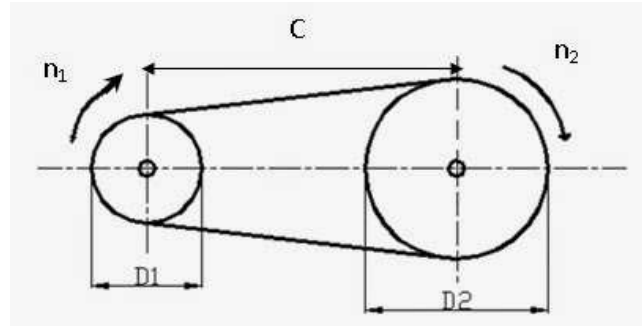
Pada turbin aliran silang terdapat sebuah *nozzle* tetap yang berfungsi untuk merubah tekanan menjadi energi kinetik. Semprotan air dari *nozzle* akan menumbuk sudu *runner*. Untuk mendapatkan efisiensi turbin maksimum maka kelengkungan *nozzle* sebisa mungkin dibuat sama dengan kelengkungan sudu. Pada penelitian ini, *nozzle* dibuat dengan mengikuti kaidah pada gambar 8.



Gambar 8. Perancangan *nozzle* (Cole, 2004)

3.5 Perancangan Sistem Transmisi

Pada sistem pembangkit, transmisi berfungsi untuk menyalurkan daya dari putaran poros turbin untuk memutar generator yang kemudian daya tersebut diubah menjadi energi listrik (Sularso, 1987). Pada penelitian kali ini jenis transmisi yang digunakan adalah sistem transmisi tak langsung.



Gambar 9. Transmisi tak langsung

Pada sistem transmisi ini berlaku persamaan berikut:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{r_1}{r_2} \quad (19)$$

dengan n_1 putaran generator, r_1 jari-jari pulley generator, n_2 putaran turbin, dan r_2 , jari-jari pulley turbin. Adapun generator yang digunakan kali ini mampu menghasilkan daya 12 V dengan putaran 1000 rpm dan putaran turbin sebesar 258 rpm.

4. Kesimpulan

Pada makalah ini telah diberikan perancangan komponen-komponen turbin aliran silang yang digunakan pada model sistem pembangkit listrik. Adapun komponen-komponen turbin yang dirancang antara lain, runner, poros, nosel, sistem transmisi dan generator. Diameter pipa pesat yang digunakan sebesar 3 inchi dan panjang 2,5 meter, dengan tinggi head 2 m sehingga debit aliran yang dapat dimanfaatkan yaitu 0,0163 m³/s. Parameter-parameter turbin aliran silang yang dirancang yaitu: diameter dalam D2 dan luar turbin D1 adalah 17 dan 25,5 cm, panjang turbin 15 cm, kelengkungan sudu masuk β_1 dan keluar turbin β_2 adalah 27° dan 93°, kelengkungan sudu nosel α adalah 13°, jumlah sudu turbin 18 buah dan jari-jari kelengkungan sudu turbin p adalah 3,81 cm. Saat ini sedang dilakukan pembuatan model sistem pembangkit listrik dengan menggunakan turbin aliran silang di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.

Daftar Pustaka

- Arismunandar, A. dan Kuwahara S. (2004). Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik I. Jakarta: Pradya Paramita.
- Dandekar, M.M. dan Sharma, K.N. (1991). Pembangkit Listrik Tenaga Air. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Khurmi, R. et al., (2005). Theory of Machine. New Delhi: S. Chand & co. Ltd.
- Mockmore, C.A. and Merryfield, F. 1984. The Banki Water Turbin. Oregon State College, Bulletin Series, No.25.
- Permina, Iman. (2013). Turbin Air dan Kelengkapan Mekaniknya. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.
- Pritchard J. Philip. (2011). Introduction to Fluid Mechanics Eight Edition. Columbia: Jhon wiley and sons, inc.
- Sinaga, J. B, Azhar., Tanti, N., dan Sugiman. (2015). Pemodelan Aliran di Dalam Pipa untuk Menentukan Diameter Pipa Pesat Sistem Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH). Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada masyarakat Universitas Lampung, B. Lampung, 17 September 2015.
- Sularso dan Kiyokatsu, S. (1987). Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: Pradnya Paramitha.

Penggunaan IRI dan SDI dalam menentukan perbaikan cacat lubang pada perkerasan lentur di daerah tropis dengan curah hujan tinggi

Chatarina Niken¹, Akhmad Tri Heriyanto², Rahayu Sulistyorini³, M. Karami⁴, Sasana Putra⁵

^{1,2,3,4,5}Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: chatarinaniken@yahoo.com

Abstrak. Cuaca panas di daerah tropis menyebabkan aspal melunak. Dengan bekerjanya beban trafik perkerasan lentur akan berdeformasi. Ketidakmampuan permukaan perkerasan kaku dalam menahan deformasi akan muncul sebagai retak. Retak ini menjadi pintu masuk bagi air hujan. Aksi air hujan ini akan mengikis ikatan antar partikel sehingga timbul desintegrasi yang muncul sebagai lubang. Pertumbuhan lubang berlangsung sangat cepat pada daerah dengan curah hujan tinggi sehingga harus ditangani dengan segera. Jenis penanganan biasanya tergantung dari besaran IRI dan SDI. Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan Simpang Penawar- Aji Baru sepanjang 20.300m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kategori kerusakan jalan antara IRI dan SDI. Menurut IRI 92.3% jalan yang berlubang termasuk kategori kurang baik dan 7.7% masuk kategori cukup baik. Sedangkan menurut SDI 19.2% baik, 38.5% cukup baik, dan 42.3% buruk. Kategori kurang baik menurut SDI justru tidak ada. Perbaikan akan lubang lebih tepat didasarkan pada pengamatan lapangan daripada IRI dan SDI.

Kata kunci: IRI, SDI, lubang, perkerasan lentur, tropis, curah hujan tinggi

1. Pendahuluan (Bab)

Pengembangan yang baik dari infrastruktur transportasi sangat penting untuk ekonomi, industri, sosial dan pengembangan budaya dari suatu daerah. Oleh karenanya terdapat transportasi darat, air dan udara (Zulufkar, 2017). Transportasi darat memakai lapis perkerasan, dapat dipakai batu makadam, perkerasan kaku yang terbuat dari beton atau perkerasan lentur terbuat dari aspal. Perkerasan lentur ini hanya memerlukan waktu sehari untuk siap dioperasikan. Namun kelemahannya adalah perkerasan permukaan lentur tidak dapat dijaga secara sempurna dan selalu nyaman sepanjang umur layan (Sarireh, 2016).

Kemacetan, beban lalu-lintas berat dengan intensitas tinggi dan kecacatan jalan merupakan masalah bagi kota-kota modern. Kondisi perkerasan jalan akan berkurang karena trafik dan lingkungan (Alaamri, 2017; Adlinge dan Gupta, 2009). Kerusakan dini dapat muncul karena variabel tinggi dari temperatur ambient, beban berat kendaraan yang tidak terkontrol dan pembatasan prosedur desain perkerasan agar sesuai dengan kondisi lingkungan setempat. Kecacatan perkerasan lentur yang sering ditemui di Indonesia adalah retak, lubang, rutting, raveling, amblas dan banyak tambalan. Pada umumnya, perkerasan lentur rusak karena retak, deformasi, pembusukan, dan masalah material. Zhou dkk., 2006 menyatakan kegagalan perkerasan jalan disebabkan oleh perbedaan pencahayaan, cuaca, dan perbedaan material permukaan perkerasan jalan. Kecacatan permukaan jalan ini mempengaruhi kenyamanan pengendara dan dapat menyebabkan kecelakaan serius yang menyebabkan korban jiwa.

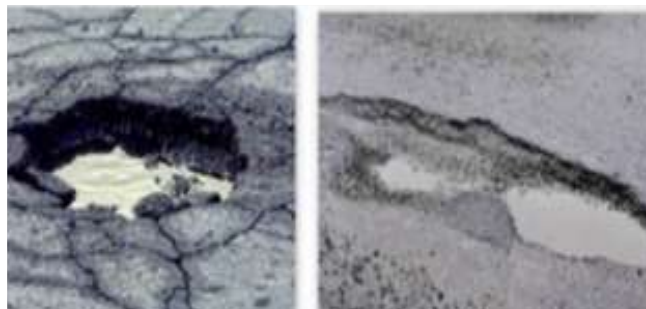
Berdasarkan hal tersebut perkerasan lentur memerlukan perawatan atau bahkan pembaharuan struktural. Keputusan penanganan apakah berupa perawatan atau rekonstruksi didasarkan pada survey surface distress index (SDI) dan IRI sesuai ketentuan (Jasa Marga, 2015). Niken dkk., 2019 berdasarkan penelitian di Simpang Penawar-Aji Baru Lampung menemukan bahwa SDI di Indonesia sangat dipengaruhi oleh kecacatan jalan berupa lubang yang mencapai 53.7% dari total panjang yang diamati. Daryoto dkk., 2014 mengamati kecacatan jalan di Pontianak, Indonesia dan menemukan bahwa 36.63% kecacatan tersebut

berupa lubang. Penentuan konstruksi dan pemeliharaan jalan dipengaruhi oleh pengembangan retak dan formasi lubang pada permukaan jalan dan hal ini merupakan masalah yang kompleks (Jassal, 1998).

Lubang didefinisikan sebagai kehilangan material terlokalisasi atau depresi pada permukaan jalan (Jassal, 1998). Berdasarkan pengamatan di Oman, lubang pada permukaan jalan terbentuk oleh kerusakan bertahap karena trafik dan cuaca (Alaamri, 2017). Jassal, 1998 menyatakan sebuah retak pada permukaan perkerasan kaku merupakan pemicu atau prasyarat terbentuk dan berkembangnya lubang. Lubang tersebut dapat muncul dari retak transversal, longitudinal dan alligator. Retak dan pembentukan lubang pada perkerasan lentur menimbulkan tegangan dan defleksi. Model matematik untuk menghitung tegangan dan defleksi tersebut telah dikembangkan oleh Jassal, 1998. Chopra dkk., 2018 telah membuat model untuk pertumbuhan retak di India. Model untuk lubang adalah $y = 1,012 x$ dan model untuk rutting adalah $y = 1,011x$. Dimana x adalah waktu (tahun).

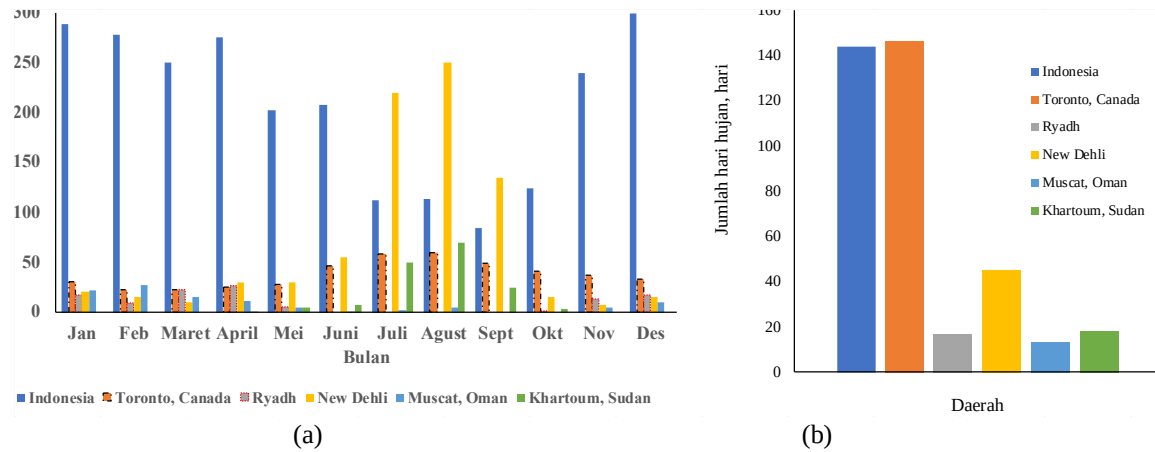
Lubang adalah kegagalan jalan yang bersifat progresif. Pada mulanya hanya timbul lubang kecil di lapis permukaan yang kemudian berkembang semakin dalam menembus lapisan perkerasan di bawahnya. Lubang terbentuk ketika terjadi desintegrasi karena satu atau lebih lapisan perkerasan tidak memiliki kekuatan yang cukup dalam memikul pembebanan trafik ditambah dengan penyusupan air. Sebagian besar lubang tidak terjadi jika akar penyebabnya diperbaiki sebelum lubang bertambah. Perbaikan dapat berupa ekskavasi atau dibangun kembali. Dibutuhkan area yang luas untuk perbaikan tersebut.

Setelah hujan, lubang menjadi semakin lebar dan dalam, hal ini disebabkan aspal atau bitumen tersebut mengalami desintegrasi lokal dan biasanya muncul saat air tergenang setelah hujan. Bentuk lubang seperti mangkok dengan berbagai ukuran dari yang kecil sampai yang besar bahkan meluas masuk ke dalam base course (Gambar 1).



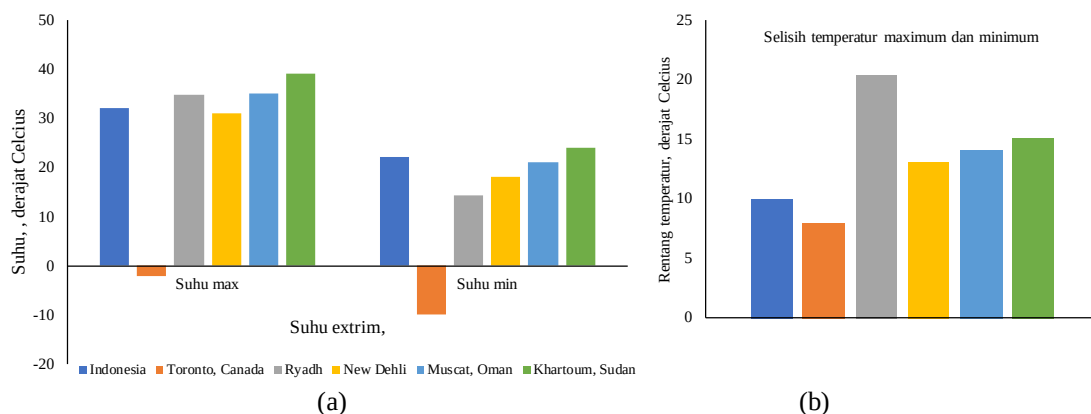
Gambar 1. Lubang setelah hujan

Lamia dkk., 2018 menyatakan bahwa air hujan yang masuk celah perkerasan menaikkan tegangan air pori, meningkatkan porositas, dan mengurangi kepadatan lapisan-lapisan perkerasan. Haryati dkk., 2018 telah mempelajari pengaruh curah hujan pada kekesatan jalan. Makendran, 2015 menyatakan curah hujan adalah faktor signifikan dalam pertumbuhan lubang. Dibandingkan dengan daerah di negara lain seperti Canada, Ryadh, New Dehli, Muscat, dan Khartoum di Sudan, Indonesia merupakan daerah dengan curah hujan tinggi (Gambar 2). Jumlah hari hujan di Indonesia mencapai 149-240 hari atau 40%-65% jumlah hari dalam setahun (Gambar 3).



Gambar 2. (a) Curah hujan di beberapa daerah, (b) Jumlah hari hujan

Zulufqar, 2018 menyatakan bahwa struktur perkerasan dapat rusak dalam satu musim karena penetrasi air. Aspal merupakan pengikat pada perkerasan lentur, merupakan material thermo-plastis yang melunak dan mencair secara bertahap apabila terjadi peningkatan temperatur. Gesekan antara ban dan aspal menimbulkan panas. Bila panas terlalu tinggi, maka ban kendaraan dapat meledak. Ketika terjadi peningkatan temperatur, kohesi dan *strain hardening* amplitude aspal beton menurun (Zhang dan Lytton, 2013). Semakin kaku aspal beton, semakin besar kohesinya. Titik leleh aspal keras adalah 51°C – 63°C untuk penetrasi 40; 48°C – 58°C untuk penetrasi 60 (Jasa Marga, 2015). Kelelehan aspal tidak terjadi secara tiba-tiba pada temperatur tertentu. Daerah tropis seperti di Indonesia memiliki temperatur tinggi terjadi sepanjang tahun. Temperatur Indonesia rata-rata 28±3°C (Niken dkk., 2013). Kalau memakai aspal penetrasi 40, maka temperatur tersebut mencapai lebih dari 50% titik leleh. Temperatur ekstrim di beberapa daerah di dunia dapat dilihat pada Gambar 3a. Apabila panas karena gesekan roda dan aspal dipertimbangkan maka temperatur menjadi lebih tinggi. Hal ini membuat aspal melunak, dan menjadi mudah berdeformasi karena tekanan.



Gambar 3. (a) Temperatur ekstrim, (b) Selisih temperatur ekstrim

Selisih temperatur maximum dan minimum untuk Indonesia sekitar 10oC (Gambar 3b). Dibandingkan negara lain selisih tersebut tidak berbeda jauh kecuali Ryadh.

Investasi dan pemeliharaan pembuatan sistem highway dan kelengkapan kenyamanan dan keamanan pengguna jalan perlu meminimumkan lubang dan defleksi sampai tingkat yang dapat diterima. Parameter di atas diklasifikasikan sesuai tingkat kekerasannya. Kestabilan ketebalan lapisan perkerasan menunjukkan hasil yang lebih baik jika kecacatan kecil diperbaiki sebelum di lapisi kembali.

Kelas jalan menentukan penanggungjawab perbaikan dan pemeliharaan jalan. Ruang lingkup tanggung jawab jalan pada pemerintah setempat biasanya meliputi jalan dengan fungsi dan tipe konstruksi berbeda. Hal ini membutuhkan penyelesaian kerusakan dan pemeliharaan yang berbeda sesuai fungsinya. Manajemen perkerasan di daerah sering kali berlawanan antara kebutuhan dan anggaran yang rendah apalagi dengan mempertimbangkan kondisi cuaca dan kebutuhan external (Cafiso dkk., 2006). Investasi yang ditanamkan untuk jalan pada umumnya untuk 5 tahun. Kurangnya pemeliharaan jalan adalah suatu tindakan penurunan investasi dan juga mengorbankan investasi yang telah ditanamkan. Biaya pengoperasian kendaraan meningkat selaras dengan penurunan tingkat layan perkerasan jalan. Kerugian karena kondisi buruk tersebut di India mencapai Rp30 M per tahun (Zulufkar, 2017). Berdasarkan studi kasus di jalan nasional Simpang Penawar – Gedong Aji Baru di Lampung, Indonesia pembaharuan konstruksi dengan tender dilakukan setiap tahun pada rentang tahun 2015-2019. Dana yang dibutuhkan untuk itu berkisar Rp 40 M per tahun.

Kecacatan dalam perkerasan lentur adalah masalah multi-dimensi, pertumbuhan trafik yang cepat dari kendaraan non-komersial, ekspansi cepat network jalan, ketiadaan teknologi yang baik, material, peralatan, ketrampilan pekerja, dan keterbatasan alokasi dana menambah masalah semakin kompleks. Pemeliharaan network jalan adalah pemeliharaan jalan termasuk variasi pengoperasian seperti identifikasi dan perencanaan, pemrograman, dan penjadwalan implementasi sesungguhnya di lapangan dan monitoring. Tujuan intinya adalah menjaga permukaan jalan dalam kondisi baik dan memperpanjang masa layan asset jalan terhadap umur layannya (Zulufqar, 2018).

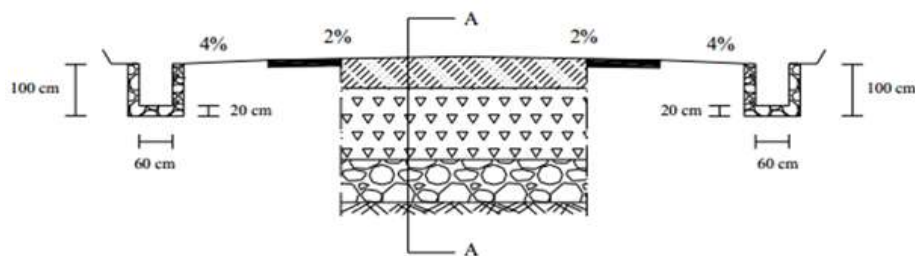
Untuk efisiensi pemeliharaan perkerasan jalan, kekurangan sistem jalan yang ada harus benar-benar dimengerti. Semua tipe kecacatan membutuhkan klasifikasi penyebab dan penanganan pada setiap perbedaan tingkat kekerasan. Berdasarkan uraian tersebut hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan pemeliharaan di daerah dengan curah hujan tinggi perlu dipelajari. Hal ini sangat membantu sehingga penghematan pengeluaran negara dapat tercapai.

2. Eksperimental

Penelitian ini dilakukan di Lampung, Indonesia yaitu di daerah Simpang Penawar – Gedong Aji Baru sepanjang 20,3, km 152+200 – 172+500.

2.1. Material

Penampang melintang jalan yang diamati direncanakan seperti Gambar 4



Gambar 4. Penampang melintang

Lapisan dan material yang digunakan disajikan pada Gambar 5.



AC-WC, tebal 4 cm, aspal 5.9%
AC-BC, tebal 6 cm, aspal 5.6%
AC-base, tebal 7.5 cm, aspal 5.5%
Agregat A, CBR 90%, 15 cm



Agregat B, CBR 60%, 20 cm

Gambar 5. Penampang melintang jalan yang diamati

Aspal yang dipakai adalah jenis penetrasi rendah 40-50 untuk cuaca panas.

2.2. Metode

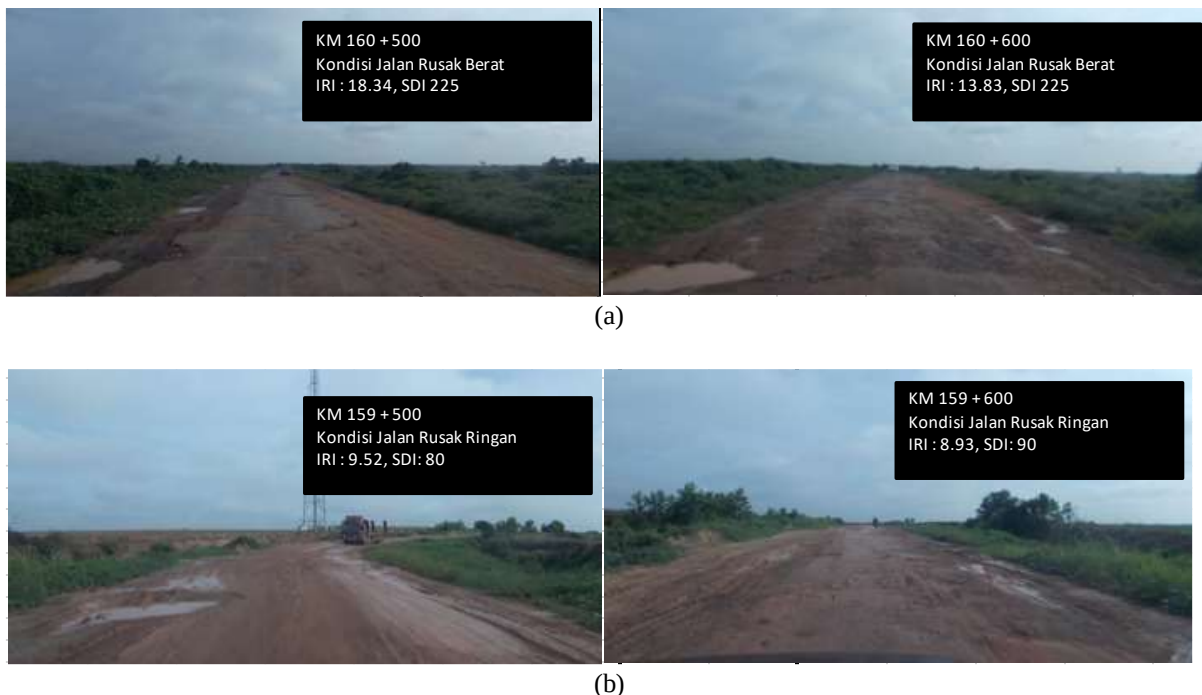
Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah mendapatkan IRI dengan memakai alat yang dipasang pada mobil yang bergerak dengan kecepatan tertentu bolak-balik pada setiap jalur yang diamati dan kemudian IRI difokuskan pada pengamatan tentang keberadaan cacat lubang. Dari IRI ditentukan kategori kondisi jalan menurut NAASRA. Pada lokasi dilakukan pengamatan dan pengukuran untuk mendapatkan SDI pada setiap cacat lubang per segmen jalan yang diamati. Kategori kondisi jalan ditentukan berdasar NAASRA. Kedua jenis kategori dengan berdasar IRI dan SDI dibandingkan.

Batas minimum nilai kedua sistem tersebut ditentukan dengan berpedoman pada pencegahan pertumbuhan lubang untuk memberikan saran penanganan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Gambaran kerusakan kategori ringan dan berat menurut IRI dan SDI kondisi rusak ringan yang terdapat lubang pada lokasi pengamatan disajikan pada Gambar 6a dan 6b.



Gambar 6. (a) Kondisi rusak ringan, (b) Kondisi rusak berat

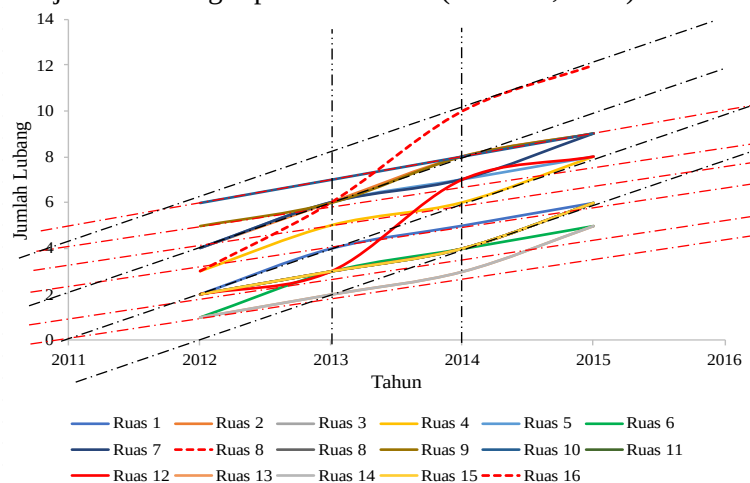
IRI dan SDI serta kategori kerusakan dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Kategori jalan berlubang menurut IRI dan SDI

No	Jarak, m	Keterangan	IRI	Kategori IRI	SDI	Kategori SDI
1	100	Lubang kecil dangkal	4.81	Cukup baik	75	Kurang baik
2	9,100	Lubang kecil dangkal	8.34	Kurang baik	75	Kurang baik
3	12,000	Berlubang & ambblas	9.52	Kurang baik	225	Buruk
4	12,300	Berlubang	4.42	Cukup baik	75	Kurang baik
5	12,600	Berlubang	11.48	Kurang baik	0	Baik
6	13,300	Berlubang	11.87	Kurang baik	80	Kurang baik
7	13,500	Berlubang	9.12	Kurang baik	75	Kurang baik
8	13,600	Berlubang	8.54	Kurang baik	75	Kurang baik
9	14,200	Berlubang	9.32	Kurang baik	75	Kurang baik
10	14,300	Berlubang	9.52	Kurang baik	0	Baik
11	14,400	Berlubang	9.91	Kurang baik	0	Baik
12	15,000	Berlubang	9.91	Kurang baik	225	Buruk
13	15,100	Berlubang	8.73	Kurang baik	225	Buruk
14	15,700	Berlubang	8.14	Kurang baik	80	Kurang baik
15	15,800	Berlubang	19.69	Kurang baik	80	Kurang baik
16	16,300	Berlubang	9.12	Kurang baik	0	Baik
17	16,700	Berlubang	8.73	Kurang baik	225	Buruk
18	17,100	Berlubang	8.34	Kurang baik	225	Buruk
19	17,300	Berlubang	8.34	Kurang baik	225	Buruk
20	17,500	Berlubang	9.52	Kurang baik	10	Baik
21	17,700	Berlubang	11.87	Kurang baik	225	Buruk
22	17,900	Berlubang	9.12	Kurang baik	85	Kurang baik
23	19,400	Berlubang	10.69	Kurang baik	225	Buruk
24	19,500	Berlubang	10.30	Kurang baik	225	Buruk
25	19,800	Berlubang	8.93	Kurang baik	225	Buruk
26	20,000	Berlubang	9.71	Kurang baik	225	Buruk

3.2. Pembahasan

India, dengan jumlah curah hujan lebih dari 100mm terjadi hanya 3 bulan, sedangkan di Indonesia terjadi sepanjang tahun (Gambar 2 a) dan jumlah hari hujan sekitar 30% jumlah hari hujan di Indonesia, menunjukkan peningkatan jumlah lubang seperti Gambar 7 (Zulufkar, 2017).



Gambar 7. Peningkatan jumlah lubang per tahun

Dari Gambar 7 terlihat bahwa sebagian besar laju peningkatan dapat dinyatakan linier dengan penambahan lubang setiap tahun 1 buah. Namun pada sepanjang tahun 2013 grafik tersebut mengalami peningkatan yang signifikan dari awal tahun 2013 sampai akhir 2013 terdapat penambahan 4 lubang pada

ruas 8 dan 12 (Gambar 6). Tahun 2012 curah hujan di India berkisar 160-313mm, tahun 2013 berkisar 155-437mm dan tahun 2014 berkisar 31-358 mm (Kaur dan Purohit, 2013, 2014, 2015). Peningkatan curah hujan di tahun 2013 terbukti menyebabkan peningkatan jumlah lubang 4 buah.

Di Indonesia terdapat Tim Sapu Lubang yang bertugas memperbaiki lubang sesuai Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol (Menteri PU RI, 2015). Lubang di Indonesia pada musim penghujan tumbuh seperti jamur. Percepatan pertumbuhan lubang tidak sebanding dengan pekerjaan penutupan lubang. Hari ini ditutup, dua hari kemudian sudah berlubang kembali (Jasa Marga, 2015). Apabila terdapat ketidak tepatan kemiringan, drainase yang tidak baik, atau terjadi keterlambatan penanganan lubang maka kerusakan berat segera terjadi (Gambar 5). Penentuan perbaikan didasarkan pada IRI dan SDI.

Pada penelitian ini, terlihat perbedaan kategori terjadi antara IRI dan SDI dari segmen berlubang (Tabel 1). Dari IRI diperoleh 92.3% dikategorikan kurang baik (rusak ringan), dan 7.7% termasuk kategori cukup baik, namun bila menurut SDI. 19.2% baik, 38.5% cukup baik, dan 42.3% buruk atau rusak berat (Tabel 1). Jadi dari nilai SDI tidak ada yang termasuk kategori kurang baik. Temperatur yang tinggi sepanjang tahun (Gambar 3a dan 3b), ditambah gesekan antara ban dan permukaan perkerasan membuat lapis permukaan melunak dan mudah berubah bentuk. Pengaruh temperatur pada sistem aspal telah dipelajari oleh Hesp dan Roy pada 2003. Apabila menahan beban berat maka pada permukaan perkerasan timbul retak. Keretakan ini memicu timbulnya lubang.

4. Kesimpulan

Cacat lubang pada perkerasan lentur di Indonesia yang beriklim tropis dengan curah hujan tinggi sangat sering muncul. Cuaca panas, gesekan roda, dan panas mesin kendaraan membuat panas yang diterima perkerasan lentur meningkat. Panas tersebut akan menyebabkan aspal melunak. Dengan bekerjanya beban trafik perkerasan lentur akan berdeformasi. Ketidakmampuan permukaan perkerasan kaku dalam menahan deformasi akan muncul sebagai retak. Retak ini menjadi pintu masuk bagi air hujan. Aksi air hujan ini akan mengikis ikatan antar partikel sehingga timbul desintegrasi yang muncul sebagai lubang. Pertumbuhan lubang berlangsung sangat cepat pada daerah dengan curah hujan tinggi. Meskipun lubang masih kecil, perbaikan lubang ini harus segera ditangani agar kerusakan tidak menjadi semakin parah. Jenis penanganan tergantung dari besaran IRI dan SDI. Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan Simpang Penawar- Aji Baru sepanjang 20.300m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kategori kerusakan jalan antara IRI dan SDI. Menurut IRI 92.3% jalan yang berlubang termasuk kategori kurang baik dan 7.7% masuk kategori cukup baik. Sedangkan menurut SDI 19.2% baik, 38.5% cukup baik, dan 42.3% buruk. Kategori kurang baik menurut SDI justru tidak ada. Perbaikan akan lubang lebih tepat didasarkan pada pengamatan lapangan daripada IRI dan SDI. Pertumbuhan lubang di daerah tropis dengan curah hujan tinggi sangat cepat. IRI perlu dilengkapi SDI untuk menentukan pemeliharaan. SDI tersebut harus dilengkapi dengan jenis kerusakan secara rinci. Meskipun IRI sebesar 4 dimana dikategorikan sebagai kondisi sedang namun apabila terdapat lubang perlu segera dilakukan perbaikan. Kategori baikpun perlu diadakan perbaikan apabila terdapat lubang.

Meminimalisir biaya pemeliharaan harus dilakukan sejak perencanaan. Pelaksanaan pekerjaan perkerasan lentur perlu dilakukan dengan cermat. Kemiringan jalan harus memenuhi ketentuan agar air dapat segera mengalir ke drainase. Drainase harus sesuai rencana, air yang menuju drainase tidak terhambat. Kondisi drainase harus bebas dari penghambat aliran seperti sampah, tanaman liar, dan pengendapan tanah. Tanah dasar, sub base dan sub grade harus benar-benar memenuhi material dan CBR yang ditentukan agar degradasi material dan deformasi dapat diminimalisir.

Lapis permukaan perkerasan harus memenuhi gradasi yang ditentukan. Aspal dari jenis yang tepat seperti hot-mix, cold-mix atau rapid setting. Pencampuran dengan agregat kasar harus dari jenis yang tepat, jumlah dan panas pencampuran yang benar. Pemadatan lapisan permukaan dilakukan dengan cara merata, baik pada bagian tengah maupun tepi jalan. Hindarkan jalan raya dengan perkerasan lentur sebagai tempat parkir terlebih kendaraan berat karena daya ikat lapis permukaan dapat terputus sehingga timbul retak.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lampung yang telah mendukung penelitian ini. Penghargaan yang tinggi kami ucapkan kepada Kementerian PUPR khususnya satuan kerja P2JN Provinsi Lampung, Reno Wiharto dan Andhika dan telah membantu mensurvey SDI dan IRI.

Daftar Pustaka

- Adlinge, S.S., Gupta A.K, (2009) Pavement deterioration and its causes, *IOSR Journal of Mechanical & Civil Engineering*, 9-15. Second International Conference on Emerging Trends in Engineering (SICETE). Dr. J.J. Magdum College of Engineering, Jaysingpur.
- Alaamri, R.S.N., Kattiparuthi, R.A., Alaa Moosa Koya, A.M. (2017). Evaluation of flexible pavement failures- a case study on Izki road. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 3.7. 741-749.
- Cafiso, S., Di Graziano, A., Battiato, S. (2006) Evaluation of pavement surface distress using digital image collection and analysis, *Proceeding of the 7th International Congress on Advances in Civil Engineering*, 11-13 Oktober, Istanbul, 1-10.
- Chopra, T., Parida, M., Kwatra, N., Chopra, P. (2018) Development of Pavement distress deterioration prediction models for urban road network using genetic programming, *Journal of Advances in Civil Engineering*, 2018, 15 pages.
- Daryoto, Widodo, S., Maryuni, S., 2015. Studi Kondisi Kerusakan jalan pada Lapis Permukaan dengan menggunakan Metode Bina Marga (Studi kasus Ruas jalan Harapan Jaya) Kota Pontianak, *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 9 halaman.
- Haryati, Y., Hainin, M.R., Nair, S., Baskara, A.L. (2018). Effect of rainfall intensity and road crossfall on skid resistance of flexible pavement, *UTM Jurnal Teknologi*, 70.4, 121-125.
- Hesp, S.A.M., Roy, S.D. (2003). How temperature and loading rate affect the yield behavior in Polymer-modified asphalt system, *International Journal of Pavement Engineering*, 4.1, 13-23.
- Jasa Marga. (2015) Berita Jalan Tol, 153.
- Jassal, K.S. (1998). Development of potholes from cracks in flexible pavement. *Thesis*. Concordia University Montreal, Qebec.
- Kanungo, A. (2015). Study of cause of potholes on bituminous roads- a case study, *Journal of Civil Engineering and Environmental Technology*, 2, 4, 346-349.
- Kaur, S., Purohit, M.K. (2014) *Rainfall Statistics of India – 2013*, India Meteorological Department (Ministry of Science). Report No. ESSO/IMD/HS/ RF report/02/2015/18, 1-99
- Kaur, S., Purohit, M.K. (2013) *Rainfall Statistics of India – 2013*, India Meteorological Department (Ministry of Science). Report No. ESSO/IMD/HS/ RF report/02/2014/18, 1-96
- Kaur, S., Purohit, M.K. (2012) *Rainfall Statistics of India – 2013*, India Meteorological Department (Ministry of Science). Report No. ESSO/IMD/HS/ RF report/02/2013/16, 1-90
- Lamia, A.A., Ahmed, M.H., Al- Alkadhimi, Najim, W.A. (2018). Rainfall intensity effects on flexible pavement layers, *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 22.4, 179-191.
- Makendran, C., Murugasan, R., Velmurugan, S. (2015) Performance prediction modelling for flexible pavement on low volume roads using multiple linear regression analysis, *Journal of Applied Mathematics*, ID 192485, 7 pages.
- National Association of Australian State Road Authorities (1981) *Standard Operating Instructions for the NAASRA Roughness Meter and Guide for the Present Serviceability Rating of Road Pavements*, Sydney, 21p.
- Niken, C., Tri Heriyanto, A., Rahayu, S., Karami, M., Purba, A. (2019) Hubungan SDI dan IRI pada perkerasan flexibel studi kasus: Jalan Nasional Lampung Indonesia, Seminar Nasional SINTA, 7 halaman.
- Niken, C., Elly, T., Supartono, F.X. (2013) Long-term shrinkage empirical model of high- performance concrete in humid tropical weather, *Civil and Environmental Research Journal*, 3.2, 35-46.
- Peraturan Menteri PU RI, No 392/PRT/M/2005

- Sarireh, M. (2016) Flexible pavement distress evaluation and analysis, *International Journal of Advanced Research in Engineering*, 2.4, 1-7.
- Zhang, Y., Luo, R., Lytton, R.L. (2013) Characterization of viscoplastic yielding of asphalt concrete, *Journal of Construction and Building Materials*, 47, 671-679.
- Zhou, J., Peisen S, Huang, Fu-Pen Chiang (2006) Wavelet-based pavement distress detection and evaluation, *Optical Engineering Journal*, 45, 2.
- Zulufkar, Gupta (2017) Study of defect flexible pavement and its maintenance, *International Journal of Recent Engineering Research and Development*, 2.6, 30-37.
- Zumrawi, M. (2015) Survey and evaluation of flexible pavement failures, *International Journal of Science and Research*, 4.1. 1602-1607.
- Zumrawi. (2013) Pavement design for roads on expansive clay subgrades. *University of Khartoum Engineering Journal*, 3.1. 51-57.

Analisis Desain Bangunan Terjun Untuk Mengatasi Gerusan Pada Bangunan Bawah Jembatan Kereta Api BH. 364 Km 112+500 antara Purwakarta – Padalarang

Amril Ma'ruf Siregar¹, Nur Arifaini¹, Kastamto²

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jalan Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung, 35141

²INKINDO Lampung, Jalan Dr. Harun 1, No. 96, Kota Baru, Tanjung Karang Timur, Bandar Lampung, 35121

E-mail korespondensi: amrilmaruf85@eng.unila.ac.id

Abstrak. Jalur kereta api Purwakarta – Padalarang merupakan bagian dari jalur utama lintas kereta api yang menghubungkan antara Jakarta – Bandung. Kondisi topografi yang berada di daerah perbukitan dan lembah menjadikan lokasi tersebut rawan akan terjadinya longsor terutama pada struktur jembatan yang berdekatan dengan sungai. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kondisi hidrolika aliran sungai di BH. 364 Km. 112+500 dimana pada lokasi tersebut terjadi gerusan akibat perbedaan elevasi yang cukup tinggi antara bagian hulu dan hilir sungai. Usaha perbaikan yang dilakukan yaitu melakukan proteksi dinding sungai dengan membuat saluran pengarah yang terbuat dari struktur beton. Sebagai konsekuensi akibat perubahan kecepatan aliran, penanganan hidrolik di bagian hilir jembatan dilakukan dengan membuat bangunan terjun.

Hasil kajian dan analisis data hidrologi di lokasi penelitian, debit banjir kala ulang 50 tahunan sebesar 6,173 m³/dtk dengan beda tinggi elevasi hulu dengan hilir 12m dengan jarak 60 m. Desain bangunan terjun dibagi menjadi 3 bagian dengan panjang masing – masing 6,4 m, 7,65 m, dan 9,05 m. Agar terhindar dari bahaya local scouring direncanakan struktur cover pada bagian bawah bangunan terjun sedalam 3 m. Untuk kolam olak menggunakan tipe USBR III dengan blok halang sebanyak 4 buah, dan jumlah blok muka sebanyak 8 buah. Diharapkan dengan adanya perhitungan teknis berdasarkan kondisi di lapangan, permasalahan gerusan pada bangunan bawah jembatan dapat diatasi.

Kata kunci: jalur kereta api, gerusan, bangunan terjun

1. Pendahuluan

Jalur Kereta Api Purwakarta – Padalarang merupakan salah satu segmen dari jalur utama kereta api yang menghubungkan antara Jakarta – Bandung. Jalur ini digunakan oleh kereta api sebagai angkutan barang dan penumpang. Di beberapa lokasi jalur kereta api saat menjadi perhatian utama dikarenakan kondisi jalan KA dan jembatan KA terdapat banyak sungai dengan pola aliran deras dengan topografi curam dan dalam. Pada kondisi jalur kereta di daerah pegunungan dan berbukit, aliran air akan sulit dikendalikan dan akan menimbulkan bahaya terhadap konstruksi jalan dan Jembatan KA yang berada di lokasi yang dilintasi oleh sungai-sungai tersebut. Salah satu lokasi yang mengalami kelongsoran pada bagian sungai adalah jembatan kereta api BH.364 yang berada di Km. 112+500. Lokasi jembatan ini yang berada pada jalur ganda kereta api sehingga terdapat 2 buah jembatan kereta api yang melintas di atas sungai Cinangka, Desa Sukatani, Kecamatan Cijantung, Kabupaten Purwakarta. Permasalahan utama yang terlihat yaitu gerusan tebing pada bagian hilir jembatan sehingga dikhawatirkan dapat menggerus bagian tebing yang mengakibatkan kehilangan kekuatan struktur pilar jembatan. Perbedaan elevasi sungai yang begitu signifikan menyebabkan aliran sungai pada saat terjadi hujan cukup deras dan menggerus lantai dasar sungai dan merusak bangunan terjun eksisting di lokasi. Penelitian ini akan mengkaji penanganan

hidrolika aliran sungai di lokasi ini dan upaya perbaikan struktur untuk mengendalikan aliran air sehingga dapat melindungi struktur jembatan kereta api.

2. Eksperimental

2.1 Bangunan Terjun

Bangunan terjun atau got miring merupakan bangunan air yang diperlukan jika kemiringan permukaan lebih curam daripada kemiringan maksimum yang diizinkan. Secara fungsional, bagian – bagian dari bangunan terjun mempunyai kegunaan untuk mengendalikan aliran yang bergerak dengan kecepatan tinggi. Bagian hulu berfungsi sebagai pengontrol, bagian dimana air dialirkan ke elevasi yang lebih rendah, dan bagian hilir berfungsi sebagai peredam aliran, dan bagian peralihan saluran dimana diperlukan perlindungan untuk mencegah terjadinya erosi. Dilihat dari bentuknya, bangunan terjun dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. Bangunan Terjun Tegak
Bangunan ini digunakan pada saluran induk dan saluran sekunder, dimana tinggi terjunan tidak terlalu besar. Tinggi terjun untuk bangunan tegak sesuai dengan ketentuan dimana ketinggian terjun maksimum 1,5 m jika $Q < 2,50 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan tinggi terjun maksimum 0,75 m jika $Q > 2,50 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
- b. Bangunan Terjunan Miring
Bangunan ini digunakan jika tinggi energi jatuh melebihi 1,5 m. Kemiringan saluran antara permukaan (hulu) dan permukaan (hilir) menggunakan kemiringan tidak lebih curam 1:2

Desain bangunan terjun ditentukan sesuai dengan ketinggian terjunan dan debit rencana yang terjadi di lokasi penelitian. Berdasarkan penelitian Moore, Bakhmenteff, feodoroff, dan Rand telah mendapatkan bukti bahwa geometri aliran pada pelimpah terjunan lurus dapat dijelaskan dalam fungsi bilangan terjun seperti persamaan berikut (chow,1989):

$$L_d/h = 4,3 \times D^{0,27} \quad (1)$$

Dimana :

L_d = panjang bagian pengontrol (m)

h = tinggi air (m)

D = q^2/gh^3

Untuk menghitung kedalaman genangan di bawah air pelimpah dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$y_p/h = D^{0,22} \quad (2)$$

$$y_p = h \times D^{0,22} \quad (3)$$

Kedalaman genangan di kaki luapan atau mulainya loncatan dihitung dengan persamaan :

$$y_1/h = 0,54 D^{0,425} \quad (4)$$

Tinggi muka air di hilir dihitung dengan persamaan :

$$Y_2/h = 1,66 D^{0,27} \quad (5)$$

2.2 Kolam Olak

Desain kolam olah pads bangunan terjun berfungsi untuk meredam kecepatan aliran sehingga energi air di bagian hilir sehingga dapat mengurangi gerusan. Tahapan perencanaan kolam olah meliputi perhitungan kecepatan awal di loncatan tergantung dari tinggi terjunan dan kecepatan awal loncatan. Untuk menghitung kecepatan awal loncatan digunakan persamaan :

$$v = \sqrt{2g\left(\frac{1}{2y_1+z}\right)} \quad (6)$$

Penentuan kolam olah didasarkan pada bilangan Froude dengan menggunakan persamaan :

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h_1}} \quad (7)$$

Tinggi loncatan air dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} x \sqrt{(1 = 8Fr^2) - 1} \quad (8)$$

Kecepatan air pada kolam olah setelah loncat air dihitung dengan persamaan :

$$V_4 = \frac{Q}{(Be \times y_4)} \quad (9)$$

Penentuan jumlah blok halang dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$n_{bh} = \frac{(B - 2 \times 0,675 n_3)}{(2 \times 0,75 n_3)} \quad (10)$$

Jumlah blok muka :

$$n_{bm} = \frac{(B - 2 \times 0,5 y_u)}{(2 \times y_u)} \quad (11)$$

2.3 Perhitungan Local Scouring

Kedalaman gerusan dihitung berdasarkan data debit banjir rencana, diameter butiran yang ada di lapangan, lebar efektif saluran dan angka Froude. Besarnya kedalaman gerusan diukur dari ketinggian muka air di hilir dengan menggunakan persamaan :

$$t = 1,486 \times 0,9 \left(\frac{q^2}{f}\right)^{1/3} \quad (11)$$

3. Pembahasan

Rencana perbaikan hidrolika sungai pada BH. 364 mempertimbangkan aspek hidrolis akibat terjadinya gerusan pada daerah tikungan dan perbedaan tingi antara bagian hulu dan hilir sungai yang terlalu curam. Usaha yang dilakukan yaitu melakukan proteksi sungai untuk melindungi dinding sungai dengan membuat saluran pengarah yang terbuat dari beton. Dengan adanya dinding ini diharapkan aliran dapat diarahkan sehingga tidak menggerus dinding sungai. Sebagai konsekuensi akibat perubahan kecepatan aliran, penanganan hidrolis di bagian hilir jembatan dilakukan dengan membuat bangunan terjun.



(a) Photo Udara BH. 364

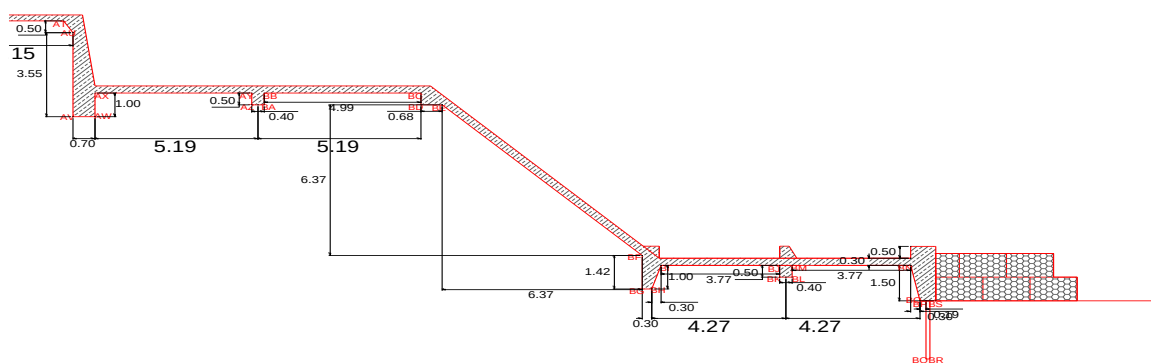
(b) Gerusan di Bagian Hilir Jembatan

Gambar 1. Kondisi Eksisting Jembatan Kereta Api BH.364

Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) lokasi penelitian yaitu 0,697 km². Dengan demikian, perhitungan debit banjir rancangan untuk lokasi tersebut dihitung dengan menggunakan rumus rasional yaitu : $Q = 0,278 \times c \times i \times a = 0,278 \times 0,65 \times 49,016 \times 0,697 = 6,173 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Selanjutnya desain bangunan terjun dilakukan dengan membagi terjun menjadi 3 bagian dengan masing – masing tinggi terjunan 1 = 1,2 m, terjunan 2 = 3m, dan terjunan 3 = 7,28 m. Dengan input debit yang sama pada masing – masing terjunan diperoleh panjang terjunan (Lc) sebesar 6,4214 m untuk panjang terjunan 1, 7,643 untuk panjang terjunan 2, dan 9,0446 m untuk panjang terjunan 3. Dari hasil perhitungan tersebut, lantai olak harus dibuat lebih panjang dari panjang terjunan agar kondisi air stabil sebelum berhadapan dengan terjunan selanjutnya.

Hasil perhitungan local scouring menunjukkan bahwa kedalaman gerusan yang dihitung berdasarkan persamaan 11 dimana angka Froude berdasarkan hasil perhitungan sebesar 1,8684. Jika lebar efektif saluran adalah sebesar 3 m, maka kedalaman gerusan adalah : $1,486 \times 0,9 \times (2,0577/1,8684)^{1/3} = 1,7567 \text{ m}$. Nilai ini lebih kecil desain coveran yang dipasang di lokasi penelitian, yaitu 3 m. dengan demikian struktur yang direncanakan aman dari bahaya *local scouring*.

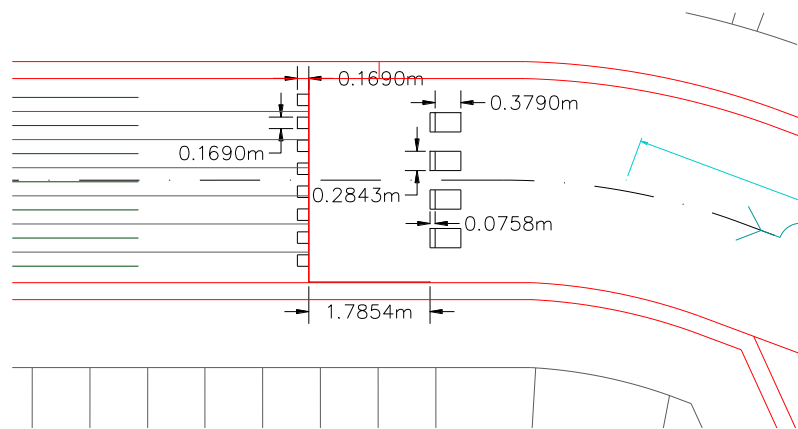
Untuk panjang rembesan, dihitung dengan menggunakan persamaan dan diperoleh hasil perhtingan sepanjang 62,28 m. nilai ini lebih besar dari nilai perhitungan sebesar 6, 3 sehingga diharapkan tidak terjadi rembesan di struktur yang direncanakan .



Gambar 2. Desain Bangunan Terjun BH. 364

Untuk lantai olak, direncanakan dengan menggunakan tipe USBR III dengan kriteria di lokasi penelitian, angka froude number lebih besar dari 4,50 yaitu sebesar 9,458 dan debit banjir lebih kecil dari 18,5 m³/dtk yaaitu sebesar 6,173 m³/dtk. Dengan mengguakan persamaan (9), tinggi loncat air di lokasi adalah sebesar 2,1773 m dengan kecepatan air pada kolam olak sebesar 0,169 m/dtk. Selanjutnya, nilai

tersebut dimasukkan ke dalam persamaan (11) dan persamaan (12), sehingga diperoleh jumlah blok haling depan sebanyak 4 buah dan jumlah blok muka sebanyak 8 buah.



Gambar 3. Desain Kolam Olak BH. 364

4. Kesimpulan

Kasil kajian dan perhitungan, dapat disimpulkan desain bangunan terjun pada jembatan kereta api BH. 364 dengan menggunakan debit banjir rancangan kala ulang 50 tahunan di lokasi penelitian adalah sebesar $6,173 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Untuk desain bangunan terjun, lebar efektif 6 m dengan pembangian 3 ketinggian bangunan terjun untuk perbaikan hidrolika sungai, yaitu 1,2 m, 3 m, dan 7,28 m. Hasil perhitungann kedalaman gerusan akibat aliran air sebesar 1,7567 m sehingga pada bagian hilir dipasang bangunan peredam dari bronjong. Desain kolam olak sepanjang 8m dengan ketebalan 0,3 m dengan tipe kolam olak datar tipe USBR III dilengkapi blok halang muka sebanyak 8 buah dengan ketinggian 0,17 m, dan blok halang depan sebanyak 4 buah dengan ketinggian 0,4 m dan blok muka sebanyak 8 buah. Untuk menghindari rembesan di bawah struktur bangunan, dipasang coveran pada bagian pangkal dan ujung bangunan sedalam 1,5 m.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Barat atas bantuan data dan masukan teknis sehingga penelitian ini berjalan dengan baik dan lancar

Daftar Pustaka

- Chow, Ven Te, (1989) Hidrolika Saluran Terbuka, Erlangga Jakarta
Montes, Sergio. (1998) *Hydraulics of Open Channel Flow*, ASCE Press, Reston, USA
Prima Hadi Wicaksono, Very Dermawan (2014) Uji Model Fisik Hidraulik Terjunan Tegak dengan Kisi Peredam (Longitudinal Racks) untuk Pengendalian, Jurnal Teknik Pengairan Volume 5 No.1, Mei 2014, 15 – 26.

Pengaruh Ketahanan Sosial Masyarakat Desa Wana dalam Ketahanan Identitasnya sebagai Desa Tradisional

Astin Damayanti¹, Bartoven Vivit Nurdin², Agung Cahyo Nugroho³, Dini Hardilla⁴

^{1, 2, 3, 4} Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: agungcnugroho@gmail.com

Abstrak. Ketahanan sosial merupakan suatu kondisi masyarakat yang terdiri dari usaha dan kemampuan secara terus menerus dalam menghadapi segala macam tantangan, ancaman, dan gangguan yang datang untuk identitas, integrasi serta kelangsungan hidup dari masyarakat tersebut. Ketahanan sosial juga dapat dipengaruhi oleh keterikatan nilai-nilai sosial masyarakatnya dengan nilai ekonomi, budaya, dan teknologi yang terus berkembang dari masa ke masa. Situasi ini pada akhirnya dapat menciptakan persepsi yang berbeda antar generasi, berkaitan dengan identitas suatu golongan masyarakat tersebut. Ketika membahas mengenai ketahanan identitas suatu golongan masyarakat yang dipengaruhi oleh nilai-nilai sosial, kami menjadikan Desa Wana sebagai objek penelitian dikarenakan memiliki keberagaman suku dan budaya didalamnya. Padahal identitas asli desa ini merupakan desa dengan adat dan budaya Melinting. Kondisi ini tentu saja menjadi tantangan tersendiri bagi masyarakatnya untuk mempertahankan identitas mereka sebagai desa tradisional Melinting, agar dapat mengikuti perkembangan zaman, tanpa kehilangan kebudayaannya. Serta agar terhindar dari kemungkinan terjadinya asimilasi. Oleh karena itu, melalui tulisan ini, kami mencoba untuk menggambarkan bagaimana keterkaitan antara kondisi sosial masyarakat Desa Wana saat ini dengan ketahanan identitasnya sebagai desa tradisional. Selain itu akan menunjukkan bahwa ketahanan sosial merupakan suatu hal yang penting dalam upaya mempertahankan identitas, integrasi serta kelangsungan hidup suatu masyarakat, di desa yang memiliki nilai-nilai sejarah dan budaya yang tinggi, seperti Desa Wana.

Kata kunci: Ketahanan, Sosial, Identitas, Desa Wana

1. Pendahuluan

Ketahanan sosial dan kapital sosial merupakan dua konsep dan realitas yang tidak bisa dipisahkan dalam pembangunan masyarakat (Suradi, 2006). Kapital sosial yang merupakan keperangkat, kepranataan dan nilai-nilai sosial yang tumbuh dalam masyarakat dapat mempererat hubungan antar anggota kemasyarakatan, serta menumbuhkan keharmonisan sehingga lebih mudah dalam menghadapi dan menangani permasalahan sosial yang ada. Keperangkat lebih dikenal seperti kegiatan arisan, pengajian, ronda, gotong royong, dan lain-lain. Sementara kepranataan dapat dilihat dalam upacara adat, perkawinan, kelahiran, kematian, dan lain-lain. Kapital sosial yang berkualitas baik dalam kemasyarakatan dapat menciptakan ketahanan sosial, sehingga tradisi/kebiasaan serta nilai-nilai yang tercipta pada masa itu dapat bertahan lama karena kunci dalam hal ini adalah terjalinnya komunikasi dan rasa toleransi yang baik antar masyarakat. Apabila suatu area yang dalam kasus ini adalah Desa Wana, memiliki ketahanan sosial yang baik, maka dapat dipastikan pula ketahanan identitasnya.

Desa Wana, yang merupakan desa tertua Marga Melinting, telah berdiri sejak abad 18M. Desa yang berstatus sebagai desa tradisional ini banyak mengandung unsur-unsur sejarah dan budaya tradisional, terutama dari Melinting. Masih cukup banyak nilai-nilai budaya yang dipertahankan, seperti rumah adat, upacara adat, serta pemerintahan secara adat. Meskipun memang, eksistensinya sudah berkurang karena minat masyarakat yang tak lagi tinggi terhadap nilai-nilai adat. Desa yang didalamnya terdapat

percampuran suku Lampung, Banten, Sunda, Jawa, Palembang, Bali, Batak, dan Padang ini membuat sering terjadinya gap antar suku, meskipun tidak ditunjukkan secara langsung. Hal ini dapat dirasakan ketika terdapat acara-acara dalam masyarakat, namun hanya melibatkan sekelompok suku saja.

Masyarakat Wana yang kesehariannya bekerja sebagai petani dan berkebun, disibukkan dengan pekerjaannya dari pagi hingga sore hari, oleh karena itu jarang terlihat adanya aktivitas antar masyarakat pada siang hari. Hal ini yang menyebabkan seluruh perkumpulan dan pertemuan warga (baik acara adat maupun non adat) dilaksanakan pada malam hari. Situasi tersebut juga yang membuat beberapa prosesi adat yang ada sebelumnya, mengalami penyesuaian dengan pola kegiatan masyarakat yang sekarang, karena dirasa sudah tidak memungkinkan untuk menjalani proses adat yang lengkap seperti zaman dahulu. Selain itu, norma-norma sosial dan kemasyarakatan juga turut mendukung penyesuaian adat zaman dahulu, dengan situasi dan kondisi sekarang. Sebagai contoh dimana pakaian tari Melinting yang semula terbuka dibagian pundak, kini tertutup karena dinilai menyalahi norma sosial saat ini.

Contoh-contoh ini membuktikan bahwa kondisi sosial dalam masyarakat dapat menentukan arah pertumbuhan/perkembangan suatu identitas kemasyarakatan, terutama kebudayaan. Apa yang ada dahulu, belum tentu masih ada dan dilakukan sekarang, meskipun masyarakat sadar bahwa ada nilai sejarah dan kebudayaan yang harus mereka jaga, mengingat dalam lembaga kemasyarakatan mereka masih terdapat tokoh-tokoh adat seperti penyimbang (tokoh adat lingkup kecil), lid (tokoh adat lingkup desa) bahkan keberadaan Ratu Melinting sendiri.

Oleh karena itu, paper ini akan menjelaskan bagaimana kondisi sosial masyarakat Desa Wana saat ini dimana telah mengalami percampuran budaya, dapat mempengaruhi ketahanan sosialnya, sehingga mempengaruhi keberlanjutan identitasnya sebagai desa tradisional marga Melinting dari masa ke masa.

2. Identifikasi Masalah

Beragam kondisi dapat diciptakan melalui interaksi masyarakat, termasuk ada atau tidaknya upaya dalam mempertahankan nilai-nilai adat (karena Wana beridentitas desa dengan marga Melinting). Banyaknya suku budaya kemasyarakatan didalam desa, membuat merosotnya nilai kedudukan adat penyimbang, raja, serta tokoh adat lainnya (Hadikusuma, 1989). Selain itu, kurangnya aktivitas sosial dalam masyarakat yang berkaitan dengan nilai-nilai sejarah dan adat, sehingga nilai-nilai tersebut kekurangan media dalam penyampaian. Masyarakat saat ini sudah banyak yang berlomba-lomba dalam mencari materi, sehingga menghindari aktivitas-aktivitas yang dianggap tidak menguntungkan, termasuk dalam upaya mempertahankan adat dan kebudayaan yang ada. Sebagai contoh, dimana banyak generasi muda yang menolak untuk diturunkan (dari ayahnya) sebagai tokoh adat seperti penyimbang dan lid karena menganggap pekerjaan tersebut terlalu berat. Terlebih, karena tidak ada bayaran untuk menjalankan tugas tersebut. Padahal, penyimbang, lid dan Ratu Melinting merupakan kunci dari keberlangsungan nilai-nilai adat yang ada pada masyarakat.

Selanjutnya, gap antar masyarakat dalam hal hubungan sosial juga sering terlihat. Misalnya saja saat terdapat acara jamuan makan dirumah salah satu masyarakat, hanya beberapa golongan saja yang diundang. Adanya perasaan dalam masyarakat untuk tetap mengurus urusan dan adat masing-masing, walaupun memang masyarakat Wana terkenal dengan keramah tamahannya dan rasa toleransi antar suku nya. Hanya saja, untuk menjaga agar nilai dan identitas masyarakat tetap terjaga, diperlukan adanya dukungan dan keikutsertaan dari seluruh pihak, dengan tetap memperhatikan batasan mana yang boleh dilakukan, mana yang tidak. Karena kontinuitas interaksi masyarakat yang berhubungan dengan nilai-nilai adatnya dapat mampu untuk mengikuti perkembangan zaman melalui penyesuaian-penyesuaian baru namun dengan tetap mempertahankan identitas asli Desa Wana.

3. Rumusan Masalah

Untuk mengetahui seperti apa tingkat ketahanan sosial dalam masyarakat Desa Wana, terlebih dahulu harus kita pelajari bagaimana kualitas interaksi antar anggota keluarganya, antar tetangga, antar suku

bahkan antar dusun, agar terlihat sejauh mana konsistensi dari nilai budaya yang sudah ada sejak dahulu, serta apasaja aktivitas yang berpeluang untuk terjadinya transfer *knowledge* tentang budaya. Berikut ini adalah beberapa pertanyaan yang terkait :

1. Bagaimana bisa pola perilaku dan kebiasaan masyarakat Desa Wana dapat berpengaruh besar terhadap ketahanan identitasnya sebagai desa tradisional?
2. Apasaja adat dan kebudayaan yang dahulu ada namun kini tidak ada karena pengaruh dari kondisi sosial masyarakat Desa Wana?
3. Apa yang dapat dilakukan masyarakat dalam hal nilai-nilai sosial, untuk ikut serta dalam menjaga identitas asli Desa Wana yang merupakan desa dengan marga Melinting?

4. Tujuan Penelitian

Penelitian dan penulisan makalah ini dimaksudkan agar dapat memberikan gambaran mengenai pentingnya menjaga ketahanan sosial dalam masyarakat ketika kita ingin mempertahankan identitas nasional nya dari masa ke masa dengan terus mengikuti perkembangan zaman, tanpa terancam mengalami kepunahan identitas yang ada. Karena kualitas pembangunan masyarakat ada di tangan masyarakat itu sendiri.

5. Metode Penelitian

Data diperoleh melalui metode wawancara dengan gambaran inti pertanyaan mengenai seberapa banyak kegiatan sosial yang dilakukan di Desa Wana, seperti mata pencaharian, penggunaan bahasa sehari-hari, jenis-jenis organisasi masyarakat, peribadatan, sejarah dan budaya, serta hal-hal yang berkaitan dengan sosial lainnya. Wawancara dilakukan kepada tokoh-tokoh adat seperti *penyimbang*, *lid* dan Ratu Melinting, serta masyarakat Desa Wana yang diambil secara acak, yaitu yang mewakili setiap suku yang ada di Desa Wana agar data yang didapat bersifat menyeluruh serta tidak berpihak.

Pengumpulan data melalui metode wawancara memungkinkan kami untuk melakukan *social gap analysis* untuk membandingkan bagaimana situasi masyarakat pada masa lalu dengan situasi yang sekarang mengenai sejauh mana perbedaan ketahanan sosialnya, melalui cerita dan respon masyarakatnya.

6. Hasil Temuan

6.1 Lemahnya posisi dan kedudukan *penyimbang*, *lid* dan Ratu Melinting didalam masyarakat

Untuk mempertahankan nilai-nilai adat dan kebudayaan masyarakat, haruslah ada pihak yang mengerti tentang adat tersebut sehingga dapat menyampaikan apa yang salah dan apa yang benar kepada masyarakat dari sisi adat istiadat. Selain itu, dengan adanya tokoh-tokoh adat, eksistensi adat dapat terus dipantau untuk kemudian dilakukan langkah-langkah yang dianggap perlu dengan tujuan agar nilai adat dapat terus terjaga. Hal-hal tersebut merupakan gambaran tugas para *penyimbang*, *lid* serta Ratu Melinting. Agar bisa menjadi seorang *penyimbang*, *lid* serta Ratu, haruslah merupakan orang yang berasal dari keturunannya.

Setiap *penyimbang* dan *lid* memiliki buku yang didalamnya berisi tentang segala macam peraturan mengenai adat marga Melinting, seperti hukum mengenai pembunuhan, *cepalo bango* atau perbuatan tidak menyenangkan, pembuat onar, dan lainnya. Buku ini mengalami *recake* setiap lima tahun sekali, yaitu perbaruan hukum yang telah disesuaikan dengan masa yang sedang dialami. Baik pengurangan porsi, penambahan, atau penghapusan hukum adat. Namun, berdasarkan keterangan *lid* saat ini, yaitu bapak Arifin, sudah jarang sekali masyarakat yang menyelesaikan permasalahan sosialnya dengan hukum dan tata cara adat. Sehingga peran *penyimbang* dan *lid* sudah jarang dilibatkan dengan urusan-urusan masyarakat. Mereka hanya datang atau membantu disaat memang diminta dan dibutuhkan, seperti saat acara pernikahan adat, pengambilan gelar, dan hal-hal yang membutuhkan peran *penyimbang* dan *lid* saja.

Selain itu, kemerosotan peran *penyimbang*, *lid* dan Ratu Melinting juga disebabkan oleh banyaknya pendatang di Desa Wana yang membuat sebagian dari masyarakatnya bukan merupakan marga Melinting

sehingga tidak membutuhkan sosok *penyimbang*, *lid* dan Ratu Melinting dalam aktivitas sosialnya. Kecuali jika pendatang tersebut akan menikah dengan orang marga Melinting, maka dibutuhkan peran *penyimbang* dan *lid* untuk sementara menampung orang tersebut sebagai tanda bahwa berada didalam pengawasan secara adat.

6.2 Hubungan antar masyarakat

Suku Lampung sebagai tuan rumah, telah melakukan tugasnya dengan baik yaitu bersedia menerima dan dapat dengan mudah berinteraksi dengan masyarakat dari suku lain. Hal ini sesuai dengan beberapa hal yang disampaikan oleh Hadikusuma Hilman dalam bukunya mengenai sifat dan watak orang Lampung. Terbukti dari banyaknya masyarakat Lampung yang menguasai bahasa dari suku lain dan tidak segan untuk bercengkrama, menandakan bahwa mereka sadar akan adanya suku selain suku Lampung, dengan tetap saling menghargai. Meskipun dalam interaksi kesehariannya, masih terlihat adanya stigma yang telah terbentuk dalam suku masing-masing yang tidak ditunjukkan secara langsung, hal ini yang terkadang menyebabkan gap antar masyarakat atau suku.

Namun ketika membahas soal ketahanan sosial agar identitas dapat bertahan lama dimana membutuhkan dukungan dari segala pihak, seringkali terjadi ketidakikutsertaan antar masyarakatnya ketika diadakan kegiatan-kegiatan sosial masyarakat, terutama dalam hal adat dan budaya. Misalnya saat acara pernikahan adat, hampir seluruh tamu yang datang merupakan suku Lampung, terkecuali jika mempelai yang lainnya merupakan suku non Lampung. Berbarengan dengan itu, masyarakat dari suku lain menganggap acara adat sebagai urusan masyarakat dengan adat tersebut, sehingga tidak perlu ikut campur dalam kegiatannya. Saat diadakannya pertemuan adat, terdapat peraturan tentang hak berbicara dan berpendapat, yang hanya boleh dilakukan oleh seseorang dengan marga Melinting, sehingga sebagian masyarakat yang bukan merupakan Marga Melinting hanya menjadi pendengar. Hal ini yang diperkirakan membuat masyarakat akhirnya lebih memilih untuk tidak ikut dalam pertemuan adat.

6.3 Kurangnya minat generasi muda yang dibarengi dengan minimnya transfer *knowledge* mengenai nilai-nilai budaya.

Menjadi *penyimbang* terkadang dirasa merupakan sebuah tanggung jawab besar yang cukup berat. Maka dari itu, seringkali ditemui kasus dimana sang anak merasa belum siap. Siap disini berarti mampu memahami segala hal tentang adat istiadat marga Melinting yang tercantum pada sebuah buku, yang hanya akan ditunjukkan apabila timbul keinginan dari sang anak untuk meneruskan tugas dari ayahnya sebagai seorang *penyimbang*, bukannya dikenalkan sejak anak berusia muda. Selanjutnya apabila seorang keturunan *penyimbang* merasa belum mau/belum pantas/belum siap untuk menjadi *penyimbang* selanjutnya, maka gelar *penyimbang* akan dititipkan sementara kepada *lid* atau kepala adat sampai ada salah satu dari keturunannya yang mengambil alih. Dalam rentang waktu tertentu hingga dirasa sudah cukup lama, maka Ratu Melinting akan memberikan surat untuk menanyakan apakah sang anak telah siap, atau posisi *penyimbang* yang berasal dari keluarga tersebut akan diserahkan hak nya kepada oranglain (bisa pamannya, atau bahkan dari keluarga yang berbeda). Dalam kasus ini dapat dilihat bahwa pada keluarga tokoh adat pun, *transfer knowledge* yang dilakukan sangat minim. Maka dari itu penerusnya tidak terbiasa dengan hal-hal berbau adat, sehingga selalu merasa belum mampu.

Media transfer *knowledge* sebenarnya bisa di sekolah-sekolah agar sejak usia dini masyarakat Desa Wana dapat mengetahui dan memahami tentang identitas budaya mereka agar dapat menimbulkan kesadaran akan pentingnya menjaga nilai-nilai budaya. Namun, dari 12 buah fasilitas pendidikan dari tingkatan PAUD hingga SMA bahkan UPTD Pendidikan, tidak ada satupun yang menambahkan sejarah dan budaya Melinting kedalam kurikulum mereka. Sebagai contoh, terdapat salah satu mata pelajaran yang membahas tentang adat istiadat dan budaya Melinting, dimulai dari tapis khas nya, sejarah tentang suku-sukunya, pakaian khas saat pernikahan, dan lain sebagainya.

Selanjutnya, kesempatan yang paling besar dan mudah untuk penyampaian identitas budaya adalah dari unit terkecil, yaitu keluarga. Penyampaian dalam keluarga dianggap paling mudah namun efektif, karena hubungan dan komunikasi yang baik didalam keluarga dapat menciptakan karakter yang baik pula. Misalnya, ketika sang ayah merupakan pemain *talo seprunggu* atau gamelan, maka ilmu tersebut dapat diajarkan kepada anaknya. Hal lain misalnya sang ibu yang merupakan pengrajin tapis *cukil*, maka ilmu tersebut dapat diajarkan kepada anaknya. Namun kenyataannya tidak begitu. Selain generasi muda yang memilih meninggalkan desa karena untuk mencari uang, generasi kini tidak tahu menahu mengenai melestarikan budaya, walaupun diketahui orangtua mereka merupakan penggiat budaya dulunya. Semua karya dan ilmu mereka kini hanya bisa ditatap melalui pajangan dinding tanpa diketahui bahagimana cara membuatnya atau apa maknanya. Seperti yang sudah kami sampaikan sebelumnya, masyarakat saat ini disibukkan dengan mencari kepunyaan benda sehingga akan meninggalkan hal-hal yang dianggap tidak menguntungkan dan tidak menghasilkan rupiah.

6.4 Perubahan nilai-nilai adat masyarakat Wana yang dahulu, karena disesuaikan dengan kondisi masyarakat saat ini

Seperti yang telah kami sampaikan sebelumnya bahwa setiap lima tahun sekali diadakan *recako* untuk memperbaharui hukum adat. Perbaruan ini berdasarkan hal-hal yang terjadi didalam masyarakat, sehingga beberapa hukum tersebut dinilai sudah tidak bisa lagi menjadi acuan. Selain itu, dalam membuat atau memperbaharui hukum adat, kalimat yang dipegang teguh oleh para *penyimbang* serta Ratu Melinting adalah “bagaikan memukul ular dibawah bunga melur” artinya, bagaimana caranya agar benda nya (hukumnya) tidak patah, ularnya tidak mati, dan bunga nya tidak layu”. Dibawah ini merupakan beberapa poin-poin dimana terjadinya perubahan adat istiadat Melinting di Desa Wana :

Tabel 1. Perubahan dalam Adat Istiadat Melinting di Desa Wana

Adat	Keterangan	Dulu	Sekarang	Alasan
<i>Nukhuk Majew</i>	Pra nikah, dimana laki-laki membawa kabur calon mempelainya. Biasanya karena tidak mendapat restu orangtua.	Hanya boleh dilakukan oleh Ratu Melinting.	Boleh dilakukan siapapun, dengan membayar denda pada Ratu Melinting.	
<i>Macarik</i>	Kegiatan menyalami mempelai untuk memberikan selamat atas pernikahan mereka.	Jika yang menikah ialah <i>peyimbang</i> dari suku <i>dalem</i> dan suku <i>Bandar</i> .	Semua masyarakat yang menikah.	Seluruh masyarakat marga Melinting berhak untuk mendapatkannya.
Warna Baju Pernikahan Suku <i>Buai Bujung</i>	Baju dengan warna khas setiap suku yang digunakan ketika menikah.	Merah.	Batik.	
<i>Bejeneng</i>	Prosesi pemberian gelar tertinggi yang diberikan oleh Ratu Melinting setelah orang tersebut menikah.	Harus memotong seekor sapi.	Membayar denda senilai harga kulit kerbau.	Denda dinilai terlalu berat untuk kondisi perekonomian masyarakat sekarang.
Pernikahan	Seluruh prosesi adat pada pernikahan.	Dua hari dua malam.	Satu hari satu malam.	Terlalu lama, sehingga masyarakat kelelahan. Selain

Adat	Keterangan	Dulu	Sekarang	Alasan
				itu dana yang dikeluarkan juga cukup besar.
<i>Paka Tukho</i>	Prosesi pra menikah dimana bertemunya utusan dari masing-masing pihak calon mempelai untuk mendiskusikan pernikahan.	Memakan waktu sehari-hari karena.	Satu hari.	Terlalu lama, serta memakan biaya yang besar.
Pakaian Tari Melinting	Pakaian yang dipakai saat menarikan tarian tradisional Melinting.	Terbuka di bagian bahu.	Tertutup.	Menyalahi norma sosial yang saat ini berlaku di masyarakat sehingga dianggap kurang pantas.

7. Kesimpulan

Untuk mempertahankan konsistensi dan kualitas identitas suatu daerah, perlu adanya dukungan dari dalam yang berasal dari masyarakat daerah tersebut. Nilai-nilai sosial dalam masyarakat dalam menjalin hubungan yang baik didalamnya, dapat mempengaruhi ketahanan sosial mereka, sehingga kerjasama dalam bidang apapun, terutama mempertahankan identitasnya (dalam bahasan ini budaya Marga Melinting) dapat dilakukan dengan mudah. Contohnya saja pada Desa Wana yang merupakan salah satu Desa Marga Melinting, dimana dalam pembaharuan hukum adat istiadatnya sangat mempertimbangkan dan mengikuti perkembangan pola perilaku masyarakatnya agar adat tersebut masih dapat dijalankan. Hal ini membuktikan bahwa nilai-nilai dalam masyarakat saat ini sangat mempengaruhi adat istiadat mereka yang selanjutnya. Begitupun terhadap ketahanan identitas mereka sebagai Desa Tradisional. Karena apabila masyarakatnya enggan menghadirkan nilai-nilai adat dan budaya dari nenek moyang mereka karena sibuk mengurus urusan yang menguntungkan diri sendiri, maka identitas dari masyarakat itu tidak akan bertahan lama.

Ditengah-tengah banyaknya permasalahan yang ada dalam mempertahankan ketahanan identitas masyarakat Desa Wana, terdapat harapan untuk tetap melanjutkan nilai-nilai adat budaya didalamnya, hal ini berdasarkan apa yang tercantum dalam buku “Ketahanan Masyarakat Desa” yang diterbitkan oleh kementerian desa, pembangunan daerah tertinggal dan transmigrasi republik Indonesia. Ketahanan masyarakat desa dapat dilakukan melalui upaya pembangunan dan transformasi kelemahan, menjadi kekuatan dan segala potensi untuk mendorong perubahan secara berkelanjutan. Artinya, apabila terdapat upaya dari masyarakat untuk menjadikan kekurangan-kekurangan yang ada untuk memicunya menjadi kelebihan dengan cara memperbaikinya, maka ketahanan identitas dalam masyarakatnya akan selalu mengikuti.

Daftar Pustaka

- Hadikusuma, H. Hilman. *Masyarakat dan Adat-Budaya Lampung*. (Bandung : Penerbit Mandar Maju, 1989).
- Musoffa Ihsan, Moch. *Ketahanan Masyarakat Desa*. (Jakarta Pusat : Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, Dan Transmigrasi Republik Indonesia, 2015).

Hubungan Antara Kuat Geser dan Pemadatan Tanah Residu Hasil Pelapukan Batuan Tufa Di Lampung Selatan

Edward Riyadi Irawan¹, Lusmeilia Afriani², Syahidus Syuhada¹, Rahmat Kurniawan¹, Idharmahadi Adha²

¹Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Lampung Selatan 35365

²Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: edwardirawan50@gmail.com

Abstrak. Kekuatan geser tanah merupakan gaya tahanan internal yang bekerja persatuan luas massa tanah sehingga sering terjadi keruntuhan sepanjang bidang runtuh. Maka perlu suatu penelitian tentang kekuatan geser tanah. Tanah yang dipilih adalah tanah residu dari batuan Tufa. Penelitian ini menggunakan alat UCS, sample tanah dipadatkan dengan variasi pemadatan 10, 20, 30, 40, 50 kali tumbukan dan kadar air (w) 25%, 30%, 35%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat geser maksimum terdapat pada pemadatan 40 kali tumbukan. Nilai kuat geser pada penambahan w, 25% sebesar 2,11 kg/cm², kadar air ditingkatkan sampai 10 % maka nilai kuat geser akan mencapai 2,5 kg/cm². Tetapi pada 50 x tumbukkan dengan w, 25% - 35% akan menurunkan nilai kuat gesernya antara 1,85 kg/cm² - 0,72 kg/cm². Hal ini disebabkan tanah dalam keadaan wopt akan lebih sensitif ketika dipadatkan. Jika tanah dipadatkan dengan tingkat pemadatan lebih dari pemadatan maksimumnya, maka nilai q_u dan c_u akan menurun.

Kata kunci: Kuat Geser, Pemadatan Tanah, Tanah Residu, UCS Test

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara tropis dan memiliki banyak gunung api aktif, termasuk juga di beberapa wilayah Provinsi Lampung. Seperti Gunung Rajabasa dan gunung Krakatau yang masih aktif sampai dengan sekarang. Penelitian tentang keaktifan gunung berapi Krakatau dilakukan beberapa peneliti sebelumnya seperti Putra, P. S., Yulianto, E. 2017, yang meneliti adanya endapan batuan berasal dari meletusnya gunung Krakatau 1883. Peneliti tentang keaktifan gunung api di Lampung selatan menunjukkan bahwa batuanannya tersusun berasal dari gunung api yang sangat aktif beberapa ratus tahun yang lalu, Darmajaya 2013. Bahkan di Indonesia memiliki hampir lebih dari dua per tiga tanah permukaan yang merupakan tanah residu, Bronto dkk 2012; Bujang 2012. Batuan yang berasal dari gunung api atau vulkanik mempunyai karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan batuan yang dibentuk bukan dari vulkanik, Wibawa, Y. S., dkk. 2017. Batuan tersebut mempunyai karakter yang lebih keras. Tetapi dengan berjalannya waktu, pengaruh dari lingkungan, tekanan dan faktor lainnya maka batuan tersebut dapat saja menjadi tanah residu. Sebab tanah residu berasal dari tanah yang dibentuk oleh pelapukan disuatu tempat dengan tekstur keaslian batu yang telah hancur secara sempurna. Seperti Rahardjo (2004) meneliti karakteristik dari tanah residu di Singapura, kesimpulan yang didapatkan yaitu karakteristik fisik dari tanah residu bergantung kepada tingkat pelapukan batuan induk. Sedangkan tanah residu di daerah Lampung Selatan berasal dari formasi tufa Lampung yang dapat digunakan untuk material konstruksi pada beberapa tingkat pembebanan dan kepadatan. Tanah residu yang berada di daerah Lampung Selatan umumnya digunakan sebagai material timbunan badan jalan dan juga digunakan sebagai tanah dasar pondasi bangunan. Sehingga karakteristik tanah residu terhadap merespon beban konstruksi di atasnya perlu ditinjau lebih lanjut, guna mendapatkan rekomendasi apakah tanah residu yang berasal dari pelapukan endapan vulkanik formasi tufa Lampung dapat digunakan untuk material konstruksi pada beberapa tingkat pembebanan dan kepadatan. Menanggapi

hal tersebut, tujuan dari penelitian ini meneliti sifat fisik dan mekanik dari batuan Tufa yang ada di lokasi Desa Way Hui Lampung Selatan. Pemilihan lokasi ini berdasarkan hasil pengamatan batuan yang ada dipermukaan tanahnya merupakan batuan Tufa yang berwarna putih. Batuan tufa yang merupakan batuan residu yang digunakan sebagai bahan bangunan, dan lokasi setempat akan dibangun beberapa bangunan bertingkat, sehingga memerlukan data tanah seperti nilai kepadatan dan nilai kuat geser tanah residu.

Sebab konstruksi bangunan diatas tanah residu tersebut harus mampu didukung oleh tanah yang baik. Jika tanah dasar tidak cukup baik, banyak konsekuensi yang akan terjadi pada bangunan diatasnya, seperti terjadi konsolidasi, keruntuhan dan ketahanan pondasi mendukung beban diatasnya. Salah satu parameter kekuatan tanah yang dimaksud yaitu kekuatan geser tanah. Kekuatan geser (shear strength) tanah merupakan gaya tahanan internal yang bekerja per satuan luas massa tanah untuk menahan keruntuhan atau kegagalan sepanjang bidang runtuh dalam massa tanah tersebut, Das, Braja M. 2016.

2. Eksperimental

Penelitian ini memfokuskan pada pengambilan sample tanah di lokasi yang memiliki tanah residu hasil pelapukan batuan formasi tufa Lampung berada di kawasan Kampus Institut Teknologi Sumatera (ITERA), Kecamatan Jati Agung, Kab. Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Sample diambil pada 5 lokasi yang ditujukan pada gambar 1a.

Pengambilan sample dengan tabung undisturbed dan disturbe sample. Pelaksanaan pengujian yang dilakukan yaitu pengujian sifat fisik pada tanah asli yang bertujuan untuk mengetahui sifat fisik tanah tersebut, Das, Braja M. 2016. Tahapan pengujian tersebut dilakukan berdasarkan ASTM dan Panduan Praktikum di Laboratorium Mekanika Tanah ITERA.

Contoh tanah yang didapatkan dari lapangan akan dipadatkan menggunakan cetakan dan penumbuk proctor standar yang memiliki berat 2,5 kg dengan tinggi jatuh 305 mm. Penggunaan alat ini dimaksudkan memberikan energi pemadatan yang berbeda namun dengan prosedur yang sama. Skema pembuatan sampel dengan variasi kepadatan dan penambahan kadar air dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



Gambar1: (a) Lokasi Pengambilan sample, (b) Bagan alir penelitian.

3. Pembahasan

Pada penelitian ini telah dilakukan percobaan tentang sifat fisik dari tanah residu Tufa dan memberikan hasil yang ditampilkan pada tabel 1. Percobaan dengan analisa sarinya atau distribusi ukuran menunjukkan persentase tanah yang lolos dari saringan ukuran 0.075 mm lebih dari 80% dan dari pengujian Atterberg *Limits* didapatkan nilai indeks plastisitas yang tinggi. Dikarenakan nilai indeks plastisitas lebih dari 10%,

sehingga dapat disimpulkan sampel tanah tufa lapisan pertama embung E berjenis lempung berlanau dengan plastisitas tinggi (CH). Pada sampel tanah ini memiliki gradasi warna coklat (tanah humus). Hal ini dikarenakan, tanah tufa pada lapisan teratas mengalami pelapukan tinggi. Berdasarkan hasil pengujian, di dapatkan nilai sifat-sifat fisik tanah residu hasil pelapukan batuan tufa lampung pada kelima titik lokasi pengujian. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Tufa di Sekitar ITERA

Lokasi	Lapisan	GS	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Grain size (%)			Klasifikasi USCS
						Pasir	Lanau	Lempung	
Embung E	1	2,49	64,03	34,29	29,73	18	33	49	CH
	2	2,32	40,07	33,78	6,29	46,5	47,9	5,6	ML
	3	2,39	38,4	32,92	5,48	29,2	61,8	10	ML
	4	2,5	48,29	26,37	21,92	20	53,5	26,5	CH
	5	2,6	36,37	26,09	10,28	44,3	47,7	8	CH
Gedung F	1	2,47	36,2	29,61	6,59	46,8	44,7	8,5	ML
Lapangan Olahraga	1	2,28	33,05	22,62	10,43	43,6	47,5	8,9	CL
Gerbang Utama	1	2,27	37,29	32,41	4,88	45,4	40,6	14	ML
Gedung A	1	2,39	75,05	39,83	35,23	5,7	52,5	41,8	CH

Pengambilan sample menggunakan tabung undisturbe dan test PIT, untuk mencari sifat fisik tanah digunakan sample yang diambil dengan tabung (undisturbe sample). Sample dibagian tubuh embung diambil sebanyak 5 lapisan. Sedangkan dilokasi lain 1 lapisan, yaitu ± 1 meter dari permukaan tanah. Setelah sifat fisik didapat maka dilanjutkan dengan percobaan Proctor Standar dan kepadatan yang didapat serta kadar air optimum maka data tersebut dipakai untuk membuat sample yang akan diuji dengan alat uji digital yaitu UCS (*Unconfined Compressive Strength*) atau alat uji kuat tekan bebas untuk mendapatkan nilai cu.

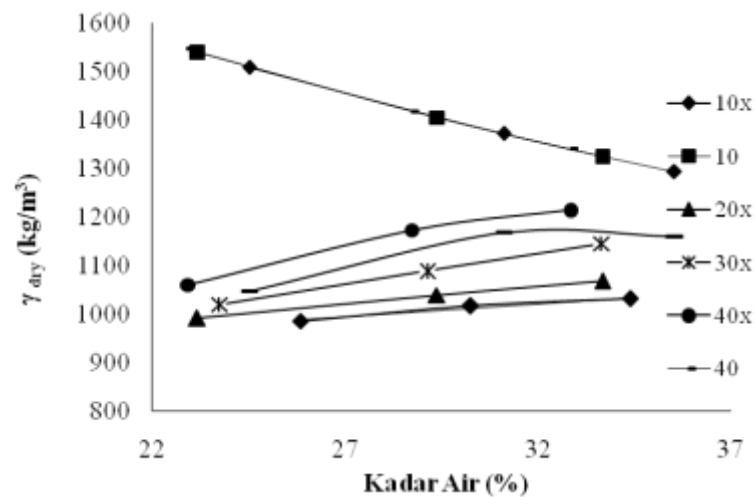
4.1 Pemadatan Tufa.

Batuan tufa mempunyai warna putih dan menjadi alternatif sebagai bahan bangunan, hal ini dipilih karena mempunyai stok yang banyak di beberapa daerah sekitar Lampung Selatan serta didaerah menjadi objek penelitian ini akan dibangun bangunan bertingkat. Sehingga akan membutuhkan nilai kepadatan dan kekuatan geser yang akan digunakan sebagai disain pondasi dan perkuatan lainnya.

Pengujian awal adalah dilakukan terhadap beberapa model modifikasi sampel tanah berdasarkan nilai kadar air dan jumlah tumbukannya. Tujuan dari pengujian ini untuk mendapatkan nilai kadar air optimum (w_{opt}) dan nilai berat volume kering maksimum (γ_{dry}). Metode Pelaksanaan pengujian ini mengikuti prosedur yang ada pada ASTM D-1557. Hasil interpretasi pengujian ini termasuk nilai energi, E ditampilkan pada grafik 1 dan tabel 2.

Parameter pengujian dari tanah residu hasil pelapukan batuan tufa adalah seperti tabel 1. Sample tanah dilakukan pemadatan dengan beberapa kali pukulan. Yaitu menggunakan proctor standar test. Setelah sample padat, maka dilanjut dengan pengujian menggunakan alat UCS. Hasil dari pemadatan adalah mendapatkan nilai berat volume kering maksimum dan kadar air optimum. Nilai pada energi pemadatan 40 kali tumbukan mendapatkan nilai γ_{dry} dan kadar air optimum, w_{opt} yang maksimal. Tetapi setelah sample diberikan penambahan energi pemadatan sampai dengan 50 kali tumbukan, maka mendapatkan nilai yang menurun, dibandingkan dengan jumlah penumbukan lebih kecil dari 50 x tumbukan. Hal ini di benarkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Fagundes, 2015, bahwa tegangan geser satu tanag akan dipengaruhi oleh tingkat kepadatan suatu masa tanah.

Hal ini disebabkan karena pada jumlah pemadatan 50 kali tumbukan mengakibatkan tanah tersebut mengalami over compaction ketika dipadatkan. Jika tanah dipadatkan dengan tingkat pemadatan yang tinggi/lebih besar dari pemadatan maksimumnya, maka nilai berat volume kering maksimum dan kadar air optimum menurun, lihat gambar 1 dan tabel 2.



Gambar 2. Pengaruh Energi Kepadatan Terhadap Berat Isi Kering dan Kadar Air Optimum

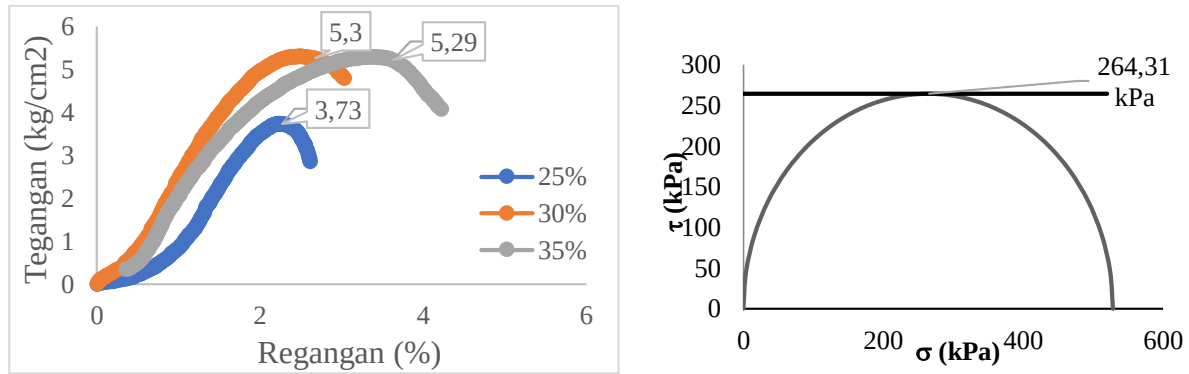
Tabel 2: Pengaruh antara Energi tumbukan dengan nilai hasil uji Proctor Standar.

Jumlah Tumbukan	Energi	Proctor		Zero Air Void (ZAV)	
N	KJ-m/m ³	Kadar air w (%)	γ_{dry} (kg/m ³)	Kadar air w (%)	γ_{dry} (kg/m ³)
10	238.77	25.83	986.66	23.15	1540.29
		30.25	1016.72	29.37	1405.69
		34.39	1031.64	33.67	1325.46
20	477.54	23.15	991.35	23.15	1540.29
		29.37	1039.69	29.37	1405.69
		33.67	1068.11	33.67	1325.46
		23.72	1020.23	23.72	1526.86
30	716.31	29.13	1089.67	29.13	1410.39
		33.63	1145.88	33.63	1326.21
		22.90	1060.74	22.90	1546.30
		28.73	1173.43	28.73	1418.40
40	955.08	32.85	1214.91	32.85	1340.07
		24.51	1046.99	24.51	1508.64
		31.11	1167.85	31.11	1371.96
50	1193.8	35.54	1160.29	35.54	1293.51

4.2 Kuat Tekan Bebas

Pengujian Kuat Tekan Bebas menggunakan alat UCS, dimana alat ini dapat mengukur tegangan, regangan, dan kuat tekan bebas. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai kuat tekan bebas akan dilakukan pada tanah residu hasil pelapukan batuan tufa lampung yang dipadatkan dengan variasi pemadatan 10 kali, 20 kali, 30 kali, 40 kali, 50 kali tumbukan dan variasi kadar air 25%, 30%, 35%.

Hasil interpretasi dari seluruh pengujian ditampilkan pada tabel 3, dan hasil penggambaran data pada grafik tagangan-regangan, serta lingkaran Mohr-Coloumb, Gambar 3. Didalam Gambar 3, yang ditampilkan diambil salah satu contoh, yaitu pada nilai maksimum dengan benda uji 1 dengan penambahan kadar air 35% dengan 40 kali penumbukan. Dimana pengujian runtuh pada tegangan maksimum dari benda uji tersebut.



Gambar 3. (a) Grafik tegangan-regangan penambahan kadar air dengan 40 kali tumbukan dan (b) Lingkaran Mohr-Coloumb penambahan kadar air 35% dengan 40 kali tumbukan

Dari hasil interpretasi gambar 3a dan 3b dapat diartikan bahwa, pada pemadatan 40 kali tumbukan terjadi kenaikan nilai pada variasi kadar air tersebut. Dimana nilai c_u pada penambahan kadar air 35% sebesar 264,31 kPa.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian Kuat Tekan Bebas

Jumlah Tumbukan	Kadar Air (%)	qu (kg/cm ²)		cu (kPa)	
		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 1	Pengujian 2
10	25.83	1,08	0,82	54,1	40,7
	30.25	1,39	1,56	69,39	78,1
	34.39	1,76	1,73	87,85	86,37
20	23.15	1,57	1,77	78,61	88,74
	29.37	2,81	2,15	140,51	107,47
	33.67	3,37	3,34	168,58	167
30	23.72	2,71	2,08	135,68	104,05
	29.13	3,66	3,4	183,07	169,93
	33.63	4,04	3,85	201,81	192,72
40	22.90	3,73	4,22	186,61	211,19
	28.73	5,3	4,91	264,78	245,55
	32.85	5,29	5,01	264,31	250,41
50	24.51	3,38	3,7	168,84	184,77
	31.11	5,17	4,81	258,51	240,27
	35.54	3,03	2,67	151,65	133,51

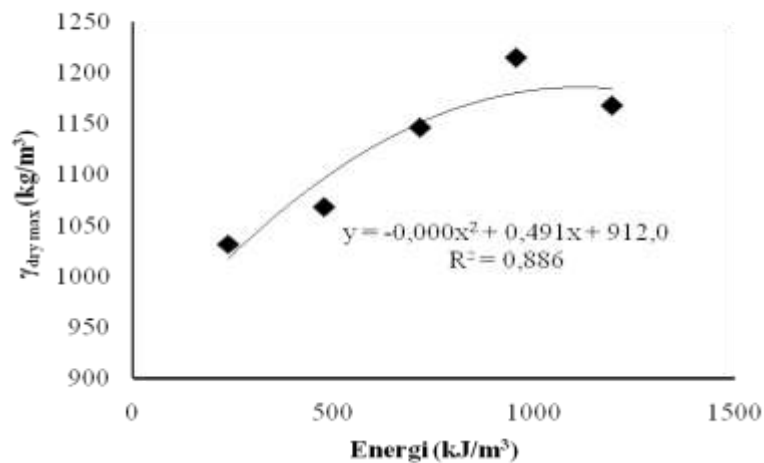
Berdasarkan hasil keseluruhan pengujian didapatkan nilai qu dan c_u maksimum, pada variasi pemadatan 40 kali tumbukan dengan penambahan kadar air 25%, 30%, 35%. Sedangkan pada variasi pemadatan 50 kali tumbukan dengan penambahan kadar air 25%, 30%, 35% nilai qu dan c_u menurun. Hal ini disebabkan sampel tanah dalam keadaan kadar air optimum tanah akan lebih sensitif ketika dipadatkan. Jika tanah dipadatkan dengan tingkat pemadatan yang tinggi/lebih besar dari pemadatan maksimumnya, maka nilai qu dan c_u menurun.

4.3 Hubungan antara berat volume tanah kering maksimum dengan energi

Grafik 3 mempresentasikan persamaan regresi polynomial orde 2, hal ini dilakukan untuk mendapatkan hubungan kedua parameter tersebut. Pada gambar 3 didapatkan hasil untuk mendapatkan nilai berat volume tanah kering maksimum dengan energi pemadatannya. Nilai γ_{dry} diambil dari nilai maksimum dari masing-masing percobaan.

Tabel 4. Hubungan antara berat volume tanah kering maksimum dengan energi.

JumlahTumbukan	Energi (KJ-m/m3)	$\gamma_{dry\ max}$ (Kg/m3)
10	238,77	1031,64
20	477,54	1068,11
30	716,31	1145,88
40	955,08	1214,91
50	1193,84	1167,85



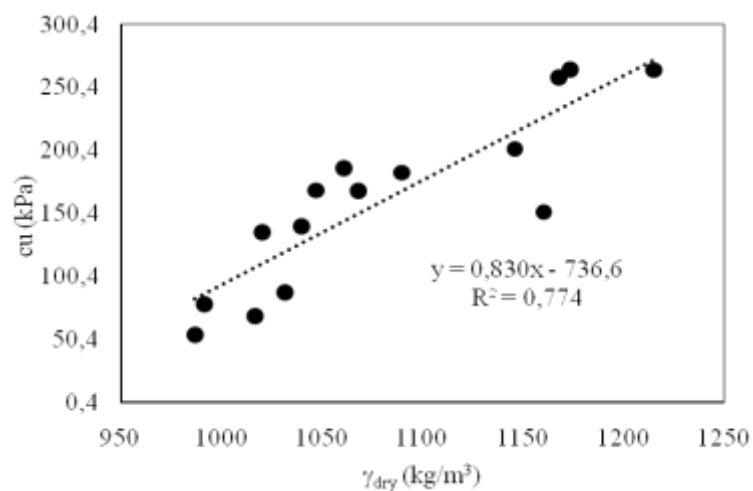
Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Energi dengan Berat Volume Tanah Kering Maksimum

Berdasarkan gambar 3, hubungan antara energi dengan berat volume tanah kering maksimum menghasilkan persamaan yang tertera dalam gambar 3. Karna orde tingkat 2 adalah 0 maka dapat disederhanakan sebagai berikut:

$$\gamma_{dry} = 0,4911(E) + 912,01 \quad (1)$$

dimana γ_{dry} adalah berat volume keringmaksimum.dan E, energi pemadatan yang digunakan.

4.4 Hubungan antara cu dengan berat volume tanah kering



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara cu dengan Berat Volume Tanah Kering, γ_{dry}

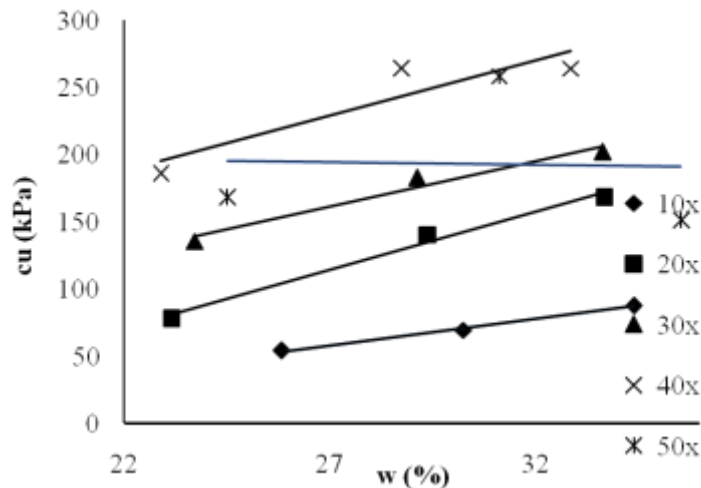
Tabel 5. Hubungan antara c_u (*cohesion undrained*). dengan berat volume tanah kering dan kadar air

Jumlah Tumbukan	w (%)	γ_{dry} (kg/m ³)	Energi (KJ-m/m ³)	c_u (kPa)
10	25,83	986,66	238,77	54,1
	30,25	1016,72		69,39
	34,39	1031,64		87,85
20	23,15	991,35	477,54	78,61
	29,37	1039,69		140,51
	33,67	1068,11		168,58
30	23,72	1020,23	716,31	135,68
	29,13	1089,67		183,07
	33,63	1145,88		201,81
40	22,9	1060,74	955,08	186,61
	28,73	1173,43		264,78
	32,85	1214,91		264,31
50	24,51	1046,99	1193,84	168,84
	31,11	1167,85		258,51
	35,54	1160,29		151,65

Persamaan linear diatas didapatkan hasil untuk mendapatkan nilai c_u . Dimana apabila dengan mengunci nilai berat volume tanah kering dan jumlah tumbukan, maka nilai c_u akan didapatkan. Berdasarkan gambar 5, hubungan antara c_u dengan berat volume tanah kering menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$c_u = 0,8303(\gamma_{dry}) - 736,6 \quad (2)$$

4.5 Hubungan antara c_u dengan kadar air



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara c_u dengan Kadar Air

Persamaan linear diatas bertujuan untuk mendapatkan nilai c_u . Dimana apabila dengan mengunci nilai kadar air dan jumlah tumbukan, maka nilai c_u akan didapatkan. Berdasarkan gambar 5, hubungan antara c_u dengan kadar air menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$c_u = 3,9397(w) - 48,36 \quad (3)$$

$$cu = 8,6496(w) - 119,26 \quad (4)$$

$$cu = 6,7431(w) - 20,856 \quad (5)$$

$$cu = 8,1793(w) + 8,2541 \quad (6)$$

$$cu = -0,3775(w) + 204,47 \quad (7)$$

Dari hasil penelitian dengan beberapa kadar air dan tumbukan, menghasilkan nilai optimum pada 40 kali tumbukan maka rumus cu yang dipakai sebagai acuan referensi adalah persamaan nomor 5.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kuat geser bertambah pada variasi pemadatan 10 kali, 20 kali, 30 kali, 40 kali tumbukan dan didapatkan nilai kuat geser maksimum yaitu pada variasi pemadatan 40 kali tumbukan. Sedangkan pada variasi pemadatan 50 kali tumbukan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan sampel tanah dalam keadaan kadar air optimum tanah akan lebih sensitif ketika dipadatkan. Jika tanah dipadatkan dengan tingkat pemadatan yang tinggi/lebih besar dari pemadatan maksimumnya, maka nilai qu dan cu akan menurun.
2. Dari data uji kuat geser dan pemadatan didapatkan persamaan-persamaan sebagai berikut:
 - a. Hubungan antara energi dengan berat volume tanah kering maksimum, persamaan yang digunakan terdapat pada persamaan nomor 1.
 - b. Hubungan antara cu dengan berat volume tanah kering dengan variasi pemadatan maka persamaan yang digunakan terdapat pada persamaan nomor 2. Variasi tumbukan yang disarankan < dari 40 kali tumbukan yang diberikan.
 - c. Hubungan antara cu dan kadar air dengan variasi pemadatan 10, 20, 30 dan 40 x tumbukan, persamaan yang digunakan terdapat pada persamaan nomor 5.
3. Persamaan yang didapat dari hasil penelitian ini belum ada nilai R yang mendekat 1 (satu), hal ini bisa jadi karena sebaran nilai yang belum begitu banyak, maka perlu dilakukan penelitian dengan jenis tanah yang berbeda atau variable diperbanyak. Tetapi persamaan tersebut bisa dijadikan referensi sebab hasil percobaan secara keseluruhan mengikuti garis *trace* yang ada.

Daftar Pustaka

- Das, Braja M. 2016. *"Principle of Geotechnical Engineering"*, Boston: Cengage Learning
- Bronto, S., Asmoro, P., G., dan Sulistyono. 2012. *"Evolution of Rajabasa Volcano in Kalianda Area and Its Vicinity, South Lampung Regency"*. Indonesian Journal of Geology, Vol 7, No. 1p. 11-25
- Bujang, dkk. 2012. *"Handbook of Tropical Residual Soils Engineering"*. London: CRC Press
- Darmawan, I G., Setiadji, D. L., dan Wintolo, D. 2013. *"Interpretasi Geologi Gunung Rajabasa Berdasarkan Integrasi Citra Aster, DEM dan Geologi Permukaan"*. Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-6, Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada
- Fagundes, Lucas S, dan Rodrigues, A., R. 2015. *"Shear Strength of a Natural and Compacted Soil"*. EJGE, Vol. 20
- Putra, P. S., Yulianto, E. 2017. *"Karakteristik Endapan Tsunami Krakatau 1883 di Daerah Tarahan, Lampung"*. Ris. Geo. Tam Vol. 27, No.1
- Rahardjo, H, dkk. 2004. *"Characteristics of Residual Soils in Singapore as Formed by Weathering"*. Engineering Geology, Vol 73 p. 157-169
- Wibawa, Y. S., dkk. 2017. *"Characteristics and Engineering Properties of Residual Soil of Volcanic Deposits"*. IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci. 118012041

Seleksi Fitur *F-Score* untuk Klasifikasi Tingkat Kesegaran Daging Sapi Lokal Menggunakan Ekstraksi Fitur Citra

Titin Yulianti¹, Helmy Fitriawan¹, Hery Dian Septama¹, dan Isna Oktadiani²

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

²Jurusan Matematika, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: titin.yulianti@eng.unila.ac.id

Abstrak. Lokasi peternakan sapi di Indonesia yang tidak merata di setiap provinsi mengakibatkan kurangnya ketersediaan daging sapi secara nasional. Beberapa daerah dengan tingkat konsumsi daging sapi tinggi, namun hanya memiliki sedikit peternakan sapi. Hal ini mengakibatkan kemungkinan adanya daging sapi tidak segar yang dijual di pasaran. Oleh karena itu diperlukan kemampuan para konsumen untuk mengidentifikasi daging sapi sebelum membeli. Namun, kemampuan konsumen bersifat subyektif tergantung dari pengetahuan dan pengalaman sehingga penilaian yang bersifat obyektif menjadi sangat diperlukan.

Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu dengan *Computer aided analysis* berbasis pengolahan citra. Metode ini diterapkan dengan mengekstraksi fitur-fitur citra untuk mengklasifikasikan suatu obyek, dalam hal ini daging sapi. Pada penelitian ini akan digunakan fitur histogram citra dan fitur persen rerata intensitas warna kanal R dari hasil penelitian sebelumnya. Fitur-fitur tersebut akan diklasifikasikan dengan algoritma *K-Nearest Neighbor (KNN)* untuk mengidentifikasi tingkat kesegaran daging sapi. Namun, jumlah fitur yang besar akan membuat tugas klasifikasi menjadi kompleks, karena classifier akan menghabiskan banyak waktu untuk mengklasifikasikan dataset. Efisiensi akan dicapai jika klasifikasi hanya menganalisis fitur penting atau fitur yang relevan saja. Oleh karena itu, diperlukan proses seleksi fitur sebelum melakukan klasifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan fitur citra yang paling relevan untuk mengklasifikasi tingkat kesegaran daging sapi berdasarkan nilai sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi. Pada penelitian ini dilakukan proses seleksi fitur dengan metode *F-Score*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ranking fitur tertinggi hingga terendah yaitu persen rerata R, deviasi, smoothness, means, entropi, skewness, dan energi. Klasifikasi terbaik yaitu dengan fitur persen rerata intensitas warna R dan standar deviasi menghasilkan sensitivitas 0,8 dengan spesifisitas 0,93 dan akurasi 83%.

Kata kunci: Daging sapi, *F-Score*, Klasifikasi, Seleksi fitur

1. Pendahuluan

Ditinjau dari pengembangan peternakan sapi, Indonesia memiliki potensi untuk memenuhi kebutuhan daging sapi bagi masyarakatnya. Tersedianya lahan cukup luas, tenaga kerja yang memadai, daya dukung sumber daya alam yang melimpah, serta dukungan pemerintah, menjadikan sektor peternakan sapi di Indonesia menjadi potensial. Namun demikian, hingga saat ini pemerintah dan masyarakat di Indonesia belum mampu menyediakan daging sapi untuk mencukupi permintaan daging nasional. Penyediaan daging sapi di Indonesia, sebagian besar diperoleh dari impor.

Kurangnya ketersediaan daging sapi secara nasional diakibatkan oleh lokasi peternakan sapi di Indonesia tidak merata di setiap provinsi. Seperti halnya di beberapa daerah dengan tingkat konsumsi daging sapi tinggi, namun hanya memiliki sedikit peternakan sapi. Hal ini juga memicu terjadinya peningkatan harga daging sapi di daerah dengan tingkat konsumsi daging yang tinggi. Sentra produksi sapi terbesar di Indonesia terdapat di Jawa Timur yaitu sebesar 21,09% dari produksi daging sapi seluruh

Indonesia, sedangkan Provinsi Lampung menghasilkan yaitu 2,44% dari produksi daging sapi nasional (Suryani,R. dkk., 2015).

Harga daging sapi sangat bergantung pada jenis dan kualitasnya, meskipun di tingkat pasar tradisional konsumen belum memperhatikan jenis daging yang akan dibeli. Berdasarkan data dari Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian tahun 2015, secara umum perkembangan harga daging sapi di tingkat konsumen sejak tahun 1983 hingga tahun 2015 berfluktuasi dan cenderung meningkat. Selama periode tersebut, harga daging sapi di tingkat konsumen naik sebesar 13,21% per tahun. Harga daging sapi periode lima tahun terakhir (2011-2015) cenderung naik dari harga Rp.69.641 hingga Rp.104.326 (Suryani,R. dkk., 2015).

Tingginya harga daging sapi menyebabkan adanya oknum pedagang yang melakukan tindakan mencampur daging sapi segar dengan daging sapi yang sudah busuk. Tujuannya adalah untuk mendapatkan keuntungan yang lebih besar. Sampai saat ini permasalahan penjualan daging sapi busuk di pasar masih terus terjadi. Razia yang dilakukan pemerintah belum mampu menjamin bahwa tidak ada lagi pedagang yang menjual daging sapi busuk. Oleh karena itu diperlukan kemampuan para konsumen untuk mengidentifikasi daging sapi sebelum membeli.

Selama ini identifikasi daging sapi segar dan busuk oleh konsumen dilakukan secara subyektif yaitu melalui pengamatan secara manual. Namun demikian, mengidentifikasi daging sapi secara manual memiliki kelemahan. Pertama, keterbatasan visual manusia. Kedua, perbedaan persepsi manusia dalam menilai kualitas suatu objek. Ketiga, kemampuan dan pengetahuan setiap individu yang berbeda-beda (Gonzales, 2002 dan Yulianti, 2015). Oleh karena itu diperlukan suatu metode dan media yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi daging khususnya daging sapi.

Teknik pengolahan citra semakin banyak digunakan dalam sistem cerdas. Salah satu aplikasi pengolahan citra adalah di bidang computer aided analysis yang bertujuan untuk mengolah suatu objek citra dengan mengekstraksi fitur yang terdapat di dalamnya. Dari fitur tersebut dilakukan proses analisis dan klasifikasi dengan memanfaatkan algoritma komputasi untuk mendapatkan informasi.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan identifikasi kualitas daging sapi berbasis pengolahan citra yaitu dengan menghitung persen rerata intensitas masing-masing warna red, green, dan blue (Yulianti, dkk., 2016). Hasil menunjukkan bahwa nilai yang berpengaruh terhadap perubahan tingkat kesegaran daging yaitu persen rerata intensitas warna red. Nilai tersebut dapat membedakan daging sapi segar dan busuk. Namun demikian, diperlukan fitur-fitur lain untuk memperoleh hasil klasifikasi yang lebih baik. Pada pengolahan citra terdapat fitur histogram. Fitur histogram terdiri dari enam fitur yaitu mean, standar deviasi, skewness, energi, entropi, dan smoothness.

Namun demikian, fitur yang besar akan membuat tugas klasifikasi menjadi kompleks, karena classifier akan menghabiskan banyak waktu untuk mengklasifikasikan dataset. Efisiensi akan dicapai jika klasifikasi hanya menganalisis fitur penting atau fitur yang relevan saja. Fitur yang tidak relevan akan membuat proses klasifikasi menjadi jauh lebih sulit. Oleh karena itu, diperlukan proses seleksi fitur sebelum melakukan klasifikasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan fitur citra yang paling relevan untuk mengklasifikasi tingkat kesegaran daging sapi berdasarkan nilai sensitifitas, spesifisitas, dan akurasi. Pada penelitian ini, fitur-fitur citra diekstraksi dan kemudian dilakukan klasifikasi. Sebelum proses klasifikasi, dilakukan proses seleksi fitur dengan metode F-Score. Seleksi fitur F-Score akan meranking fitur-fitur secara berurutan sehingga dilakukan proses eliminasi fitur secara bertahap dari fitur dengan ranking terendah hingga satu fitur dengan ranking tertinggi.

1.1. Identifikasi Kesegaran Daging

Identifikasi daging segar dan busuk dapat dilakukan dengan uji laboratorium. Namun, cara tersebut terbatas pada kalangan yang bekerja di laboratorium atau instansi tertentu yang memang tugasnya berkaitan dengan kualitas pangan. Guzek, dkk (2013) dalam penelitiannya menganalisis metode yang tepat untuk digunakan dan dikembangkan sebagai metode identifikasi daging di luar laboratorium. Hasilnya

menyatakan bahwa metode tersebut adalah dengan menggunakan spektroskopi infrared jarak dekat dan analisis citra berbasis komputer.

Penelitian terkait identifikasi daging sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Identifikasi daging sapi segar dan busuk dengan menggunakan sensor diteliti oleh Pambudi, dkk (2014) yang menggunakan sensor pH meter digital. Sedangkan identifikasi daging sapi berdasarkan pengolahan citra yaitu oleh Kiswanto (2012) yang melakukan penelitian identifikasi citra untuk mengidentifikasi jenis daging sapi dengan menggunakan transformasi wavelet haar. Proses pengolahan citra yaitu dengan normalisasi untuk mendapatkan indeks red green blue (RGB) dan dikonversi ke model hue saturation intensity (HSI) untuk mendapatkan nilai Hue, Saturasi dan intensitas sebagai parameter masukan.

Nai Chian, dkk (2014) melakukan penelitian klasifikasi kesegaran daging dengan menggunakan analisis tekstur dan perubahan warna serta histogram. Dalam penelitiannya juga digunakan citra warna RGB dan HSI. Nilai rata-rata dan nilai rata-rata interval warna tersebut digunakan sebagai parameter untuk klasifikasi. Sebelumnya penelitian lainnya menggunakan warna dan fitur tekstur citra multispektral sebagai parameter yaitu untuk memprediksi keempukan (tenderness) daging sapi (X. Sun., dkk., 2012)

Yuristiawan (2015) membuat aplikasi pendeteksi tingkat kesegaran daging sapi lokal dengan menggunakan ekstraksi fitur warna dengan pendekatan statistika. Pada penelitiannya yang lain Yuristiawan, dkk (2015) mengidentifikasi kualitas daging dengan mengekstraksi fitur warna dan diklasifikasikan dengan metode KNN. Identifikasi tersebut dibangun pada platform berbasis android.

Penelitian lainnya (Yulianti, dkk., 2016) menilai kualitas daging sapi segar dan busuk dengan menggunakan persen rerata intensitas warna kanal R, G, dan B. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kesegaran daging sapi dipengaruhi oleh perubahan persen rerata intensitas warna kanal R.

2.2 Ekstraksi Fitur

2.2.1 Persen Rerata Intensitas Warna

Penilaian rerata intensitas warna Red, Green, dan Blue dihitung dengan persamaan berikut (Yulianti, T., dkk. 2016 & Yudamson, A. dkk., 2016) berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Yulianti, T., dkk. 2016) diketahui bahwa perubahan nilai persen rerata intensitas warna kanal R mampu mendeteksi tingkat kesegaran daging. Namun, pada penelitian tersebut belum dilakukan penggabungan dengan fitur-fitur histogram. Pada penelitian ini akan digunakan fitur persen rerata intensitas warna kanal R, G, B yang kemudian digabungkan dengan fitur histogram.

2.2.2 Fitur Histogram

Ekstraksi fitur histogram merupakan metode untuk mendapatkan tekstur secara statistik [35]. Fitur pertama yang dihitung yaitu rerata intensitas atau mean, standar deviasi Skewness sering disebut sebagai orde tiga ternormalisasi. Nilai negatif menyatakan bahwa distribusi kecerahan cenderung ke kiri terhadap rerata dan nilai positif menyatakan bahwa distribusi kecerahan cenderung ke kanan terhadap rerata. Deskriptor energi adalah ukuran yang menyatakan distribusi intensitas piksel terhadap jangkauan aras keabuan. Citra seragam dengan satu nilai aras keabuan akan memiliki nilai energi maksimum yaitu sebesar 1. Secara umum, citra dengan sedikit aras keabuan akan memiliki energi lebih tinggi daripada yang memiliki banyak nilai aras keabuan. Energi sering disebut keseragaman.

Entropi mengindikasikan kompleksitas citra. Semakin tinggi nilai entropi, semakin kompleks citra tersebut. Perlu diketahui, entropi dan energi berkecenderungan berkebalikan. Entropi juga merepresentasikan jumlah informasi yang terkandung di dalam sebaran data.

Properti kehalusan atau smoothness biasa disertakan untuk mengukur tingkat kehalusan/kekasaran intensitas pada citra. Perlu diketahui, di dalam menghitung kehalusan, varians perlu dinormalisasi sehingga nilainya berada dalam jangkauan [0 1] dengan cara membaginya dengan .

2.2 Seleksi Fitur

Pendekatan seleksi fitur dihadirkan untuk mengurangi resiko kesalahan dalam proses klasifikasi dengan membuang fitur yang tidak relevan. Salah satu metode seleksi fitur yaitu F-Score (I. H. Witten, 2011).

F-score adalah teknik sederhana yang mengukur diskriminasi dua set bilangan real. Dengan training vektor x_k , $k = 1, \dots, m$, jika jumlah instance positif dan negatif masing-masing n_+ dan n_- , maka *F-score* dari fitur ke- i didefinisikan di dalam persamaan (22).

$$F_i = \frac{(\bar{x}_i^{(+)} - \bar{x}_i)^2 + (\bar{x}_i^{(-)} - \bar{x}_i)^2}{\frac{1}{n_+ - 1} \sum_{k=1}^{n_+} (x_{k,i}^{(+)} - \bar{x}_i^{(+)})^2 + \frac{1}{n_- - 1} \sum_{k=1}^{n_-} (x_{k,i}^{(-)} - \bar{x}_i^{(-)})^2} \quad (22)$$

Dimana masing-masing $\bar{x}$, $\bar{x}_i^{(+)}$, $\bar{x}_i^{(-)}$ adalah rata-rata dari fitur ke- i dari keseluruhan positif dan negatif keseluruhan dataset; $x_{k,i}^{(+)}$ adalah fitur ke- i dari positif *instance* ke- k , dan $x_{k,i}^{(-)}$ adalah fitur ke- i dari negatif *instance* ke- k negatif.

Diskriminasi antara positif dan negatif set dindikasikan oleh numerator, dan denominator diindikasikan satu di dalam setiap dua set. sebuah fitur yang memiliki nilai *F-score* yang besar adalah fitur yang sangat diskriminatif.

2. Eksperimental

2.1. Pengambilan Data

Tahap pengambilan data dimulai dengan persiapan alat dan bahan yakni pembelian alat dan bahan yang digunakan, pemotongan dan pengirisan daging. Selanjutnya dilakukan persiapan pengambilan citra yaitu merangkai alat-alat yang digunakan, mengukur jarak penangkap citra terhadap objek, dan memberi label pada daging sapi yang merupakan objek pada penelitian ini. Setelah perlengkapan siap, dilakukan proses akuisisi citra yaitu pengambilan citra daging. Akuisisi citra ini dilakukan secara berkala setiap 4 jam dengan mengatur waktu pengambilan menggunakan *timer*. Akuisisi citra dilakukan sampai daging terlihat membusuk yaitu ± 24 jam.



Gambar 1. Sample citra daging 1 jam setelah pemotongan, 5 jam setelah pemotongan dan 9 jam setelah pemotongan

2.2. Pengolahan Data

Proses pengolahan data meliputi proses pengolahan citra, seleksi fitur, dan klasifikasi. Adapun langkah-langkahnya dapat dilihat pada flowchart berikut.



Gambar 2. Tahap pemrosesan citra meliputi *pre-processing* dan ekstraksi fitur.

Citra yang diperoleh pada tahap sebelumnya, diproses dengan pengolahan citra untuk memperoleh fitur-fitur dari citra tersebut.

Tahap selanjutnya yaitu seleksi fitur dan klasifikasi. Fitur yang telah diekstraksi kemudian diseleksi dengan menggunakan algoritma *F-Score*. Fitur dengan ranking paling bawah akan dieliminasi satu persatu hingga diperoleh fitur yang paling relevan. Pengujiannya dilakukan dengan menganalisis hasil klasifikasi yaitu berdasarkan nilai sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi.

Percobaan dilakukan dengan mengklasifikasi tanpa seleksi fitur dan dengan seleksi fitur. Oleh karena seleksi fitur dilakukan dengan metode *F-Score*, maka pengujian dilakukan dengan menghilangkan satu fitur paling akhir secara bertahap hingga tersisa satu fitur. Performa klasifikasi dievaluasi dengan menghitung nilai sensitivitas, spesifisitas dan akurasi dari setiap percobaan yang dilakukan.

3. Pembahasan

3.1 Hasil Seleksi Fitur

Hasil seleksi fitur dengan metode *F-score* ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 1. Hasil perankingan dari seleksi fitur *F-Score*

atribut	Fitur	Nilai <i>F-Score</i>	Ranking
C1	Mean	0,478	4
C2	Standar Deviasi	0,591	2
C3	<i>Skewness</i>	0,33	6
C4	Energi	0,165	7
C5	Entropi	0,399	5
C6	<i>Smoothness</i>	0,514	3
C7	Persen rerata intensitas warna R	0,652	1

3.2 Evaluasi Peforma

Berdasarkan kombinasi fitur-fitur yang diperoleh dari hasil perangkingan dilakukan klasifikasi dengan metode K-Nearest Neighbour (KNN). Berikut ini merupakan evaluasi performa klasifikasi tingkat kesegaran daging sapi dengan algoritma KNN tanpa seleksi fitur dan dengan seleksi fitur. Evaluasi performa dihitung dari sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi.

Tabel 2. Sensitivitas, Spesifisitas, Akurasi Klasifikasi KNN

Fitur	Sensitivitas	Spesifisitas	Akurasi
Semua Fitur	0,85	0,80	83%
{C7,C2,C6,C1,C5,C3}	0,75	0,80	77%
{C7,C2,C6,C1,C5}	0,80	0,80	80%
{C7,C2,C6,C1}	0,70	0,87	77%
{C7,C2,C6}	0,75	0,87	80%
{C7,C2}	0,80	0,93	86%
{C7}	0,80	0,87	83%

Berdasarkan perbandingan sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi hasil klasifikasi tanpa seleksi fitur dan dengan seleksi fitur dapat dilihat bahwa spesifitas tertinggi 0,93 dengan sensitivitas 0,85 dan akurasi 86%. Spesifisitas dan akurasi tertinggi diperoleh dari klasifikasi dengan seleksi fitur dengan subset fitur persen rerata intensitas warna R dan standar deviasi. Namun, sensitivitas tertinggi dari hasil klasifikasi yaitu diperoleh dengan menggunakan semua fitur. Klasifikasi dengan menggunakan semua fitur menghasilkan sensitivitas 0,85, spesifisitas 0,80, dan akurasi 83%. Spesifisitas dan akurasi klasifikasi dengan semua fitur lebih rendah dari menggunakan seleksi fitur yaitu rerata intensitas warna R dan standar deviasi.

Dalam penelitian ini spesifisitas tinggi lebih diperlukan karena spesifisitas menyatakan tingkat keberhasilan klasifikasi daging tidak segar sebagai daging tidak segar.

Seleksi fitur *F-Score* dengan mengeliminasi fitur pada ranking terendah untuk membentuk subset-subset fitur terdapat hasil klasifikasi terendah dengan sensitivitas 0,75, spesifisitas 0,8 dan akurasi 77%.

Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi fitur dari hasil seleksi fitur mempengaruhi hasil klasifikasi. Hal tersebut sesuai dengan tujuan penelitian ini yaitu untuk mencari fitur yang paling relevan untuk mengklasifikasi kesegaran daging sapi lokal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan seleksi fitur *F-score* untuk klasifikasi tingkat kesegaran daging sapi lokal dengan metode KNN diperoleh fitur yang paling relevan. Adapun fitur tersebut yaitu subset fitur persen rerata intensitas warna R dan standar deviasi dengan spesifitas 0,93 dengan sensitivitas 0,8 dan akurasi 86%.

Klasifikasi tingkat kesegaran daging sapi lokal dengan metode KNN memiliki performa yang lebih baik dengan hanya menggunakan fitur yang relevan dibandingkan tanpa seleksi fitur.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada LPPM Universitas Lampung yang telah mendanai penelitian ini melalui dana hibah penelitian BLU tahun 2019.

Daftar Pustaka

A. Kadir and A. Susanto, *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta, Indonesia: ANDI OFFSET, 2013.

- I. H. Witten and E. Frank. 2011. *Data Mining - Practical Machine Learning Tools and Techniques*, 3 ed. San Francisco: Morgan Kaufmann Publisher.
- Kiswanto. 2012. *Identifikasi Citra untuk Mengidentifikasi Jenis Daging Sapi dengan Menggunakan Transformasi Wavelet Haar*. Tesis Magister Sistem Informasi Universitas Diponegoro Semarang.
- N. B. O. Mohd Shahizan Bin Othman and Fatimatufaridah Binti Jusoh, "Review of Feature Selection for Solving Classification Problems," *J. Inf. Syst. Res. Innov.*, pp. 64 – 70
- Prambudi, Prastyono E., dkk. 2014. *Identifikasi daging segar dan busuk menggunakan sensor pH meter digital*. IST Akprind Yogyakarta. Laporan penelitian hibah bersaing.
- Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- R. C. Gonzales and R. E. Wood, *Digital Image Processing*, second edition ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 2002.
- Suryani, Retno, dkk. 2015. *Outlook komoditas pertanian subsektor peternakan daging sapi*. Pusat data dan sistem informasi pertanian, Sekretaris Jenderal, Kementerian Pertanian.
- V. N. Chian, F. S. A. Saad, M.F.Ibrahim, S. Sudin, A. Zakaria, and A. Y. M. Shakaff. 2014. "Meat Color Recognition and Classification Based on Color using NIR/VIS Camera," presented at the 8 th MUCET, Melaka, Malaysia.
- X. Sun, K. J. Chen, K. R. Maddock-Carlin, V. L. Anderson, A. N. Lepper, C. A. Schwartz, et al. 2012. "Predicting beef tenderness using color and multispectral image texture feature," *Meat Science Journal*, vol. 92, pp. 386-393.
- Y.-W. C. Chih-Jen Lin, "Combining SVMs with Various Feature Selection Strategies," [Online], Available : <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/papers/features.pdf>
- Yudamson, Afri. 2016. *Rerata Intensitas Warna Terpisah untuk Identifikasi Daging Kambing, Daging Babi, Daging Celeng, dan Daging Anjing*. JPKM UNIMED. 211-213 vol: 23 issue : 1 2018.
- Yulianti, T., Nugroho, H. A., & Setiawan, N. A. 2014. *Studi Perbandingan Metode Penilaian Kualitas Citra pada Citra Retina*. Dalam Seminar Nasional CITEE. Yogyakarta, Indonesia.
- Yulianti, T. 2015. *Pengembangan metode penilaian kualitas citra retina tanpa menggunakan citra referensi berbasis ekstraksi fitur*. Tesis. Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yulianti, T., Yudamson, A., Septama, H. D., Sulistiyanti, S. R., Setiawan, F. X. A., & Telaumbanua, M. (2016). *Meat quality classification based on color intensity measurement method*. Dalam 2016 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD) (hlm. 248–252). Bandung, Indonesia: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISESD.2016.7886727>
- Yuristiawan, Dedy. 2015. *Aplikasi Pendeteksi Tingkat Kesegaran Daging Sapi Lokal Menggunakan Ekstraksi Fitur Warna dengan Pendekatan Statistika*. Riptek Vol. 9, No. 1, Tahun 2015, Hal. 9 – 16.
- Yuristiawan, Dedy., dkk. 2015. *Identifikasi kualitas daging sapi berbasis android dengan ekstraksi fitur warna dan klasifikasi KNN*. <http://eprints.dinus.ac.id/id/eprint/17000> : diakses tanggal 09 Juli 2016.

Simulasi *Environment Setting* dalam Penyajian Objek Arsitektur Dengan Lumion dalam Pengalaman Interaksi Komunikasi Berbasis 3d Visual Di Era Ri 4.0

Panji Kurniawan¹, Kelik Hendro Basuki², dan Yunita Kesuma³

^{1, 2, 3} Jurusan Arsitektur, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: panji.kurniawan@eng.unila.ac.id

Abstrak. Menikmati sebuah karya Arsitektur menjadi sebuah hal yang tidak sulit untuk di dapatkan saat ini. Access ke berbagai media melalui berbagai device atau gadget menjadi tak terbatas. Konten dari setiap link yang di sajikan juga berbeda-beda bergantung pada keinginan si pengguna. Didalam dunia komunikasi arsitektur yang secara konvensional di dominasi dengan lembaran kertas saat ini telah berkembang dengan hadirnya sebuah gambar bergerak atau motion graphic yang lebih memperjelas objek arsitektur dari berbagai sisi atau sudut pandang. Hadir dalam bentuk motion graphic atau animasi dengan format movie akan memperluas sudut pandang dan memperjelas maksud dari sebuah desain. Sebelum mencapai proses akhir berbentuk movie yang memakan waktu rendering yang begitu lama bergantung pada hardware yang di gunakan, tentunya sudah melalui proses panjang komunikasi yang intensif dengan klien atau pengguna.

Lumion menjadi salah satu perangkat lunak alternatif dengan metode simulasi yang dapat menjadi pilihan dalam memberikan pengalaman ruang yang lebih dalam memberikan impresi kepada klien untuk dapat merasakan environment yang akan di dapatkan saat desain yang telah di sepakati terbangun dalam wujud yang sebenarnya. Hasil dari penggunaan terhadap perangkat lunak ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya adalah kemampuan dalam menampilkan wujud yang mendekati kondisi sebenarnya dengan dukungan fitur dan library yang harus di setting terlebih dahulu. Kekurangan dari perangkat lunak ini selain harga yang cukup tinggi adalah kebutuhan akan minimum hardware requirement yang di perlukan cukup tinggi. Spesifikasi High End dari sebuah komputer grafis sangat di butuhkan dalam menjalankan perangkat lunak ini.

Kata kunci: *Environment, Lumion, 3d Visual*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Revolusi Industri 4.0 memiliki pengaruh yang begitu luas terhadap kehidupan berinteraksi. Pola dan cara yang terjadi dalam penyampaian informasi juga tidak luput dari pengaruhnya. Begitu juga dengan dunia Arsitektur yang tidak mungkin terlepas dalam kaitannya mewadahi kebutuhan dari setiap fungsi yang dibutuhkan oleh setiap individu dalam menjalankan aktifitas kehidupan. Rumah tinggal, bandara, terminal, rumah ibadah, ruang jalan, bahkan elemen elemen fisik lainnya menjadi sangat penting dalam sebuah pertimbangan dalam tercapainya sebuah keberhasilan dalam desain Arsitektur.

Individu ataupun komunitas yang akan menggunakan dari fungsi-fungsi tersebut diatas, tentunya memiliki impian yang di harapkan dari sebuah bentuk arsitektur yang secara fisik akan terbangun. Sebuah bangunan atau fungsi fisik yang merupakan sesuatu yang layak dan dapat di gunakan sebagai mana mestinya dan bahkan memiliki nilai tambah tersendiri baik dari sisi estetika, fungsi, dan pengaruh terhadap perkembangan kehidupan dan perilaku penggunaanya. Hasil dari keinginan tersebut akan terbangun sesuai dengan kesepakatan yang tentunya menjadi kesimpulan bersama antara individu atau komunitas yang

dalam hal ini adalah sebagai klien, dan Arsitek. Untuk mencapai kesepakatan dalam desain tentunya akan melalui diskusi dalam proses konsultasi yang tidak singkat. Hal ini bergantung pada kemampuan setiap individu dapat menangkap ide yang di maksudkan oleh seorang Arsitek terhadap objek yang menjadi fokus diskusi. Kemampuan untuk merasakan ruang tiga dimensional dari setiap individu berbeda-beda, oleh sebab itu diperlukan sebuah simulasi yang mampu menggambarkan dari ide yang di bayangkan yang akan terbentuk dalam sebuah wadah yang lengkap dengan kondisi lingkungannya.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari latar belakang diatas adalah “Bagaimana mensimulasikan sebuah objek arsitektur yang lengkap dengan suasana lingkungan di area sekitar objek itu berada sehingga dapat menciptakan suasana virtual yang mendekati bentuk nyata”.

2. Lumion Sebagai Perangkat Lunak dalam Interaksi Komunikasi Arsitektur

Lumion merupakan salah satu perangkat lunak yang sangat populer saat ini terutama dalam bidang Arsitektur. Kemampuan dalam membuat sebuah skenario 3D dengan kualitas *real-time rendering* yang sangat tinggi menjadi unggulan yang dapat dihasilkan oleh perangkat lunak ini. Saat ini perkembangan Lumion sudah mencapai pada seri Lumion 9.5. Dikembangkan pertama kali oleh Perusahaan Act-3D B.V. di Warmond, Belanda.

3. Alat dan Bahan

Didalam pelaksanaan simulasi ini membutuhkan alat dan bahan yang memiliki spesifikasi khusus. Adapun alat yang digunakan adalah :

- a. 1 (satu) unit komputer pengolah data dengan spesifikasi : Processor Intel Core i7-5930K CPU @3.5GHz (12 Thread), RAM: 65536MB, Graphic Display: MSI NVIDIA GTX 1080Ti (VRAM) 11127 MB, Motherboard: MSI Extreme Gaming Intel X99 LGA 2011-v3 DDR4, Power Supply: Corsair RM1000i, PC Case: Cooler Master Storm Trooper Full Tower, Led Display : Ultrawide IPS LG 25UM58, Keyboard: KAI-9 Sentinel, Mouse: Bloody ZL50-SNIPER LASER.
- b. 1 (satu) unit laptop dalam diskusi simulasi dengan spesifikasi : ROG STRIX G dengan Processor Intel Core Gen 9 : i5-9300H, RAM : 8GB DDR4 2666MHz SDRAM, Graphic Display: NVIDIA® GeForce GTX™ 1660Ti with 6GB GDDR6 VRAM, Storage : Corsair M.2 NVMe PCIE 3.0 512GB SSD & 2.5' 1TB SSHD.

Dan untuk bahan yang di gunakan adalah objek tiga dimensi yang telah di bangun menggunakan software SketchUp. Dalam hal ini adalah sebuah desain dari halaman belakang sebuah rumah.

4. Metode

Metode yang digunakan dalam hal ini adalah Simulasi. Simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak Lumion. Secara keseluruhan metode simulasi ini menjadi bentuk diskusi pra-final dengan pemilik rumah dalam meletakkan beberapa komponen pembentuk lingkungan atau *environment* yang akan terwujud didalam desain area belakang rumah yang dimilikinya.

Elemen-elemen pembentuk *environment* yang akan mengisi di area belakang rumah ini akan di sesuaikan dengan tema dari desainnya. Adapun keinginan dari pemilik rumah adalah sebuah desain ruang santai yang dapat terkoneksi dengan rumah utama. Oleh sebab itu beberapa elemen yang akan ditata membentuk sebuah *environment* ruang santai dari rumah ini diantaranya adalah pengkondisian pada tata cahaya alami dan buatan, penataan tanaman dengan karakter yang halus dan tingkat penyerapan polutan yang cukup, elemen pelembut seperti air, furniture yang nyaman dan *low maintenance*, akses sirkulasi

kendaraan yang cukup dan akses visual yang terbuka namun tetap mempertimbangkan dampak thermal dari dimensi bukaan yang ada pada desain ruang belakang yang telah di sepakati.

5. Pembahasan

Didalam pembahasan ini akan dibahas bagaimana penerapan penataan penataan terhadap beberapa hal yang membentuk *enviromtent* dari ruang santai belakang di rumah ini. Penataan ini akan berkenaan dengan *enclosure* ruang yang akan memberikan pengaruh yang besar terhadap *environment* yang terbentuk.

Diawali dengan membuka Lumion kemudian dilanjutkan dengan mengimport objek tiga dimensi dari ruang belakang yang sebelumnya telah dibangun di *SketchUp*. Kemudian mengaplikasikan beberapa material perkerasan seperti lantai, dinding kayu, batu, paving dan sebagainya. Dilanjutkan dengan pemilihan jenis softmaterial seperti memilih jenis tanaman, ground cover, dan elemen air. Setelah dirasa komposisi telah terlihat baik, bisa dilanjutkan dengan pemilihan terhadap furniture yang sesuai dengan tema dari desain ruang santai ini. Misalnya seperti kursi dengan kombinasi rotan dan bantal busa, meja, rak dan hiasan dinding yang dirasa perlu dan menambah cantik sasana ruang santai ini.



Gambar 1. Membuka Lumion



Gambar 2. Import tiga dimensi rumah yang telah dibuat di SketchUp



Gambar 3. Pengaplikasian material batu alam pada dinding kolam



Gambar 4. Penataan *softmaterial* (tanaman)

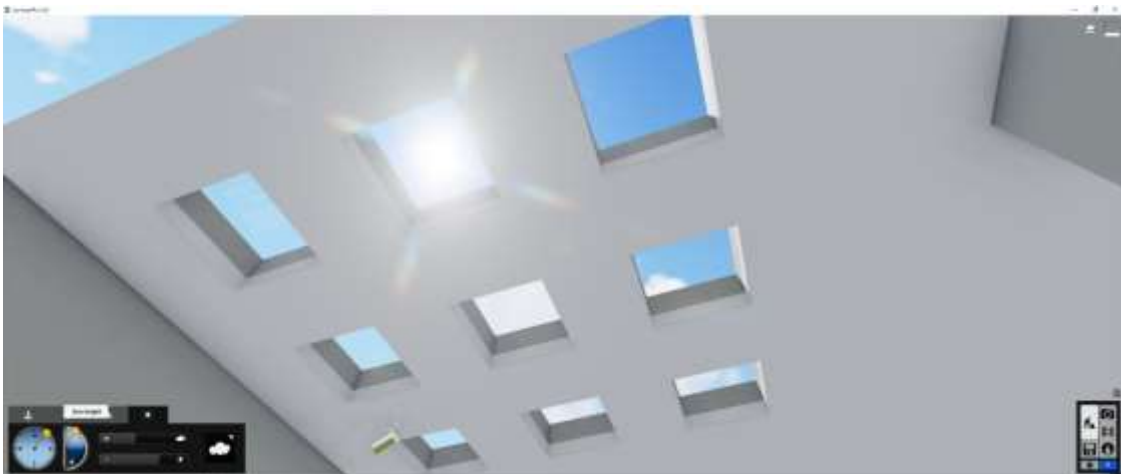


Gambar 5. Penataan *softmaterial* (air)



Gambar 6. Penataan *furniture*

Setelah semua dirasa cukup maka dilanjutkan dengan menata cahaya baik alami ataupun buatan. Hal ini menjadi sangat penting karena akan memperlihatkan suasana yang lebih realistis lagi terhadap desain yang disetujui bersama.



Gambar 7. Penataan cahaya

4. Kesimpulan

Dari pembahasan diatas sangat terlihat bagaimana kemudahan-kemudahan dalam penerapan perangkat lunak Lumion ini terutama sangat terlihat dalam proses *real-time rendering*-nya. Bahkan sebelum mencapai produksi renderingnya perangkat ini sudah mampu memperlihatkan kondisi penataan *environment* yang didapatkan dari desain yang sedang dalam proses konsultasi desain.

Kelebihan dari perangkat lunak ini antara lain yaitu mampu bersinergi dengan beberapa perangkat lunak *3D Builder* lainnya. Dengan beberapa *plug-in* dan fitur yang begitu kaya dalam memberikan impresi untuk keindahan visualisasi arsitektur. Memiliki akselerasi yang sangat cepat dengan memberikan kondisi *real-time rendering* sehingga lebih cepat dalam improvisasi.

Kekurangan dari perangkat lunak ini adalah kebutuhan akan perangkat keras yang tinggi yang tentunya diikuti juga oleh harga yang tidak murah. Ketersediaan perangkat keras yang ada sangat mempengaruhi kinerja dari perangkat lunak Lumion ini. Perangkat lunak Lumion ini cenderung memiliki dominasi proses pada *GPU* (*Graphic Processing Unit*) yang tersemat pada sebuah *VGA* (*Video Graphics Array*).

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penulisan ini. Ucapan terima kasih penulis terutama kepada panitia Seminar Ilmu Nasional Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA) 2019 yang telah memberikan kesempatan penulis dalam mempublikasi penelitian ini, dan kepada Fakultas Teknik Unila atas kesediaan dalam menyelenggarakan Seminar Nasional ini.

Daftar Pustaka

- Cardoso, Ciro. (2015), Lumion 3D Best Practices, *Packt Publishing Ltd*, Livery Place, Birmingham B3 2PB, UK.
- Jatmiko., Rita Fiantika, Feny. (2017) Sebuah Rekam Jejak Proses Pembuatan Perangkat Pembelajaran Berbasis Video Animasi 3D Portofolio, *Jurnal Math Educator Nusantara*, 8-10.
- Rochman, Fatchur. (2016) Perancangan Visualisasi 3 Dimensi Interior Perumahan Menggunakan Metode Radiosity, *Tugas Akhir*, 65-68.
- Smirnov, Andrei. (2015) The Comparison of The Architectural Design Softwares, *Bachelor's Thesis*, Saimaa University of Applied Sciences, Finland.

Sistem Kontrol Hidroponik Fertigasi Cabai Merah Berbasis *Internet of Things* dengan Monitoring Menggunakan *Blynk* Android

Brygita Ayu¹, Gigih Forda Nama², Yessi Mulyani³, dan Mardiana⁴

^{1), 2), 3), 4)} Teknik Informatika, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: gigh@eng.unila.ac.id

Abstrak. Sistem hidroponik membuat dunia teknologi pertanian semakin beragam karena sistem yang di gunakan tidak membutuhkan lahan yang luas serta media tanam yang tidak membutuhkan tanah sebagai media tanam nya. Di samping itu, melonjaknya harga pasaran cabai merah dapat mempengaruhi perekonomian pula. Pada sistem hidroponik fertigasi, irigasi dan penggunaan nutrisi sangat dibutuhkan dalam perkembangan cabai merah. Oleh karena itu, dibutuhkan alat yang mengontrol sistem pengairan yang dapat mengalirkan larutan nutrisi untuk tanaman hidroponik secara otomatis. Pada penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah alat untuk mengalirkan larutan nutrisi ke tanaman hidroponik secara otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno serta mengirimkan data berupa tingkat ketinggian nutrisi tanaman cabai merah ke smartphone menggunakan blynk android. Ketinggian larutan nutrisi akan dideteksi dengan sensor nutrisi TDS, data dari sensor akan masuk ke Arduino Uno lalu modul ESP8266 akan mengirimkan data ketinggian larutan nutrisi pada tanaman hidroponik ke blynk android dengan menggunakan Internet of Things (IOT).

Kata Kunci: Arduino Uno, Hidroponik Fertigasi, Sensor TDS, Blynk Android, ESP8266, IoT.

1. Pendahuluan

Banyak sekali teknik budidaya tanaman untuk bercocok tanam di Indonesia. Salah satu teknik budidaya tanaman yaitu hidroponik. Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman menggunakan media air bukan dengan menggunakan media tanah. Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman yang biasa nya di gunakan pada perumahan dengan lahan yang sempit. Sistem fertigasi adalah suatu sistem pemberian nutrisi yang dibutuhkan tanaman dengan menggunakan metode penyiraman (tetes, sprinkle dll) bersamaan dengan pemberian irigasi air [1]. Kemudian, Berdasarkan Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) tahun 2006-2015 dimana data konsumsi yang tercatat merupakan konsumsi cabai merah untuk kebutuhan rumah tangga. Perkembangan kuantitas konsumsi cabai pada periode tahun 2006-2014 cenderung fluktuatif dengan rata-rata kuantitas konsumsi sebesar 1,5 kg/kap/tahun [2]. Dalam pertumbuhan tanaman cabai merah penggunaan nutrisi dibutuhkan dalam pengairan nya. Penggunaan nutrisi hidroponik selain dapat menekan biaya produksi juga dapat meningkatkan hasil panen dari cabai merah. Di samping itu, Permasalahan dalam perkembangan cabai merah keriting yang dialami petani adalah perubahan cuaca, harga pasaran serta penyakit/hama tanaman yang merugikan hasil produksi. Merujuk pada permasalahan yang dihadapi petani cabai melalui wawancara maka dari itu penelitian ini perlu dilakukan. Oleh karena itu, Berdasarkan ulasan diatas mengenai produksi dan perkembangan harga cabai merah, oleh karena itu perlu dibuat sebuah sistem yang dapat memantau dan mengendalikan kondisi nutrisi sistem hidroponik, yaitu Aplikasi pada perangkat keras yang berfungsi untuk membaca kondisi nutrisi hidroponik.

1.1 Internet of Things

Internet of Things adalah konsep yang muncul dimana semua alat dan layanan terhubung satu dengan yang lain dengan mengumpulkan, bertukar dan memproses data untuk beradaptasi secara dinamis. Di dalam bahasan “Smart Home Environments” antara IoT dan alat ataupun layanan tradisional berintegrasi

di dalam rumah untuk meningkatkan kualitas hidup. Ini memungkinkan peningkatan di berbagai bidang seperti penghematan energi, pengamatan kesehatan, dan yang lainnya [2].

1.2 Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah rangkaian yang dikembangkan dari mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 kaki digital input / output, di mana 6 kaki digital di antaranya dapat digunakan sebagai sinyal PWM (Pulse Width Modulation). Sinyal PWM berfungsi untuk mengatur kecepatan perputaran motor. Arduino Uno memiliki 6 kaki analog input, kristal osilator dengan kecepatan jam 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah konektor listrik, sebuah kaki header dari ICSP, dan sebuah tombol reset yang berfungsi untuk mengulang program. Kelebihan Arduino di antaranya adalah tidak perlu perangkat chip programmer karena di dalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload program* dari komputer, Arduino sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya. Bahasa pemrograman relatif mudah karena *software* Arduino dilengkapi dengan kumpulan library yang cukup lengkap, dan Arduino memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* Arduino. Misalnya shield GPS, Ethernet, SD Card, dll [3].



Gambar 1 Arduino Uno

1.3 ESP8266

ESP8266 merupakan modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti Arduino agar dapat terhubung langsung dengan wifi dan membuat koneksi TCP/IP. Modul ini membutuhkan daya sekitar 3.3v dengan memiliki tiga mode wifi yaitu Station, Access Point dan Both (Keduanya). Modul ini juga dilengkapi dengan prosesor, memori dan GPIO di mana jumlah pin bergantung dengan jenis ESP8266 yang kita gunakan. Sehingga modul ini bisa berdiri sendiri tanpa menggunakan mikrokontroler apapun karena sudah memiliki perlengkapan layaknya mikrokontroler[4].



Gambar 2 ESP8266

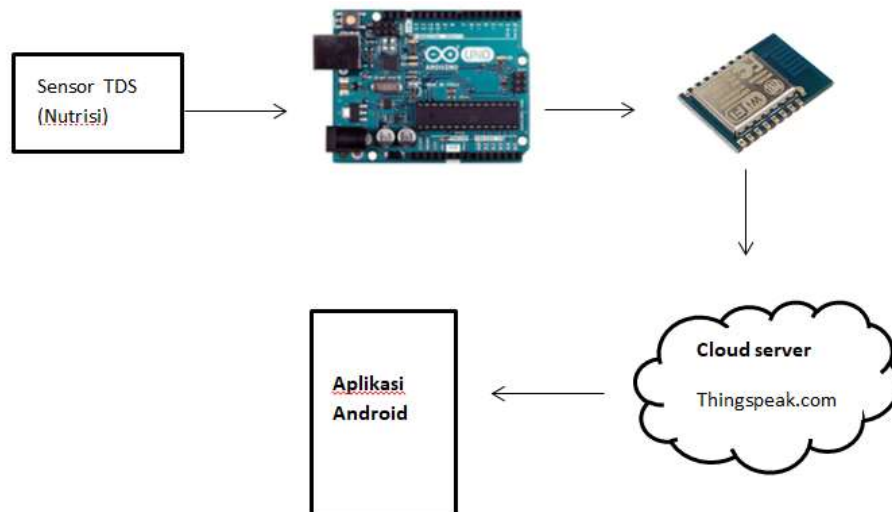
2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode RAD (Rapid Application Development). Yaitu suatu metode dalam perancangan sistem informasi dengan konsep mempersingkat tahapan dalam merancang sistem. menggunakan metode iteratif (berulang) dalam mengembangkan sistem. Tujuan menetapkan kebutuhan pengguna.



Gambar 3 Metode RAD

Tahapan-tahapan pengembangan sistem kontrol hidroponik fertigasi cabai merah berbasis *IoT* ditunjukkan seperti pada gambar 3 di atas, metode ini melakukan sistem iteratif (berulang) dalam tahap pengembangan nya di lakukan secara berulang kali hingga sistem sesuai dengan kebutuhan pengguna.



Gambar 4 Rancangan sistem dialog blok

Gambar 4 di atas, merupakan gambaran dari sebuah sistem yang akan dibuat. Sistem ini menggunakan sensor TDS untuk mendeteksi nutrisi tanaman. Dari sensor tersebut dihubungkan ke Arduino Uno sebagai pemrosesannya dan akan dikirimkan ke penyimpanan/database server dengan menggunakan jaringan internet dalam hal ini menggunakan ESP8266. Platform IoT yang digunakan adalah Thingspeak.com sebagai penyimpanan data secara online. Selanjutnya, nilai yang dikirim ke Thingspeak.com akan ditampilkan melalui smartphone android.

3. Pembahasan

3.1 Implementasi Sistem



Gambar 5 Hidroponik Fertigasi Cabai Merah

Pada gambar 5 di atas, setelah hidroponik fertigasi dirangkai pengaliran nutrisi secara otomatis kemudian arduino uno sebagai mikrokontroler dan ESP8266 akan mengirimkan data yang di proses kemudian data nutrisi masuk kedalam *platform thingspeak.com* kemudian memonitoring melalui aplikasi android.

3.2 Pengujian Sistem



Gambar 6 Rancangan aplikasi blynk

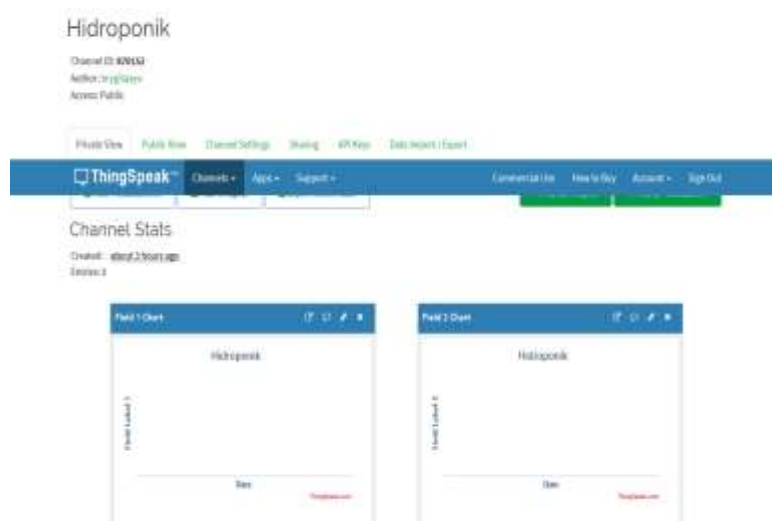
Untuk project blynk sendiri, library blynk dimasukkan ke arduino uno. Kemudian untuk mengkoneksikan nya adalah new project- beri nama project- pilih mikrokontroller yg digunakan – memasukan auth token yg terhubung pada email- kemudian memasukkan ssid dan password untuk jaringan internet nya.

3.3 Tampilan Aplikasi Sistem



Gambar 7 Tampilan pada *Blynk* android

Pada Rancangan dari aplikasi blynk sebagai berikut yang nanti akan dikoneksikan ke rancangan IOT yang sudah di rangkai. Untuk sistem kontrol terdapat button on off kemudian grafik data serta waktu yg digunakan. Kemudian terdapat notifikasi berupa email yang akan di terima.



Gambar 8 Dashboard pada *Thingspeak.com*

Data nutrisi yang masuk, akan di tampilkan secara online di *thingspeak.com*, data yang diolah berupa grafik yang akan dikirimkan ke aplikasi *blynk* android.

4. Kesimpulan

Alat akan bekerja selama terhubung dengan arus listrik, apabila arus listrik dalam keadaan mati maka larutan nutrisi akan tetap pada wadah dan tidak teralirkan. Kemudian Data yang masuk ke *thingspeak.com* mengandalkan sinyal *hotspot wifi* untuk mengirimkan data larutan nutrisi.

Daftar Pustaka

- Agung Laksono, Prabowo. 2017. "Rancang Bangun Sistem Fertigasi Dengan Menggunakan Venturimeter".
- R. J. Robles dan T.-h. Kim, "Applications, Systems and Methods in Smart Home Technology: A Review, "International Journal of Advanced Science and Technology, vol. 15, February 2010.
- Wibowo, H., Somantri, Y., dan Haritman, E. (2013), Rancang Bangun Magnetic Door Lock Menggunakan Keypad dan Solenoid Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno, *Jurnal Electrans*, 12, 39-48
- Heryanto, M.Ary. "Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler Atmega8535". Penerbit: ANDI. Yogyakarta: 2008.

Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsor dengan Menurunkan Muka Air Tanah: Studi Kasus Longsor Kalitlaga, Banjarnegara, Jawa Tengah

Aminudin Syah^{1,*}, Teuku Faisal Fathani²

¹ Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

² Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

E-mail korespondensi: lubis.aminudinsyah@gmail.com

Abstrak. Longsor adalah bencana alam yang sering terjadi di Indonesia dan telah menimbulkan banyak korban jiwa serta kerugian material yang besar. Oleh karena itu, upaya mitigasi untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan sangat dibutuhkan. Penelitian ini diawali dengan survei lapangan, pengumpulan data pemantauan longsor serta pengujian tanah di laboratorium. Program Plaxis 8.6 dan Slope/W digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng. Kondisi pembebanan, muka air tanah dan geometri longsor disimulasikan dengan Plaxis dan Slope/W sesuai dengan kondisi di lapangan. Hasil investigasi lapangan dan pemantauan longsor menunjukkan bahwa gerakan tanah yang terjadi berupa creep dengan laju kecepatan sedang sampai lambat. Pergerakan tanah mulai terjadi pada musim hujan dan berhenti saat musim hujan berakhir. Hasil simulasi numeris menggunakan Plaxis menunjukkan bahwa, setelah muka air tanah turun nilai faktor aman naik dari 1,1891 menjadi 1,3498 sedangkan menggunakan Slope/W nilai faktor aman naik dari 1,272 menjadi 1,508. Hal itu berarti bahwa lereng sudah aman dari kemungkinan terjadinya longsor.

Kata kunci: pemantauan longsor, stabilitas lereng, plaxis, slope/W, muka air tanah

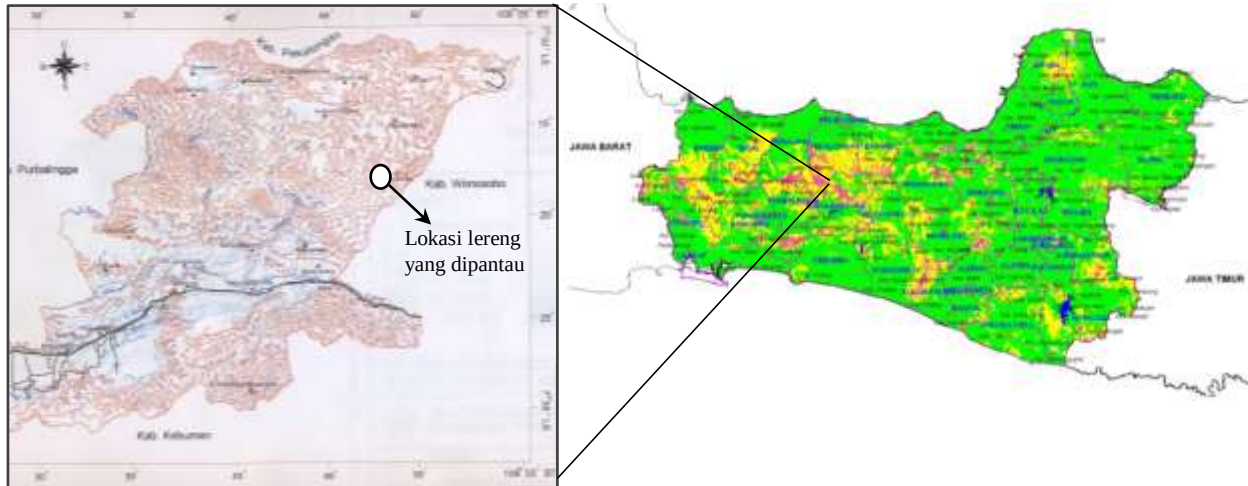
1. Pendahuluan

Bencana longsor adalah bencana alam yang paling banyak menimbulkan korban jiwa sepanjang tahun 2017. Tercatat 156 orang tewas, 168 jiwa luka-luka, 52.930 jiwa mengungsi dan menderita, dan 7.000 lebih rumah rusak. Sejak tahun 2014 hingga 2017, bencana longsor adalah bencana yang paling banyak menimbulkan korban jiwa. Seringkali longsor yang terjadi adalah kecil namun menyebabkan satu keluarga meninggal dunia. Hal ini disebabkan jutaan masyarakat tinggal di daerah-daerah rawan longsor sedang hingga tinggi dengan kemampuan mitigasi yang belum memadai. Implementasi penataan ruang harus benar-benar ditegakkan untuk mencegah daerah-daerah rawan longsor berkembang menjadi permukiman (BNPB, 2018).

Kecamatan Pagentan merupakan daerah dengan potensi gerakan tanah tinggi. Gerakan tanah sering terjadi di Pagentan telah mengakibatkan kerusakan dan kerugian material yang besar. Seringkali pergerakan tanah terjadi secara kontinu mengakibatkan kerusakan pada sejumlah rumah warga, jalan desa dan prasarana fisik lainnya. Gerakan tanah ini lebih dikenal sebagai rayapan (*creep*). Rayapan dibedakan menjadi tiga jenis yaitu: rayapan musiman yang dipengaruhi iklim, rayapan berkesinambungan yang dipengaruhi kuat geser dari material, dan rayapan melaju yang berhubungan dengan keruntuhan lereng atau perpindahan massa lainnya (Hansen, 1984; dalam Ortigao, 2004).

Untuk memfasilitasi pengembangan sistem peringatan dini, investigasi awal dan peralatan pemantauan lapangan real-time telah dipasang di Desa Kalitlaga, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah Indonesia sebagai proyek percontohan (Fathani dkk. 2008). Sistem peringatan dini ini telah dilengkapi

dengan alat pemantau lapangan *real-time* berupa alat pengukur curah hujan (*rain-gauges*), sensor ketinggian air tanah, dan ekstensometer yang dapat mencatat data curah hujan, ketinggian air tanah, dan perpindahan massa tanah. Data ini sangat penting untuk penilaian longsor, prediksi, dan pengembangan sistem peringatan dini (Faris dan Fathani, 2010). Lokasi lereng yang dipantau ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi pemantauan lereng di Kalitlaga

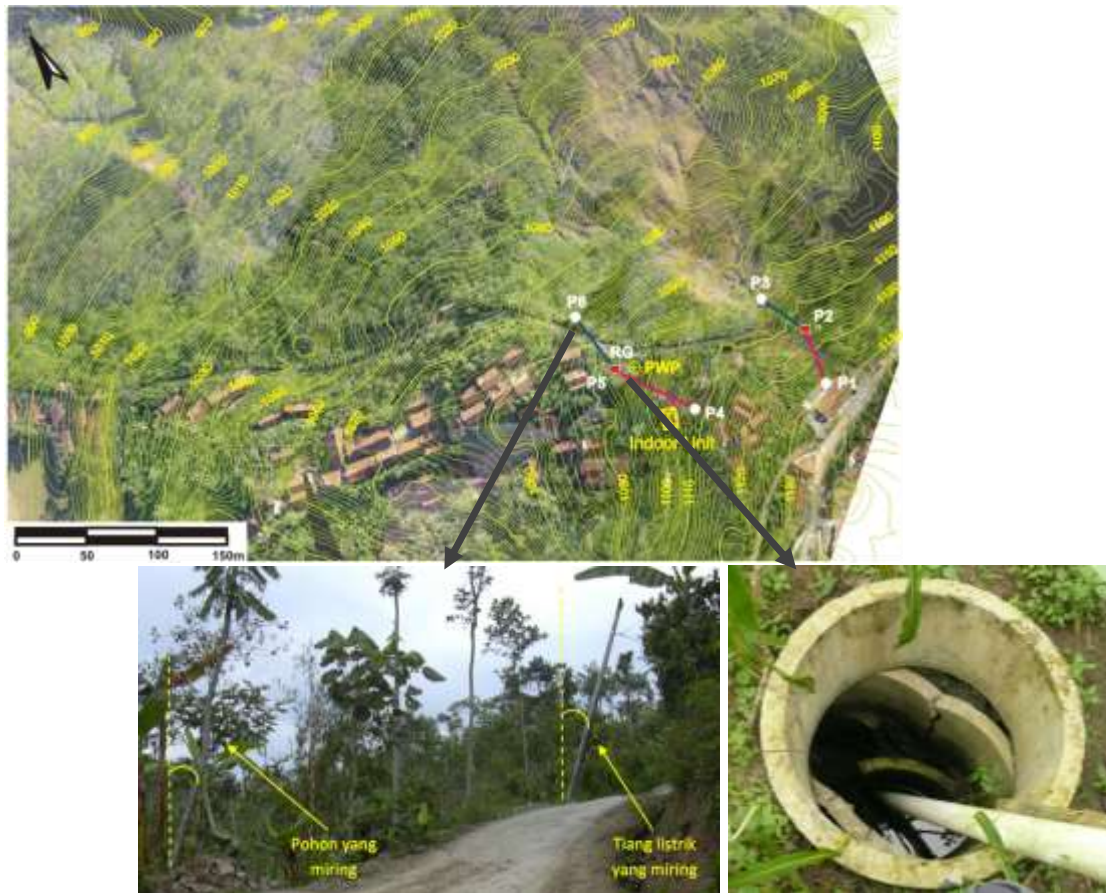
2. Gambaran Umum Longsor Kalitlaga

2.1. Hasil Survei Geologi dan Geoteknik

Desa Kalitlaga didominasi oleh lembah dan bukit, yang membujur di daerah Pegunungan Serayu dengan relief bergelombang dan curam. Berdasarkan peta topografi dan investigasi lapangan, daerah ini memiliki kemiringan lereng 11° - 16° . Batuan utama penyusun lereng di daerah tersebut berupa batu lempung yang mengandung sisipan-sisipan tipis batupasir (Parlindungan, 2008). Lereng yang ditinjau pada penelitian ini adalah lereng yang telah dipasang alat pemantau gerakan tanah. Pada lereng sudah terpasang ekstensometer P4-P5-P6 dan P4-P5-P6, sebuah sumur uji yang dilengkapi sensor tekanan air pori (PWP) dan ketinggian muka air tanah dan rain gauge (RG). Lereng yang dikaji dalam penelitian ini berada pada pemasangan alat ekstensometer P4-P5-P6 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada beberapa titik di lokasi longsor telah terjadi pergerakan tanah berupa *creep* (rayapan). Rayapan ini mengakibatkan kerusakan pada beberapa rumah warga dan bangunan lainnya. Pergerakan tanah tersebut terjadi secara perlahan dan kontinu. Kondisi sumur uji juga telah mengalami kerusakan akibat pergerakan tanah. Hal ini mengindikasikan adanya bahaya longsor di masa yang akan datang.

Struktur geologi yang dijumpai di daerah penelitian berupa kekar-kekar pada batuan yang mempunyai arah relative “Utara - Selatan” dengan arah umum N 350° E - N 355° E (Kamarullah, 2010). Dari hasil investigasi lapangan diketahui bahwa, massa yang bergerak terdiri dari lempung berpasir yang terletak di atas bidang gelincir yaitu batu lempung. Secara umum, kondisi geologi pada lereng tersebut adalah berupa lapisan sedimen yang terdiri dari lempung monmorilonit yang ditutupi oleh *colluvial deposit* (Karnawati dkk., 2008). Material yang bergerak dalam penelitian ini diasumsikan jenis litologi yang terdiri dari *colluvial soil*, lempung kelanauan dan batupasir.



Gambar 2. Foto udara dan topografi daerah longsor

2.2. Data pengujian tanah dan pemantauan longsor

Ada beberapa jenis uji laboratorium yang dilakukan untuk mengetahui parameter fisik dan mekanik tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada 8 (delapan) titik seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Pengujian yang dilakukan berupa: distribusi ukuran butir (ASTM D6913-04), batas-batas Atterberg (ASTM D4318-10), geser langsung (ASTM D3080-98), permeabilitas (ASTM D2435-04) dan triaksial CU (ASTM D4767-95). Rangkuman hasil pengujian tanah di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil penyelidikan tanah dikombinasikan dengan data geologi untuk membentuk perlapisan tanah yang sesuai dengan kondisi di lapangan.



Gambar 3. Foto udara dan topografi daerah longsor

Tabel 1. Rangkuman hasil pengujian tanah di laboratorium

No.	No. Sampel	Moisture content W_N , %	Specific gravity G_s	Liquid Limit LL , %	Plastic Limit PL , %	Plasticity Index PI , %	Finer #200 %	Unified Soil Classification	Koefisien Permeabilitas m/s	Geser Langsung		Triaksial CU	
										ϕ°	c kg/cm ²	ϕ°	c kg/cm ²
1	A1	20.29	2.69	41.77	23.42	18.35	39.79	SC	-	31.80	0.00	22.23	0.08
2	A2	22.79	2.68	39.64	20.02	19.62	51.32	CL	5.25E-07	32.00	0.00	-	-
3	B1	16.29	2.68	46.00	19.71	26.29	83.22	CL	-	-	-	-	-
4	B2	18.16	2.65	40.18	22.76	17.42	37.54	SC	5.71E-09	-	-	15.40	0.10
5	C1	26.17	2.69	38.94	22.15	16.79	77.80	CL	-	-	-	7.04	0.92
6	C2	22.15	2.67	36.82	17.83	18.99	58.29	CL	1.26E-08	-	-	-	-
7	D1	17.21	2.68	37.25	18.77	18.49	44.56	SC	6.55E-08	-	-	15.33	0.06
8	D2	41.43	2.44	51.61	24.77	26.83	81.47	CH	-	-	-	-	-

Ekstensometer yang terpasang pada lereng mencatat pergerakan tanah yang terjadi dalam mm setiap jam. Ekstensometer ditempatkan pada dua posisi yang dihubungkan oleh kabel yang bisa mengukur tarikan (+) dan tekanan (-). Apabila terjadi gerakan maka kabel yang diikatkan akan tertarik atau tertekan dan akan direkam oleh ekstensometer. Ekstensometer akan merekam dengan nilai positif ketika kabel memanjang dan merekam dengan nilai negatif ketika kabel memendek. Selain data pergerakan tanah, sistem peringatan dini ini juga mencatat data ketinggian muka air di sumur uji. Data pemantauan longsor berupa data pergerakan tanah dan ketinggian muka air tanah sangat penting dalam penilaian longsor dan simulasi numeris yang akan dilakukan.

3. Pembahasan

3.1. Penyebab dan mekanisme longsor

Pemicu terjadinya longsor dapat diketahui dengan memperhatikan data hasil pemantauan longsor berupa data pergerakan tanah dan muka air tanah. Data ekstensometer menunjukkan bahwa pergerakan tanah mulai terjadi pada musim hujan dan pergerakan tersebut tidak terjadi (berhenti) pada musim kemarau. Data kedalaman muka air tanah juga menunjukkan bahwa pergerakan tanah terjadi saat muka air tanah naik (musim hujan). Pada saat muka air tanah naik tekanan air pori meningkat dan mengurangi parameter kuat geser tanah. Oleh karena itu, diperkirakan bahwa hujan merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya gerakan tanah.

Faktor lainnya yang menyebabkan terjadinya longsor adalah kondisi topografi dan geologi. Topografi Desa Kalitlaga yang berada di daerah pegunungan dan memiliki lereng yang curam rentan untuk bergerak. Selain itu, kondisi geologi berupa lapisan sedimen yang terdiri dari lempung monmorilonit yang ditutupi oleh *colluvial deposit* sangat rentan menimbulkan gerakan tanah bila dipicu oleh air.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, tipe longsor yang terjadi di Desa Kalitlaga merupakan jenis rayapan (*creep*). Hal itu terlihat dari adanya penurunan tanah pada badan jalan, beberapa bangunan warga yang mengalami retak serta pohon-pohon dan tiang listrik yang miring. Berdasarkan laju kecepatan pergerakan tanah, longsoran ini diklasifikasikan sebagai *creep* dengan laju kecepatan sedang sampai sangat lambat. Dari segi bentuk gerakan yang terjadi tipe longsoran ini juga diklasifikasikan sebagai gabungan dari longsoran rotasi dan translasi.

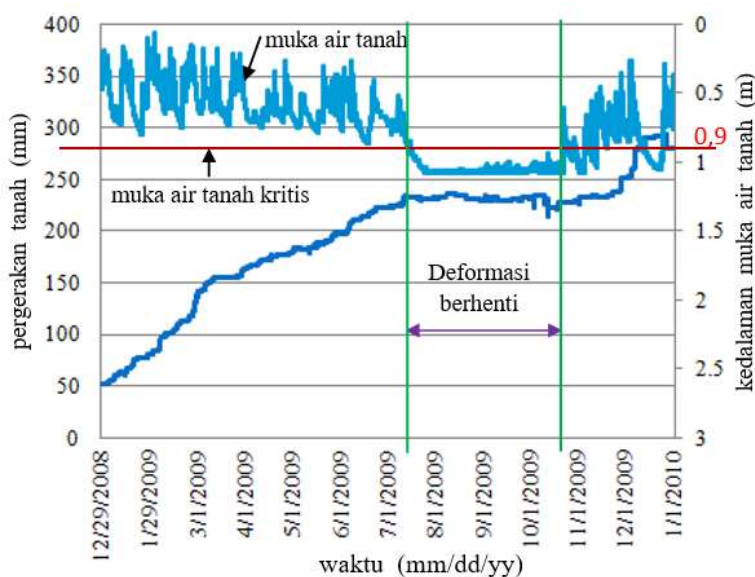
Pergerakan tanah di Desa Kalitlaga terjadi karena kondisi geomorfologi berupa pegunungan dengan struktur geologi yang labil dan rawan bergerak dipicu oleh curah hujan yang tinggi. Gaya pendorong bertambah besar akibat naiknya muka air tanah dan kondisi tanah yang menjadi jenuh air, disisi lain gaya

penahan berupa tahanan gesek berkurang akibat naiknya tekanan air pori pada bidang longsor. Kenaikan tekanan air pori tersebut mengurangi tahanan gesek, karena gaya normal pada longsor menjadi berkurang.

3.2. Analisis Kestabilan Lereng

Berdasarkan hasil investigasi geoteknik, diketahui bahwa massa tanah yang bergerak adalah berupa lempung berpasir yang terletak di atas bidang gelincir berupa batulempung. Lapisan-lapisan tanah yang bergerak cenderung seragam. Hanya ada jenis lempung dengan sisipan tipis batupasir yang berulang sampai kedalaman tertentu. Hal itu bisa dilihat pada retakan yang terjadi di lokasi. Oleh karena itu, pemodelan lereng diasumsikan menjadi dua jenis lapisan yaitu, lempung berpasir dan batulempung. Kedalaman bidang gelincir longsoran dianalisis menggunakan teori analisis stabilitas lereng tak hingga, karena dari segi bentuk longsoran tersebut merupakan gabungan dari longsoran translasi dan rotasi dengan bidang longsor yang sangat panjang. Hasil investigasi lapangan dan *back analysis* pada lereng tak hingga diketahui bahwa kedalaman bidang gelincir lereng adalah 4,14 m (Faris, 2010).

Suatu lereng akan bergerak jika tahanan geser maksimum yang dimiliki tanah terlampaui oleh tegangan geser yang terjadi. Pada saat tahanan geser maksimum sama dengan tegangan geser yang terjadi berarti lereng tersebut dalam kondisi kritis. Kondisi kritis tersebut dinyatakan dengan nilai faktor aman (SF) = 1. Data ekstensometer menunjukkan bahwa pergerakan tanah mulai terjadi sekitar akhir Oktober dan mulai berhenti pada pertengahan Juli. Diperkirakan pergerakan tanah mulai terjadi saat musim hujan dan berhenti ketika musim hujan berakhir. Data tersebut kemudian diilustrasikan dalam bentuk grafik (Gambar 4).



Gambar 4. Kondisi kritis lereng pada grafik pergerakan tanah dan kedalaman muka air tanah

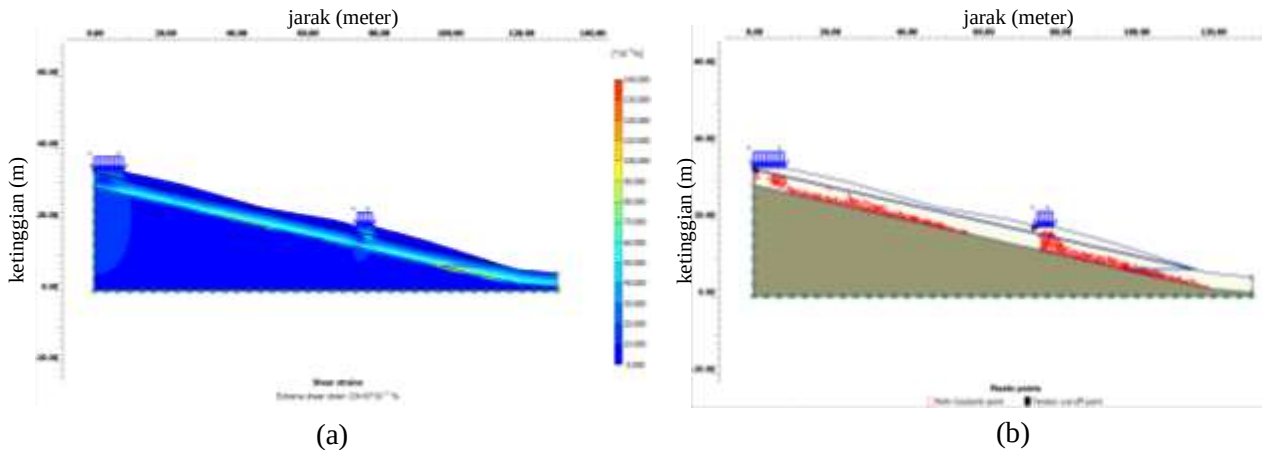
Dari grafik di atas terlihat bahwa, pada pertengahan Juli sampai akhir Oktober pergerakan tanah cenderung membentuk garis lurus. Hal itu berarti, pada interval tersebut pergerakan tanah tidak terjadi dan nilai faktor aman (SF) adalah 1 atau lebih. Titik dimana pergerakan tanah mulai berhenti dan mulai bergerak kembali merupakan titik kritis dengan nilai faktor aman (SF) adalah 1. Dari grafik tersebut juga dapat diketahui bahwa kedalaman muka air tanah saat lereng dalam kondisi kritis adalah 0,9 meter.

3.2.1. Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program Plaxis 8.6

Dalam penelitian ini, Plaxis 8.6 (*finite element*) digunakan untuk memodelkan lereng di Desa Kalitlaga. Ada dua kondisi lereng yang dimodelkan yaitu, kondisi lereng pada saat muka air tanah kritis dan kondisi lereng setelah muka air tanah turun. Gambar 5a dan Gambar 5b merupakan pemodelan lereng pada kondisi

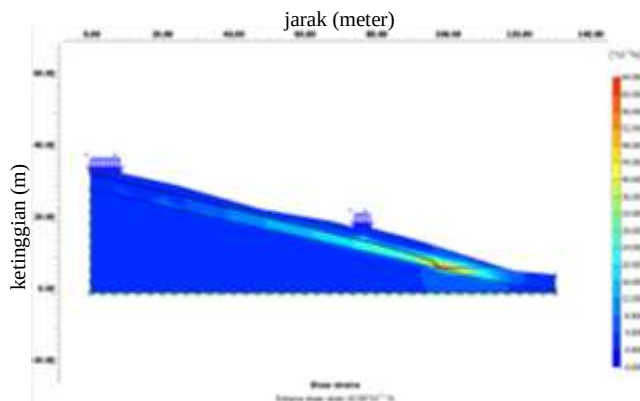
muka air tanah kritis. Nilai faktor aman yang dihasilkan adalah 1,1891. Pada Gambar 5a, nilai regangan diurutkan dari yang paling besar sampai paling kecil menggunakan legenda dengan urutan warna merah sampai biru. Dari hasil output tersebut diketahui bahwa regangan paling tinggi terjadi pada bagian bawah lereng dengan nilai *extreme shear strains* sebesar $134,43 \cdot 10^{-3} \%$. Hal itu bisa dijadikan sebagai bahan pertimbangan posisi pemasangan drainase horizontal pada bagian bawah lereng.

Gambar 5b merupakan tampilan output hasil simulasi berupa *plastic point*. Warna merah pada gambar menunjukkan bahwa batas plastis tanahnya terlewati dan pada titik-titik tersebutlah kemungkinan besar yang akan terjadi pergerakan. Berdasarkan hasil investigasi geoteknik, terdapat dua buah retakan utama pada lereng yaitu bagian atas (P4-P5) dan bagian bawah (P5-P6).



Gambar 5. Hasil simulasi kondisi kritis lereng menggunakan Plaxis 8.6: (a) *shear strains*, (b) *plastic point*

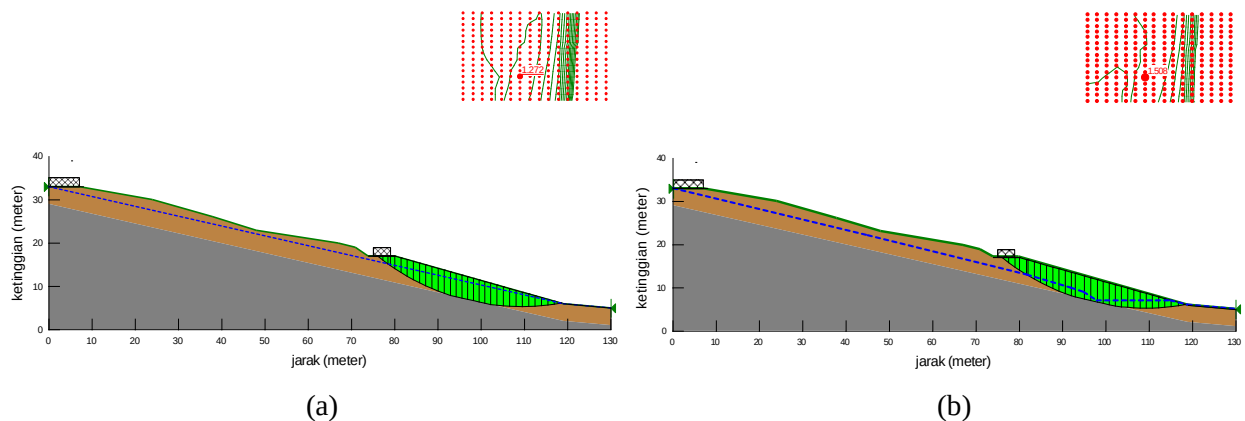
Gambar 6 merupakan tampilan *shear strains* hasil pemodelan lereng menggunakan Plaxis 8.6 setelah pemasangan drainase horisontal pada bagian bawah lereng. Nilai faktor aman yang dihasilkan sebesar 1,3498. Pada gambar tersebut juga diketahui bahwa nilai *extreme shear strains* sebesar $63,50 \cdot 10^{-3} \%$, turun dari $134,43 \cdot 10^{-3} \%$ pada kondisi kritis.



Gambar 6. Hasil simulasi kondisi penanganan lereng menggunakan Plaxis 8.6

Pemasangan drainase pada lereng bagian bawah untuk menurunkan muka air tanah mengakibatkan nilai faktor aman naik dari 1,1891 menjadi 1,3498. Dari hasil simulasi juga diketahui bahwa, turunnya muka air tanah pada lereng dapat menghentikan pergerakan tanah. Hal itu sesuai dengan kategori kejadian longsor oleh Bowles (1984), bahwa $SF > 1,25$ kemungkinan longsor hampir tidak pernah terjadi.

Selain menggunakan program plaxis (*finite element*) analisis stabilitas lereng juga dilakukan dengan program Slope/W (*limit equilibrium*). Pemasangan drainase pada lereng bagian bawah untuk menurunkan muka air tanah mengakibatkan nilai faktor aman naik dari 1,272 menjadi 1,508. Salah satu output hasil simulasi dengan Slope/W sebelum dan setelah muka air tanah turun ditunjukkan pada Gambar 7a dan Gambar 7b.



Gambar 7. Hasil simulasi lereng menggunakan Slope/W: (a) kondisi kritis, (b) kondisi setelah penanganan

4. Kesimpulan

Gerakan tanah yang terjadi di Kalitlaga merupakan jenis rayapan (*creep*) dengan laju kecepatan sedang sampai sangat lambat. Pada lereng ini, pemasangan drainase untuk menurunkan muka air tanah dapat dilakukan sebagai upaya mitigasi. Posisi drainase berada pada bagian bawah lereng karena berdasarkan simulasi menggunakan Plaxis regangan paling besar terjadi pada bagian bawah lereng. Analisis stabilitas menggunakan Plaxis 8.6 dan Slope/W menunjukkan bahwa turunnya muka air tanah pada lereng dapat meningkatkan nilai faktor aman dari kondisi kritis menjadi aman terhadap kemungkinan terjadinya longsor ($SF > 1,25$).

Daftar Pustaka

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2017) 2.341 Kejadian Bencana, 377 Tewas dan 3,5 Juta Jiwa Mengungsi dan Menderita Akibat Bencana Tahun 2017,
- Bowles, J. E. (1984) *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi 2, Erlangga, Jakarta.
- Fathani, T.F., Karnawati, D., Sassa, K., Fukuoka, H., dan Honda, K. (2008) Landslide Monitoring, Prediction and Early Warning in Banjarnegara, Indonesia, *Star*, 4-6.
- Faris, F and Fatani, T.F. (2010) A Coupled Hydrology/Slope Kinematics Model for Developing Early Warning Criteria in the Kalitlaga Landslide, Banjarnegara, Indonesia, *Progress of Geo-Disaster Mitigation Technology in Asia*, 453-467.
- Faris, F. (2010) Dynamic Simulation of Rainfall Triggered Landslide Movement by Visco-Plastic Model, *Master Tesis*, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hansen, M.J. (1984) *Strategies for Classification of Landslides*, (ed. : Brunsden, D, & Prior, D.B., 1984, Slope Instability, John Wiley & Sons, p.1-25
- Kamarullah, B.B. (2010) Kajian Geologi Teknik dan Kestabilan Lereng, Desa Kalitlaga, Kecamatan Pagentan, Kabupaten Banjarnegara, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Karnawati D, Fathani T.F., Sudarno I., Andayani B. (2008) Development of community-based landslide early warning system in Indonesia. In: *Proceeding of the first world landslide forum*, Tokyo, 18–21 Sept 2008, pp 305–308
- Ortigao, J.A.R. dan Sayao, A.S.F.J, (2004) *Handbook of Slope Stabilization*, Springer-Verlag, Berlin.

Analysis of Slope Stability Using GIS (Geographic Information System) In North Rindingan Hill Area, Ulubelu, Tanggamus

Detri Viki Mandasari¹, Ditha Arlinsky AR¹, Tri Wahyu Saputra¹, Ozza Dinata¹, Bagus Sapto Mulyatno¹

¹Geophysical Engineering, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: detrygeofisika@gmail.com

Abstract. *This research was conducted in the North Rindingan Hill area, Ulubelu Subdistrict, Tanggamus Regency where this area has a steep topography. Therefore, a study was conducted on the slope in the North Rindingan Hill area using Total Station (TS). From this Total Station measurement, 30 measurement points are obtained in the form of X and Y coordinate values and elevation where further modeling of the skid plane can be performed and the FS (Factor Safety) value is calculated. In addition, supporting data such as DEM data and land cover information are also used. The results obtained from 30 slicing data values of FS (Factor Safety) are known that there are 22 slicing data which are said to be unstable slopes because they have FS values <1.5 so that they can be said to be vulnerable to landslides. Meanwhile, 8 slicing data has a FS value > 1.5 which can be said to be a stable slope.*

Keywords : *Factor Safety (FS), Slope Stability, Total Station*

1. Introduction

Soil or rock mass movements often occur on natural or artificial slopes due to a reduction in shear strength and an increase in soil shear stress. Internal factors that can cause soil movement are the weak binding capacity of the soil or rocks so the soil grains and rocks can be separated from the bond. The movement of these grains can drag other grains that are around so as to form a larger mass. While external factors that can accelerate and trigger soil movement include slope angles, rainfall, changes in soil moisture, and land cover. One of the factors that cause landslides which is very influential is the slip surface or shear surface.

Atmospheric conditions such as temperature and air pressure can reduce the propagation and absorption of electromagnetic wave energy in a measurement (Pratomo, 2004). The effect has an impact on the measurement results of the Total Station, one of which is on the measurement of the slope where in the distance measurement results there is a correction value. Therefore, it is necessary to study the use of slope stability analysis to understand the possibility of landslides so that the slope safety factor can be taken into account.

1.1 Purpose

The objectives of this research are:

1. Processing the Total Station measurement data processing.
2. Make an elevation contour map to map the topography of the study area.
3. Determine the value of the safety factor in identifying the stability of a slope.

1.2 Benefits

With the process of data acquisition and processing at the total station, it is expected to produce anomaly contour maps which can later be used as references in determining the landslide zone area by estimating the value of the safety factor in the measurement area.

1.3 Basic Theory

DEM is digital data that describes the geometry of the shape of the earth's surface or parts that consist of a set of coordinate points sampled from a surface with an algorithm that defines the surface using a set of coordinates (Tempfli, 1991). Discontinuity is a term for the combination of all structures in geological materials which usually have a tensile strength of 0 - low, which can also be overcome (Smith, 1984). The existence of a discontinuity will affect the stability of the slope by the properties its discontinuity. The geometrical properties of the discontinuity include:

- Tilt (dip / dip direction)
- Distance between discontinuities (spacing)
- Surface description (roughness)
- Aperture (aperture)
- Persistence
- Set discontinuity

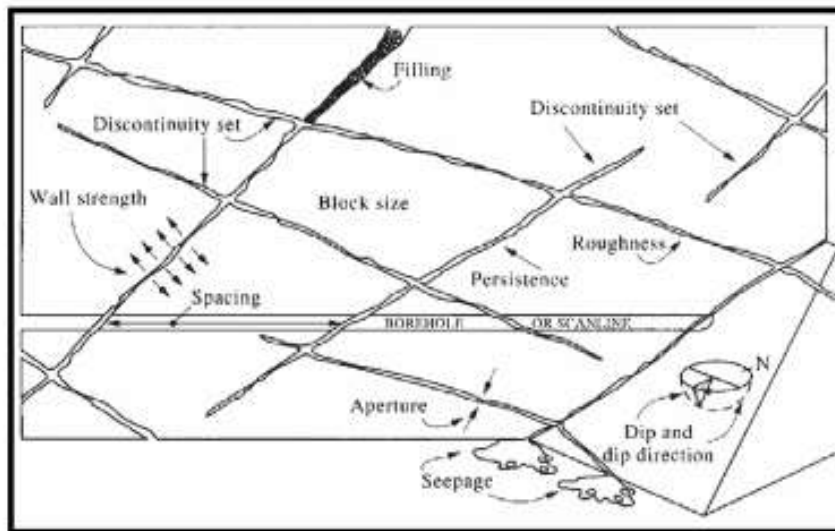


Figure 1. Sketch of Geometry Characteristics from Rock Discontinuity (Priest, 1993)

Slope Stability Calculation (FS), After obtaining the skid plane model then do the slope stability calculation (FS). The stability of the slope depends on the driving force and the restraining force acting on the slip plane. Retaining force (resisting force) is the force that holds to prevent landslides, while the driving force (driving force) is the force that causes landslides. The comparison between the retaining forces and the forces that move the soil is called the slope stability factor (FS). With provisions, if:

- FS > 1.5: Slope in stable condition.
- FS < 1.5: Slope is unstable (unstable).
- FS = 1.5: Slope in critical condition.

Factors that affect the stability of rock or soil slopes include:

a. Rock structure

Rock structures that greatly affect the stability of slopes are faults, layers and fractures. The structure of the rock is a weak field and at the same time as a place for water to seep, making it more prone to landslides. The distribution of rocks or soil found in the area of investigation must be known, as well as the distribution and relationship between rocks. This needs to be done because the physical and mechanical properties of a rock are different from other rocks

b. Physical and mechanical properties

The physical properties of rocks or soils that affect slope stability are: weight, porosity, and water content, compressive strength, tensile strength, shear strength and shear angle in rocks are mechanical properties of rocks that affect slope stability.

- Content Weight.

The greater the weight of the contents of a rock or soil, the driving force that causes landslides is also greater. Thus, the stability of the slope decreases.

- Porosity

Rocks that have large porosity will absorb a lot of water. Thus the weight of the contents becomes larger, thus reducing the stability of the slope. The presence of water in rocks will also cause pore water pressure that reduces rock shear strength. Rocks that have a small shear strength will be more prone to landslides.

- Water content.

The greater the water content in rocks or soil, the greater the pore pressure. Thus the rock shear strength becomes smaller, so the stability of a slope decreases.

- Shear angle in rocks.

The greater the angle of shear in, the greater the rock shear strength. Thus, the slopes arranged by these rocks become more stable.

c. Topography of the local area.

The condition and genesis of the local area play an important role in understanding the relationship between the shape of the slope and the stability of the slope. Slopes with similar slope, material and geology can behave differently depending on the topographic aspects. This factor affects the rate of erosion and deposition and determines the direction of surface and ground water flow. This is due to steep terrain, high surface water flow velocity and resulting in more intensive erosion than in sloping areas. Due to intensive erosion, there will be many rock outcrops and this will cause faster weathering. Weathered rocks have low strength so that the stability of the slopes is reduced.

d. Hydrological and hydrogeological conditions.

Groundwater is an important factor in the stability of slopes, groundwater can affect slopes in five ways: reducing strength, changing mineral content through alteration and dissolution processes, changing density, causing pore water pressure and causing erosion. The existing ground water surface makes the slopes mostly wet and the rocks have a high water content. Rocks with high water content become low so that the slopes are easier to landslide. This is due to the water contained in the rock will increase the burden of the rock.

e. Slope geometry.

There are three main components of a mine slope, namely: tier configuration, inter-tier angle, and total slope angle (Fig.) Slopes that are too high become more unstable so they tend to be more prone to landslides than slopes that are not too high on the same rock. the greater the slope or steepness, the greater the likelihood of landslides.

f. Climate

Climate affects the stability of the slope because climate affects temperature changes. Temperature that changes rapidly in a short time will accelerate the weathering process of rocks. For tropical regions weathering is more intensive compared to cold regions

g. Outer styles.

External forces that can affect the stability of a slope are:

- a. The vibrations caused by earthquakes, blasting and the use of heavy mechanical equipment near the slope.
- b. Basic cutting (toe) on the slope (Badwi, 2019).

2. RESEARCH METHOD

2.1 Research Tools and Materials

The data used in this study are primary data derived from the measurement of Total Station and secondary data in the form of DEM data and land cover maps in Bukit Rindingan Utara, Tanggamus Regency, Lampung Province. The software used in this research is Google Earth, Arc GIS 10.3, Surfer 10, and Microsoft Excel.

2.2 Data Processing

In measurements using the Total Station obtained 404 measurement points which consist of X coordinate values, Y coordinates, and elevation values. Then, an elevation contour map is made using the coordinates and elevation values in the Surfer software.

The next step, which is to do slicing data on elevation contour maps. In this research, 30 slicing data were carried out. This is done to see a clearer slope cross section in the study area so that later it can be seen the stability value of the slope in the study area.

Then, a skid plane model is created by using scatter of slicing data in Microsoft Excel. Then the next step is to calculate slope stability (FS) using the following formula (Lambe & Whitman, 1969).

$$FS = \frac{\text{Force that Inhibits Motion}}{\text{Force that Increases Motion}}$$

2.3 Regional Geological Maps

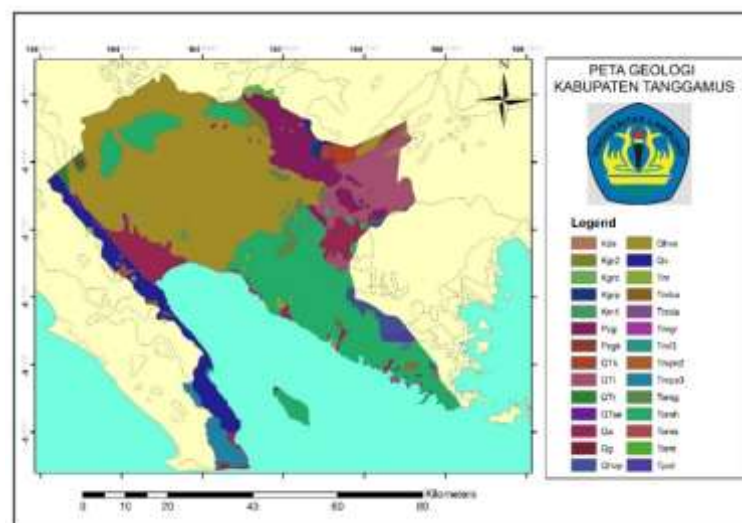


Figure 2. Regional Geological Maps of Tanggamus Regency

2.4 Flow Diagram

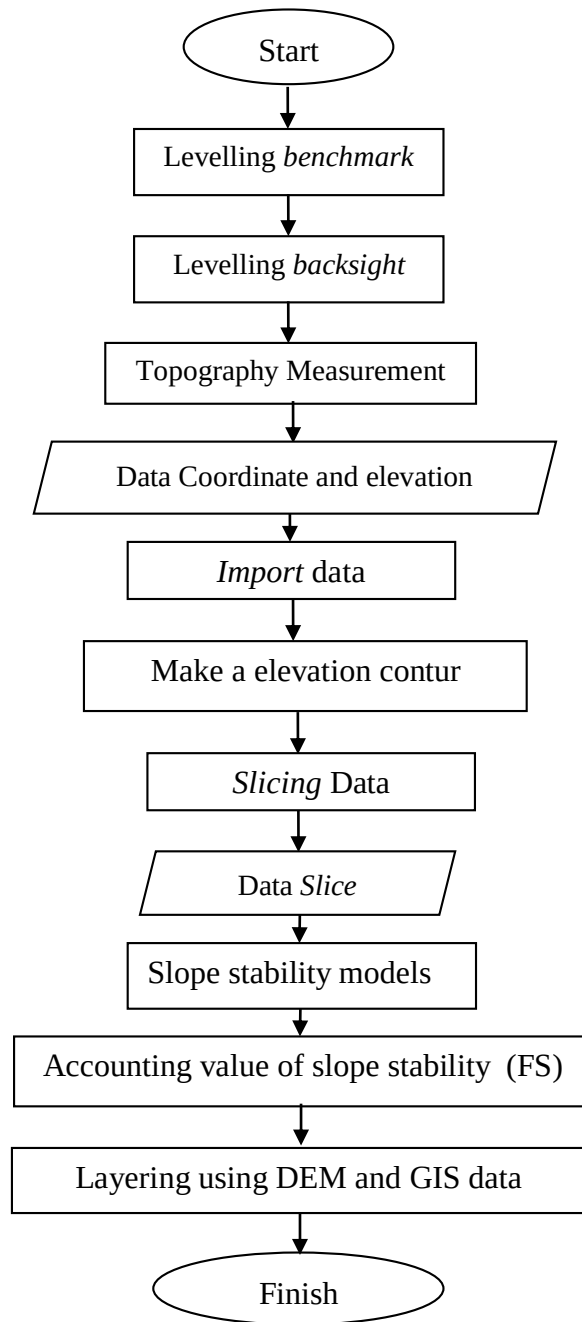


Figure 4. Flow Diagram

3. RESULTS AND DISCUSSION

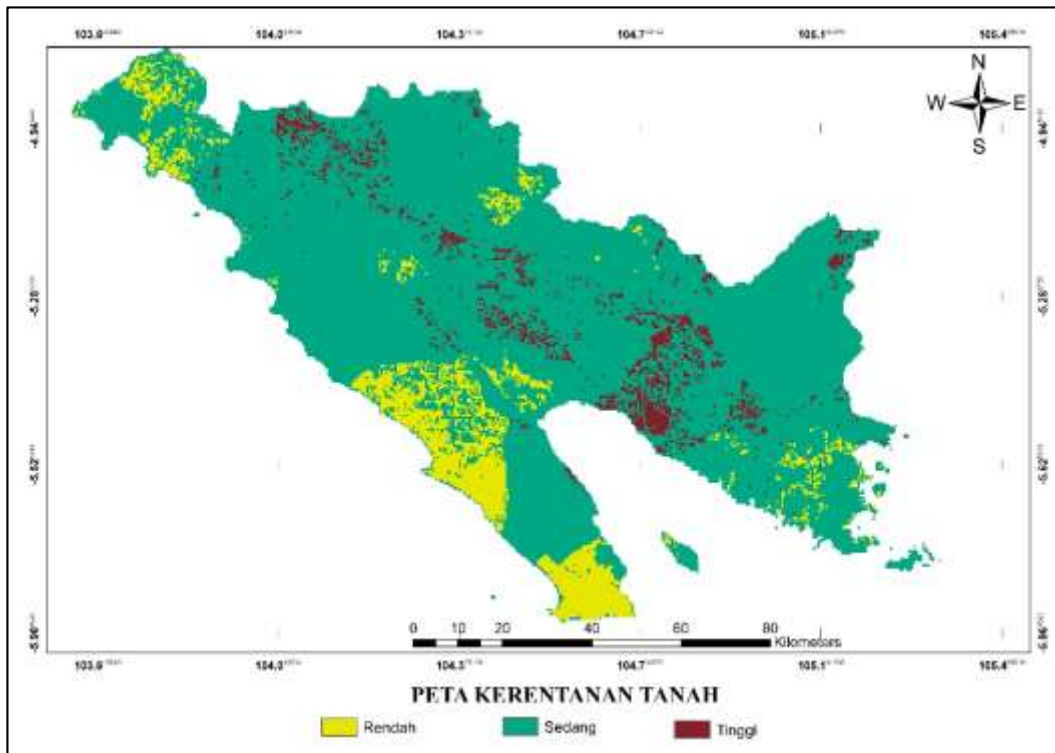


Figure 5. Soil Vulnerability Map of Study area

The first classification or the yellow one shows a low value or can be said to be an area where there is no area of concern for landslides, this color is spread over the west coast and Tanggamus. Then in the second classification the Green color indicates a moderate value or can be said to be an area that has moderate susceptibility to a landslide disaster, the color is almost scattered in the area of Tanggamus, West Lampung, Pesawaran, West Coast and Pringsewu. Then the third classification or the dark red color shows a high value or it can be said that the risk in the area is very large due to landslide disasters, the color is scattered in the regions of Tanggamus, West Lampung, Pesawaran and Pringsewu. Based on the results of these classifications can be compared with the actual conditions where areas with high levels of landslide susceptibility are in mountainous areas with the type of sedimentary soil that is found in the mortise area.

After the landslide parameters are obtained then a score is given for each class and the weights for each parameter are then overlayed. Analysis of landslide prone areas is based on the total score in each area. Determination of the level of vulnerability of landslide areas in the study area is based on a model of estimating landslide prone areas by Minister of Public Works Regulation No.22 / PRT / M / 2007.

Score = (20% x land use) + (10% x infrastructure) + (20% x rainfall) + (25% x Slope) + (10% x fault / fault) + (15% x Geology (type soil))

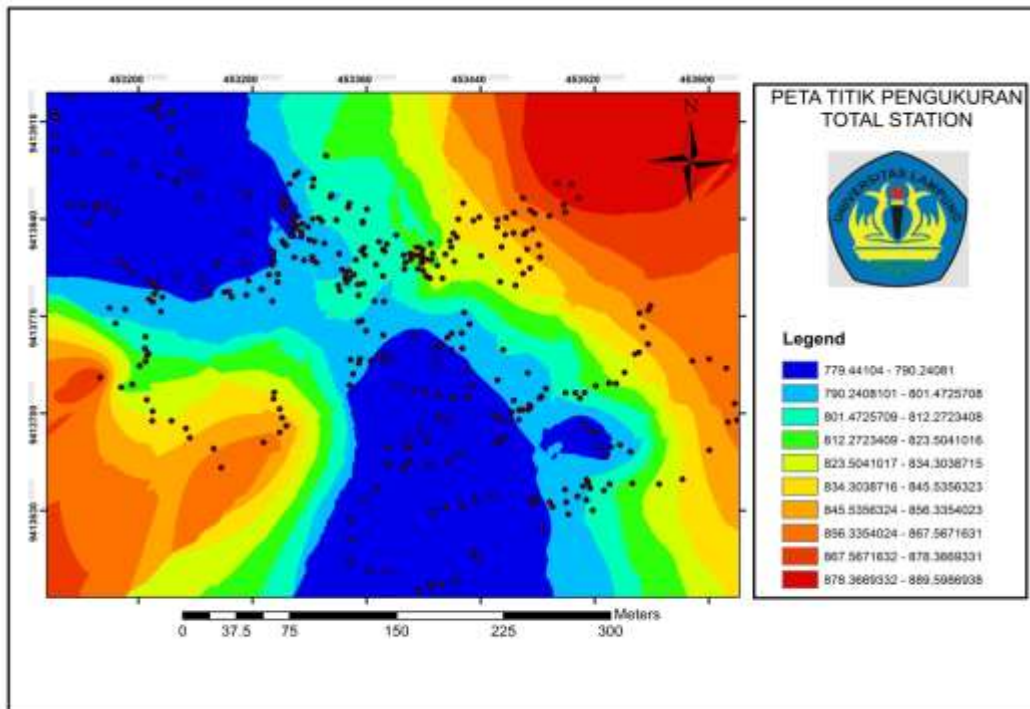


Figure 6. Contour Map Distribution Point Measurement

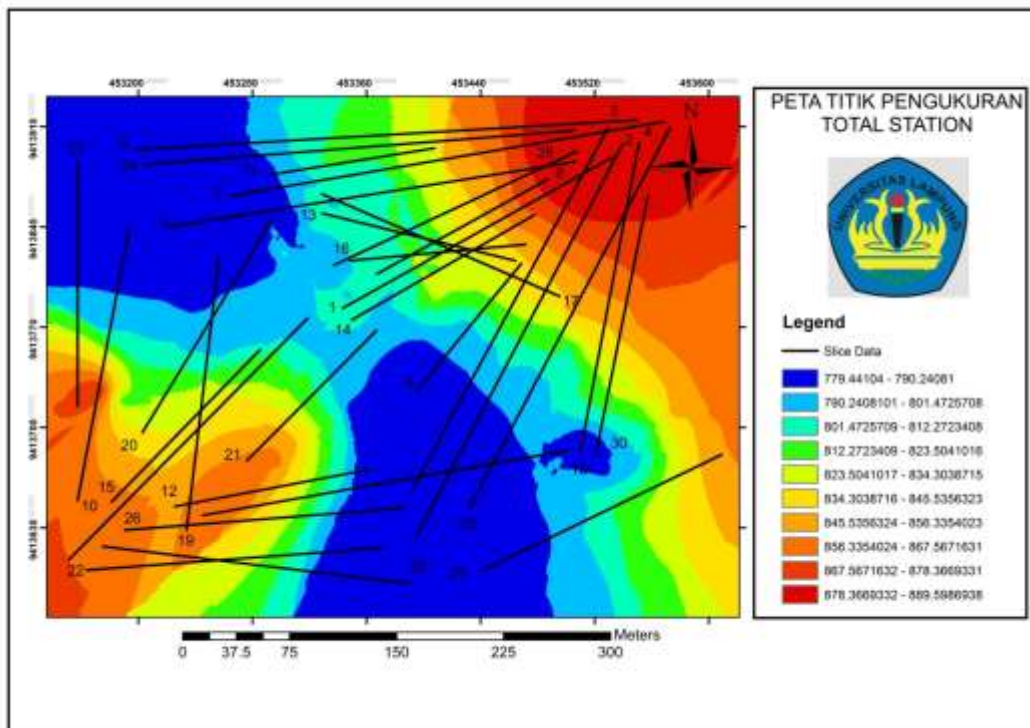


Figure 7. Measurement Slice Map

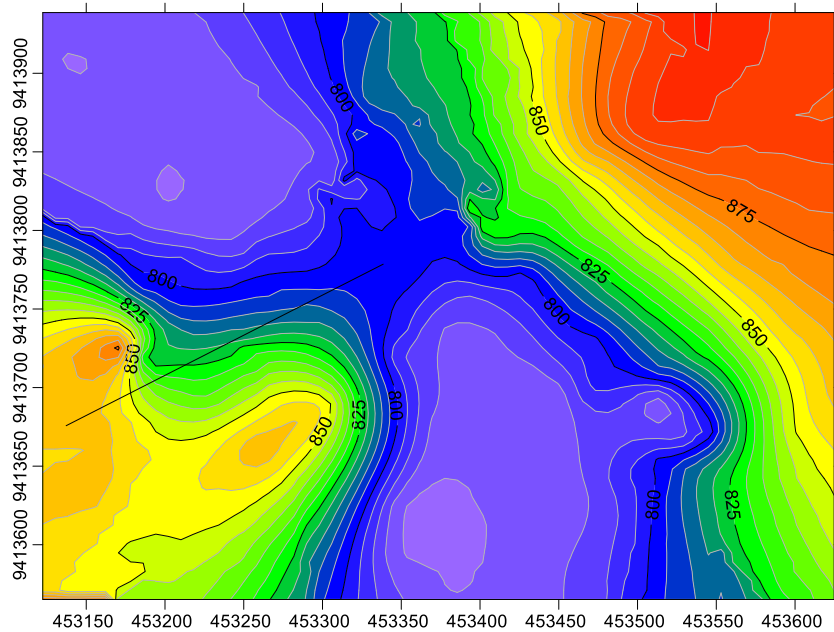


Figure 8. Example Contour Anomaly

Based on calculations that have been made from 30 slicing data, it can be seen that the calculations that have been done on the slice 1 slip plane model obtained FS values that is -3.65. From these results it can be seen that the slope model is included in the stability level of the unstable slope (unstable) ($F_s < 1.5$). What is meant by unstable (unstable) in this case is that the area is prone to landslides.

Then, in the slip slice 2 plane model it is known that the FS value obtained is 4.23 which shows that all of the slope models are included in a stable level of slope stability ($F_s > 1.5$). What is meant by stability in this case is that the area is not susceptible to landslides.

Daftar Pustaka

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007

Badwi, Nasiah dkk, 2019. Geologi Tata Lingkungan Edisi Revisi. Cv Budi Utama. Yogyakarta

Craig, R.F. 1989. Mekanika Tanah. Erlangga. Jakarta.

Hardiyatmo, H.C. 2002. Mekanika Tanah I. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Smith, M.J. 1984. Mekanika Tanah. Erlangga. Jakarta

Wesley, Laurence D. 2012. Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu. Penerbit Andi. Yogyakarta.

Identifikasi Zona Prospek Hidrokarbon Berdasarskan Prediksi Porositas Menggunakan Analisis Multiatribut Pada Lapangan Rumay

Ozza Dinata¹, Bagus Sapto Mulyatno¹, Resha Ramadian² Dhimas Arief R²

¹Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

²Energi Mega Persada (EMP) Tbk

E-mail korespondensi: ozza014dinata@gmail.com

Abstrak. Kebutuhan akan energi terutama minyak dan gas bumi terus meningkat seiring dengan bertambahnya populasi manusia, sehingga diperlukan eksplorasi sumur- sumur baru untuk memenuhi kebutuhan manusia akan minyak dan gas bumi, metode eksplorasi yang biasa digunakan untuk eksplorasi minyak dan gas bumi adalah metode seismik dan well logging, diperlukan mengintegrasikan kedua metode tersebut untuk dapat meningkatkan interpretasi data bawah permukaan. Metode yang dikembangkan untuk dapat mengintegrasikan data seismik dan well logging adalah multiatribut. Prinsip dari analisis multiatribut adalah mengekstraksi beberapa atribut dari data seismik yang kemudian dikorelasikan dengan data well logging yang akan di prediksi, kemudian di sebarakan ke seluruh volume seismik. Hasil dari Korelasi antara nilai porositas prediksi dari analisis multiatribut dan nilai porositas dari data well logging sebesar 93%. Zona porspek hidrokarbon memiliki nilai porositas yang baik dibandingkan daerah disekitarnya, porositas yang baik memungkinkan pada daerah tersebut dapat menjadi reservoir yang baik untuk tempat akumulasi hidrokarbon.

Kata kunci: hidrokarbon, multiatribut, reservoir, seismik, well logging

1. Pendahuluan

Seiring pertumbuhan populasi manusia, menyebabkan kebutuhan minyak dan gas bumi semakin meningkat, namun jumlah cadangan minyak bumi yang tersedia pada saat ini produksinya semakin menurun, untuk itu perlu dilakukan eksplorasi sumur – sumur baru untuk menemukan minyak dan gas bumi. metode eksplorasi yang biasa digunakan untuk eksplorasi minyak dan gas bumi adalah metode seismik dan well logging, akan tetapi kedua metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing – masing dimana metode seismik memiliki resolusi yang baik secara lateral tetapi kurang baik secara vertical, sedangkan *well logging* memiliki resolusi yang baik secara vertical tetapi kurang baik secara lateral, diperlukan mengintegrasikan kedua metode tersebut untuk meningkatkan interpretasi bawah permukaan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengintegrasikan metode seismik dan *well logging* adalah analisis multiatribut, prinsip metode ini adalah mengekstraksi beberapa atribut dari data seismik yang kemudian disebarakan ke seluruh volume seismik.

2. Eksperimental

Data yang digunakan merupakan data Seismik *Post Stack Time Migration (PSTM)*, Data Log Sumur, dan Data Petrofisika. *Software* yang digunakan adalah *Hampson – Russel Suite (HRS)* dan *Petrel*. Pengolahan data terdiri dari beberapa tahap diantaranya adalah pemilihan atribut terbaik menggunakan *step wise regression*, pemilihan operator length, serta validation test.

Prinsip Analisis Multiatribut dilakukan dengan mengekstraksi beberapa atribut dari data seismik yang kemudian dikorelasikan dengan data log yang akan diprediksi kemudian di sebarikkan ke seluruh volume seismik, hubungan antara log property dan atribut seismik secara matematis dijelaskan oleh persamaan sebagai berikut :

$$P = W_0 + W_1A_1 + \dots + W_mA_m$$

P : log yang akan di prediksi

W_i : nilai bobot dari $m+1$, dimana $i = 0, \dots, m$

A_i : Atribut $1, \dots, m$

2.1 Step Wise Regression

Metode pemilihan atribut yang akan digunakan menggunakan metode *Step Wise Regression*, dimana pada metode ini dipilih satu atribut terbaik yang kemudian dipasangkan dengan atribut terbaik kedua, yang kemudian dicari pasangan atribut terbaik ketiga, dan seterusnya.

2.2 Operator length

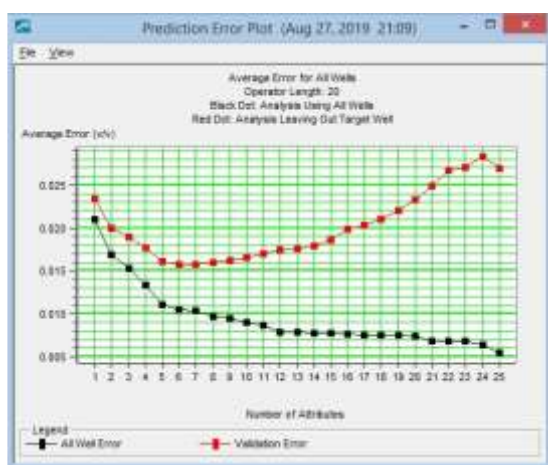
Dikarenakan data seismik dan data log memiliki frekuensi yang berbeda, maka digunakan atribut data seismik di sekitar data log untuk memprediksi satu data log.

2.3 Validation Test

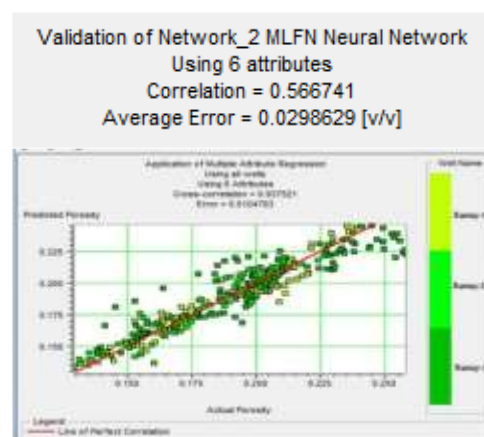
Validation Test digunakan untuk mengukur seberapa valid hasil pengolahan pada daerah sumur – sumur yang tidak diikuti pada pengolahan multiatribut. Semakin banyak atribut yang digunakan maka training error akan semakin kecil, yang berarti log buatan akan semakin sama dengan log inputan. Akan tetapi akan terjadi over training yaitu log buatan akan terlalu di cocokkan dengan log inputan sehingga hasilnya akan kurang valid pada sumur atau daerah lain yang tidak diikuti pengolahan.

3. Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan analisis multitatribut dari nilai error validation yang dapat dilihat pada Gambar 1 (a) Validation Error digunakan untuk mengukur seberapa valid hasil pengolahan pada daerah sumur – sumur yang tidak diikuti pada pengolahan multiatribut.



(a)



(b)

Gambar 1. Validation Error (a) Nilai Korelasi antara Log Prediksi dengan Log Asli dari Sumur (b)

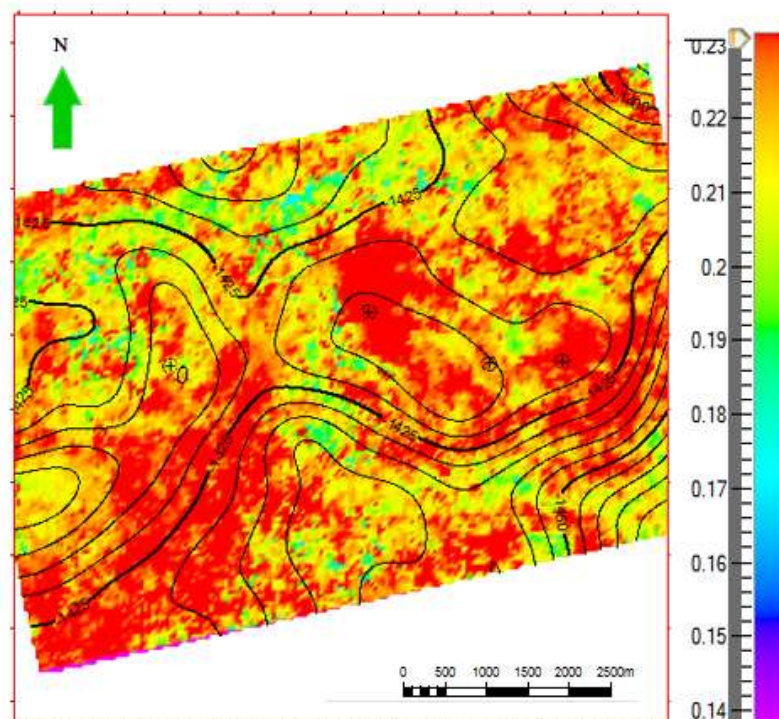
Semakin banyak atribut yang digunakan maka *training error* akan semakin kecil, yang berarti log buatan akan semakin sama dengan log inputan. Akan tetapi akan terjadi *over training* yaitu log buatan akan terlalu di cocokkan dengan log inputan sehingga hasilnya akan kurang valid pada sumur atau daerah lain yang tidak diikutkan pengolahan. (Ilkhchi, dkk.,2014)

Kemudian dapat dilihat pada Gambar 1 (b) didapatkan nilai korelasi antara nilai porositas pada sumur log asli dengan nilai sumur log porositas hasil analisis multiatribut, pada penelitian ini didapatkan korelasi sebesar 0.93 (93%), dan korelasi validasi hasil multiatribut pada sumur yang tidak diikutkan pengolahan sebesar 0.853785 selanjutnya setelah dilakukan proses mengekstraksi beberapa atribut dari data seismik yang dan telah dikorelasikan dengan data log yang akan di prediksi, kemudian di sebarakan ke seluruh volume seismik. Menurut Sarwono (2006) Nilai korelasi dibagi menjadi beberapa klasifikasi, data hasil penelitian ini termasuk ke dalam korelasi yang sangat tinggi dikarenakan memiliki nilai korelasi diatas 0,9 atau 93%.

Tabel 1. Perbandingan nilai porositas pada Log Asli dengan porositas hasil multiatribut

Well	Nilai Porositas (Well Logging)	Nilai Pseudo Porositas (Multiatribut)
Rumay-1	0.231	0.226
Rumay-2	0.24	0.2443
Rumay-3	0.238	0.240

Perbandingan nilai porositas Pada sumur Rumay-1 memiliki nilai porositas sebesar 0.231 pada log asli dan 0.226 pada prediksi porositas dengan multiatribut. Perbandingan nilai porositas Pada sumur Rumay-2 memiliki nilai porositas sebesar 0.24 pada log asli dan 0.2443 pada prediksi porositas dengan multiatribut . Perbandingan nilai porositas Pada sumur Rumay-3 memiliki nilai porositas sebesar 0.238 pada log asli dan 0.240 pada prediksi porositas dengan multiatribut. Dari distribusi data sesuai dengan distribusi data pada Tabel 1 yaitu korelasi nilai porositas multiatribut dan nilai porositas pada log asli yaitu semakin tinggi nilai porositas pada log asli semakin tinggi juga nilai pada porositas multiatribut, begitupun sebaliknya.



Gambar 2. Peta Pesebaran Nilai Porositas dari Multiatribut Pada Zona Reservoir Target (a)

Daerah Prospek Hidrokarbon merupakan daerah yang memiliki nilai porositas yang baik, berdasarkan Identifikasi dari Peta Pesebaran Nilai Porositas terlihat bahwa daerah prospek untuk sumur eksplorasi baru berada pada arah Baratdaya daerah penelitian yang ditunjukkan dengan daerah yang memiliki nilai porositas yang lebih tinggi dari daerah di sekitarnya yaitu lebih dari >22%

4. Kesimpulan

Data hasil penelitian ini termasuk ke dalam korelasi yang sangat tinggi dikarenakan memiliki nilai korelasi diatas 0,9 atau 93%. Dari distribusi data sesuai dengan distribusi data pada Tabel 1 yaitu korelasi nilai porositas multiatribut dan nilai porositas pada log asli yaitu semakin tinggi nilai porositas pada log asli semakin tinggi juga nilai pada porositas multiatribut, begitupun sebaliknya. Daerah Prospek Hidrokarbon merupakan daerah yang memiliki nilai porositas yang baik, Dari Peta Pesebaran Nilai Porositas terlihat bahwa daerah prospek untuk sumur eksplorasi baru berada pada arah Baratdaya daerah penelitian yang ditunjukkan dengan nilai porositas yang lebih tinggi dari daerah di sekitarnya yaitu >22%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak Terimakasih Kepada Teknik Geofisika Universitas Lampung, dan Kepada PT. Energi Mega Persada (EMP) Tbk. yang telah banyak membantu dan memberi masukan selama penulis melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

- Hampson, D., Schuelke, J. dan Qurein, J.,(2001). *Use of Multiattribute transfroms to Predict Log Properties From Seismic Data.*, Houston, Texas : Society of Exploration Geophysics.
- Iikhchi, R.K. Harami, R.M. Rezaee, R., Bidhendi, M.N. dan IIKhchi. A.K. (2014) Seismic Inversion and Attributes Analysis for Porosity Evaluation of The Tight Gas Sandstones of The Whicher Range Field in The Perth Basin, Western Australia, *Journal of Natural gas Science and Engineering*, 21, 1073-1983.
- Russel, B., Hampson, D., Schuelke, J., and Querin, J., (1997). Multi-atribute Seismic Analysis, *The Leading Edge*, 16
- Sarwono, J. (2006) *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*, Yogyakarta : Graha Ilmu

Analisis Kinerja Simbang Tak Bersinyal Jalan Suprpto - Jalan S. Parman Bandar Lampung

Aleksander Purba^{1*}, Dwi Herianto¹, Fica Rahma Pinggungan¹ dan Sasana Putra¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: aleksander.purba@eng.unila.ac.id

Abstrak. Penelitian ini mengevaluasi dan membandingkan kinerja persimpangan Jalan Jendral Suprpto-S. Parman dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM, KAJI dan teori antrian. KAJI menghasilkan kapasitas (C) 2735 smp/jam, derajat kejenuhan (DS) 1,12, tundaan simbang (D) 43,01 detik/smp dan peluang antrian (QP%) 60% - 122%. Analisis dengan program PTV VISSIM mendapatkan tundaan sebesar 3,35 detik/smp (Utara), 5,4 detik/smp (Barat), 68,29 detik/smp (Selatan), 33,89 detik/smp (Timur), sedangkan panjang antrian berturut-turut 31,68 m (Utara), 23,98 m (Timur), 190,3 m (Selatan) dan 31,13 m (Barat). Sedangkan hasil analisis Teori Antrian menunjukkan tundaan 49 detik/smp (Utara), 39,2 detik/smp (Barat), 72,8 detik/smp (Selatan) dan 124 detik/smp (Timur), sedangkan panjang antrian masing-masing sebesar 50 m (Utara), 63 m (Timur), 40 m (Selatan) dan 25 m (Barat). Uji kesamaan panjang antrian pada software VISSIM dan Teori antrian berdasarkan t hitung dan t tabel sesuai dengan batas Sig didapatkan nilai $0,602 < 2,447$, sedangkan untuk variabel tundaan pada software KAJI, VISSIM dan teori antrian didapatkan nilai $1,108 < 2,447$ atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan atas tiga macam luaran hasil analisis.

Kata kunci: analisis kinerja simbang, kaji, tak bersinyal, teori antrian, vissim

1. Pendahuluan

Persimpangan Jalan Jendral Suprpto dan Jalan S. Parman yang termasuk jenis simbang tidak bersinyal yang memiliki empat lengan. Kedua jalan tersebut termasuk tipe lingkungan jalan komersial dan langsung bersinggungan dengan intensitas tinggi antara pejalan kaki dan kendaraan, serta kawasan didominasi pertokoan, rumah makan dan perkantoran. Pergerakan terbanyak umumnya terjadi di pagi, siang dan sore hari di mana orang-orang melakukan aktivitas rutin menuju sekolah atau bekerja. Analisis simbang tak bersinyal umumnya dilakukan dengan satu jenis pendekatan tertentu dan masih jarang dengan dua atau tiga jenis analisis berbeda.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kapasitas jalan Indonesia (KAJI) dan PTV VISSIM, keduanya berbasis perangkat lunak yang telah lazim dilakukan. Hasil luaran keduanya kemudian dibandingkan dengan teori antrian. Untuk meyakinkan hasil luaran ketiga model, tim peneliti melakukan uji kesamaan antara KAJI yang mengacu pada ketentuan yang terdapat pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), PTV VISSIM 09 dan teori antrian pada bagian akhir analisis. Data masukan berupa volume lalu-lintas dan geometri persimpangan didapatkan melalui survei primer dan pengukuran di lapangan pada bulan April 2018.

2. Eksperimental

Menurut Heizer dan Render (2005) terdapat empat model antrian salah satunya adalah model sistem sederhana dan model tersebut yang akan digunakan dalam penelitian ini. Model sistem sederhana atau model antrian satu saluran satu tahap [M/M/1]. Pada model ini kedatangan dan keberangkatan mengikuti

distribusi Poisson dengan tingkat 1 dan μ , terdapat satu pelayanan, kapasitas pelayanan dan sumber kedatangan tak terbatas. Untuk menentukan ciri-ciri operasi, dapat dilakukan dengan mudah setelah diperoleh probabilitas n pengantri dalam sistem (P_n), dengan nilai $R/\mu < 1$

Ciri-ciri oprasi lain adalah :

1. Rata-rata banyaknya pengantri dalam sistem

$$L_s = \frac{R}{1-R} \quad (1)$$

2. Rata-rata banyaknya pengantri yang sedang antri

$$L_q = \frac{R^2}{1-R} \quad (2)$$

3. Rata-rata waktu menunggu dalam sistem

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (3)$$

4. Rata-rata waktu antri

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (4)$$

Dimana :

λ = Jumlah kendaraan yang datang dalam sistem persatuan waktu (laju kedatangan)

μ = Jumlah kendaraan yang pergi dalam satuan waktu (tingkat pelayanan)

2.1. Pemodelan transportasi

Permodelan dalam transportasi merupakan suatu bentuk peraga dari desain rancangan rekayasa lalu-lintas yang hendak diaplikasikan dalam ruas atau persimpangan jalan. Desain permodelan transportasi tersebut bisa dibuat dalam suatu aplikasi. Pemodelan dan simulasi sistem transportasi kini semakin diminati karena kemudahannya dalam proses pergantian berbagai skenario dengan tetap melihat potensi yang dapat diimplementasikan di lapangan. Terdapat banyak program untuk menjalankan simulasi sistem transportasi, antara lain program PTV VISSIM dan KAJI, kedua program dianggap dapat mensimulasikan menyerupai kondisi lalu-lintas di lapangan.

2.1.1 VISSIM

VISSIM adalah salah satu simulasi profesional yang dapat digunakan untuk pemodelan lalu-lintas. Dengan kelengkapan fitur yang disediakan, pembuatan simulasi menjadi lebih nyata dan mendekati kondisi yang sebenarnya. Melakukan simulasi secara detail dan akurat, VISSIM menciptakan kondisi terbaik untuk menguji skenario lalu-lintas yang berbeda sebelum di lapangan. Di dalam penelitian ini, VISSIM digunakan untuk memodelkan sebuah persimpangan jalan raya dengan kondisi lalu-lintas yang disesuaikan dengan kondisi yang sebenarnya. VISSIM bisa digunakan untuk membangun sebuah prototype pada simulasi jalan raya pada kondisi dan karakteristik kendaraan yang berbeda.

Karena dalam aplikasi vissim memuat detail suatu jaringan lalu lintas seperti desain persimpangan, perilaku pengemudi, pejalan kaki, dll yang saling berinteraksi. Program ini dapat menganalisis lalu lintas dan perpindahan dengan batasan pemodelan seperti geometrik jalur, komposisi kendaraan, sinyal lalu lintas, stop line, perilaku pengemudi dan lain-lain, sehingga menjadi suatu alat yang berguna untuk mengevaluasi berbagai alternatif berdasarkan rekayasa transportasi sebagai langkah-langkah pengambilan keputusan yang lebih efektif dan efisien dalam suatu kegiatan perencanaan termasuk simulasi dalam pengembangan model (User Manual VISSIM 5.0, 2007).

Simulasi diawali dengan melakukan input base data berupa tipe, kelas dan kategori kendaraan, perilaku berkendara, dilanjutkan dengan membuat jaringan jalan sesuai dengan kondisi asli di lapangan, lalu bisa dilakukan input jumlah arus lalu lintas beserta komposisi kendaraannya.

Terdapat beberapa langkah atau tahapan penting yang perlu dilakukan terlebih dahulu agar dapat melanjutkan proses pemodelan simulasi secara lengkap dan baik. Beberapa tahapan tersebut antara lain yaitu:

1. Input Background, masukkan gambar yang sudah diambil terlebih dahulu dari Google Earth.

2. Melakukan Network Setting
3. Membuat jaringan jalan, membuat links dan connectors sesuai dengan kondisi jalan yang ada.
4. Menentukan jenis kendaraan, sesuaikan jenis kendaraan yang di survei dengan kendaraan yang dimasukkan ke dalam software Vissim. Mengisi vehicle classes, mengklasifikasikan jenis kendaraan ke dalam kategori kendaraan.
5. Input volume arus lalu lintas keseluruhan
6. Menentukan rute asal dan tujuan perjalanan pada Static Vehicle Routing Decisions.
7. Pengolahan data, software Vissim dijalankan.

Setelah menginput parameter input maka akan dihasilkan parameter output seperti:

- a. Panjang antrian (queue)
- b. Tundaan (delay)
- c. Pemodelan simulasi simpang.

2.1.2 Kapasitas Jalan Indonesia

Perangkat lunak KAJI menerapkan metode perhitungan yang dikembangkan dalam MKJI. Tujuannya adalah menganalisis kapasitas dan perbedaan kinerja dari fasilitas lalu lintas jalan (misalnya: ruas jalan, simpang dll) pada geometri dan arus lalu-lintas yang ada dengan lebih mudah. Ada tujuh modul didalam perangkat lunak KAJI yaitu : simpang bersinyal, simpang tak bersinyal, bagian jalinan, bundaran, jalan perkotaan, jalan bebas hambatan, dan jalan luar kota. Dalam software KAJI terdapat formulir-formulir seperti yang terdapat di MKJI. Data masukkan pada software ini juga sama dengan MKJI.

1. Langkah pertama
 - a. Kondisi geometrik
 - b. Kondisi lalu-lintas
 - c. Kondisi lingkungan
2. Langkah kedua
 - a. Kapasitas
 - b. Derajat kejenuhan
 - c. Tundaan
 - d. Peluang antrian

3. Pembahasan

3.1. Perbandingan hasil analisis

Kondisi jalan yang dapat diamati di simpang Jl. Jend. Suprpto dan Jl. S. Parman antara lain adalah di persimpangan jalan utama yaitu Jl. Jend. Suprpto dan jalan minor yaitu Jl. S. Parman. Hasil pengamatan menunjukkan tidak terdapat pedagang kaki lima yang berpotensi menyebabkan kemacetan seperti pada umumnya. Namun di sekitar persimpangan terdapat pertokoan, warung makan serta beberapa sekolah. Aktivitas guna lahan mensimulasi volume kendaraan pada pagi hari, siang hari dan sore hari di kawasan penelitian. Kondisi geometri dan lingkungan jalan dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Geometri dan lingkungan jalan

Nama Jalan (Kode Pendekat)	Tipe Lingkungan	Median	Lebar Pendekat (m)
Jl. S. Parman (A) (Timur)	Komersial	Tidak	5,8
Jl. Jend. Suprpto (B) (Utara)	Komersial	Tidak	6,2
Jl. S. Parman (C) (Barat)	Komersial	Tidak	4,8
Jl. Jend. Suprpto (D) (Selatan)	Komersial	Tidak	6,8

Pengumpulan data dilaksanakan selama dua hari yaitu Senin mewakili hari kerja dan hari Minggu untuk hari libur. Interval atau selang waktu pencacahan jumlah kendaraan dilakukan dengan interval 15 menit selama dua jam pada pagi, siang dan sore hari. Penelitian ini dilakukan pada jam 06.00-18.00 WIB, dengan menggunakan rentang waktu jam-jam sibuk. Klasifikasi kendaraan terdiri dari kendaraan ringan atau light vehicle (LV), kendaraan berat atau heavy vehicle (HV), sepeda motor atau motorcycle (MC) dan kendaraan tidak bermotor atau unmotorized (UM) mengacu standar yang tertera pada simpang tak bersinyal MKJI (1997). Volume kendaraan selama satu jam tertinggi diperlihatkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Volume lalu-lintas pada persimpangan

Pendekat	Kendaraan Ringan			Kendaraan Berat			Sepeda Motor			Total
	LT	ST	RT	LT	ST	RT	LT	ST	RT	
A	0	0	0	0	0	0	152	530	150	832
B	20	252	96	0	0	0	26	138	50	582
C	44	292	104	0	0	0	68	124	32	664
D	244	196	60	0	0	0	344	238	148	1230
Jumlah	308	740	260	0	0	0	590	1030	380	3308

Hasil analisis menggunakan perangkat lunak dan perhitungan manual disajikan pada Tabel 3. Analisis yang dilakukan menggunakan dua jenis perangkat lunak dan perhitungan dengan teori antrian. Software KAJI dikembangkan di Indonesia dan VISSIM berasal dari Jerman. Software output yang dihasilkan adalah tundaan, panjang antrian dan peluang antrian. Sedangkan perhitungan manual didapatkan nilai panjang antrian dan tundaan. Selengkapnya tertera pada tabel berikut.

Tabel 3. Perbandingan hasil analisis

No	Analisis	Tundaan					Peluang Antrian (%)
		(det/smp)					
		Simpang	U	T	S	B	
1	KAJI	43,01	7,57	10,82	15,99	8,63	60% - 122%
2	VISSIM		3,35	33,89	68,29	5,4	-
3	TEORI ANTRIAN		49	124	200	95	-

No	Analisis	Panjang Antrian					Derajat Kejenuhan	Tingkat Pelayanan
		(m)						
		Simpang	U	T	S	B		
1	KAJI	-					1,21	C*
2	VISSIM		31,68	23,98	190,3	31,13	2	B**
3	TEORI ANTRIAN		40	63	50	25	-	-

*Peraturan Kementerian Perhubungan (KM 96 Tahun 2015)

**Highway Capacity Manual 2010

Dari hasil yang didapatkan, luaran yang dapat dilakukan perbandingan adalah tundaan dan panjang antrian. Parameter tundaan membandingkan antara dua luaran KAJI dan VISSIM serta perhitungan manual teori antrian. Sedangkan panjang antrian dilakukan perbandingan antara software VISSIM dan perhitungan teori antrian. KAJI menghasilkan tundaan simpang 43,01 detik/smp, atau setiap kendaraan (smp) mengalami tundaan sebesar 43,01 detik. Untuk membandingkannya dengan VISSIM maka tundaan yang dihasilkan KAJI harus dibagi ke setiap pendekat sesuai komposisi kendaraan yang keluar pada setiap

lengan, sehingga didapatkan nilai 10,82 detik/smp (Timur), 7,57 detik/smp (Utara), 8,63 detik/smp (Barat) dan 15,99 detik/smp (Selatan). Untuk VISSIM dan perhitungan teori antrian dihasilkan tundaan pada setiap pendekat, artinya tundaan ditinjau berdasarkan pendekat masing-masing, maka didapatkan tundaan pada keempat pendekat yaitu pendekat Utara, Selatan, Timur dan Barat. Tundaan terbesar terjadi di pendekat Selatan dengan nilai 68,29 detik/smp, sedangkan tundaan terkecil terjadi di pendekat Utara dengan nilai 3,35 detik/smp. Untuk hasil perhitungan manual menggunakan teori antrian, tundaan terbesar terjadi pada pendekat Selatan dengan nilai 200 detik/smp, sedangkan tundaan terkecil terjadi pada pendekat Utara dengan nilai 49 detik/smp. Bila dilihat dari hasil di atas maka dapat disimpulkan pendekat yang memiliki tundaan terbesar adalah pendekat Selatan dan tundaan terkecil terjadi di pendekat Utara.

3.2. Uji homogenitas

Dalam hal ini uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah variasi beberapa dari *output* memiliki variasi yang sama atau tidak. Homogenitas atau homogen adalah adanya kesamaan sifat, macam, atau hal lainnya pada suatu kelompok dan dalam kasus penelitian ini uji homogenitas dilakukan untuk meneliti apakah terdapat kesamaan variasi dalam hasil dari *software* dan teori yang digunakan. Untuk penelitian ini yang dilakukan uji homogenitas adalah nilai hasil perhitungan menggunakan *software* KAJI, VISSIM dan Teori Antrian.

Mengacu output *test of homogeneity of variances* diperoleh nilai signifikansi (Sig.) variabel panjang antrian pada *software* VISSIM dan Teori antrian adalah sebesar $0,057 > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa variasi data pada *software* VISSIM dan Teori Antrian adalah homogen. Hal yang sama dilakukan untuk menguji variabel tundaan yang dihasilkan perangkat lunak KAJI, VISSIM dan Teori antrian dan menghasilkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar $0,073 > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa variasi luaran nilai tundaan yang dihasilkan perangkat lunak KAJI, VISSIM dan Teori Antrian adalah homogen.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis kinerja simpang tak bersinyal menggunakan dua jenis perangkat lunak dan perhitungan manual. Tundaan dari hasil perhitungan menggunakan perangkat lunak KAJI adalah 43,01 detik/smp setelah dilakukan pembagian sesuai dengan komposisi kendaraan maka didapatkan 7,57 detik/smp (Utara), 8,63 detik/smp (Barat), 15,99 detik/smp (Selatan) dan 10,82 detik/smp (Timur). Perangkat lunak VISSIM menghasilkan tundaan untuk masing-masing setiap pendekat sebesar 3,35 detik/smp (Utara), 5,4 detik/smp (Barat), 68,29 detik/smp (Selatan), 33,89 detik/smp (Timur) dan hasil dari perhitungan manual mengalami tundaan yaitu 49 detik/smp (Utara), 39,2 detik/smp (Barat), 72,8 detik/smp (Selatan) 124 detik/smp (Timur). Uji statistik membuktikan luaran perangkat lunak KAJI dan VISSIM serta perhitungan manual Teori Antrian adalah homogeny.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fica Rahma Pinggungan yang telah memberikan kontribusi mulai pengumpulan dan pengolahan data sampai naskah hasil penelitian dapat disajikan dengan lengkap dan terstruktur.

Daftar Pustaka

- Abubakar, I. (1995) *Rekayasa dan Manajemen Lalu Lintas*, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Departemen Perhubungan, Jakarta.
- Abubakar, I. (1996) *Menuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang Tertib*, Edisi yang Disempurnakan, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Departemen Perhubungan, Jakarta.
- Amtoro, A. R. (2014) Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan (Studi Kasus Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan Jalan Wates Km. 5 Gamping, Sleman, Yogyakarta), *Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia*, Yogyakarta.

- Badan Pusat Statistik (2018) *Badan Statistik Kota Bandar Lampung*, <https://bandarlampungkota.bps.go.id/> diakses pada 16 Oktober 2017.
- Badan Pusat Statistik (2018) *Profil dan Kinerja Perhubungan Darat*, <https://www.bps.go.id/>, diakses pada 2 November 2017.
- Jay, H., Barry, L. (2005) *Operation Management*, 7th ed., Prentice Hall, New Jersey.
- Juniardi (2006) Analisis Arus Lalu Lintas di Simpang Tak Bersinal (Studi Kasus: Simpang Timoho dan Simpang Tunjung di Kota Yogyakarta), *Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*, Semarang.
- Khisty, C. J., Kent L. B. (2005) *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Lubis, R. I. (2016) Analisa Arus Jenuh dan Panjang Antrian pada Simpang Bersinyal dan Mikro Simulasi Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus :Simpang Hotel Danau Toba Internasional dan Simpang Karya Wisata di Kota Medan, *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera*, Medan.
- Menteri Perhubungan (2006) *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : KM 14 Tahun 2006 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan*, Departemen Perhubungan, Jakarta.
- Menteri Perhubungan (2015) *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*, Kementerian Perhubungan, Jakarta.
- Morlok, E.K. (1988) *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Munawar, A. (2004) *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan*, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.
- PTV VISSIM. (2007) *PTV VISSIM 05 User Manual*. PTV AG, Karlsruhe, Germany.
- PTV VISSIM. (2009) *PTV VISSIM 09 User Manual*. PTV AG, Karlsruhe, Germany.
- Sulistiyono, S. (2016) Perbandingan Kinerja Simpang Menggunakan PTV Vistro dan MKJI pada Kawasan Perkotaan Lumajang, *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember*, Jember.
- Transportation Research Board (2010) *Highway Capacity Manual (HCM)*. National Research Council, Washington D.C.
- _____, (1997) *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.

Kajian *townscape* pada revitalisasi kawasan lapangan Enggal sebagai pendukung *place attachment* di ruang terbuka publik

MM. Hizbullah Sesunan¹, M. Shubhi Yuda Wibawa², Nugroho Ifadianto³

^{1,2,3}Program Studi Arsitektur, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: mas.hizbullah@eng.unila.ac.id

Abstrak. Penelitian ini berfokus pada pengkajian prinsip-prinsip *townscape* sebagai pendukung terbentuknya *place attachment* (keterikatan tempat dengan manusia) pada ruang terbuka publik perkotaan. Obyek studi adalah kawasan lapangan Enggal (lapangan saburai, GOR Saburai dan Taman Gajah) di Bandar Lampung. Ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif, beberapa teori rancang kota digunakan untuk mengevaluasi kawasan, seperti *place making* dan *townscape*. Dari teori-teori tersebut, dirumuskan indikator untuk menganalisa kawasan agar mendukung terbentuknya sebuah keterikatan tempat. Hasil analisa ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk merumuskan rekomendasi pengembangan kawasan. Lebih lanjut, dapat digunakan untuk membuat konsep desain dan simulasi desain di penelitian mendatang. Dari penelitian ini diketahui bahwa prinsip-prinsip *townscape* telah terwujud pada kawasan lapangan Enggal, namun perlu peningkatan kualitas fisik yang dirangkum dalam rekomendasi pengembangan kawasan. Rekomendasi ini diharapkan dapat mendukung terwujudnya *place attachment* di kawasan tersebut, yang menjadi indikator keberhasilan sebuah ruang terbuka publik.

Kata kunci: *townscape*, *place making*, *place attachment*, makna tempat, ruang terbuka publik

1. Pendahuluan

Lapangan Saburai yang menjadi obyek penelitian, saat ini menjadi ruang terbuka publik dengan daya tarik berupa ruang komunal yang luas namun dengan fasilitas sosial yang minim, dekat dengan *icon* kota (bundaran Gajah), taman Gajah, dan GOR Saburai. Hal-hal tersebut merupakan daya tarik kawasan, yang tentunya harus diolah dengan baik. Sejak lama, banyak masyarakat yang sengaja datang kesini khusus untuk *nongkrong*, makan dan beraktifitas di ruang terbuka publik kota tersebut. Seringkali lapangan ini juga disewa oleh *event organiser* sebagai *venue* pameran, balapan, hingga konser musik. Hal ini membuat peranan lapangan Saburai memiliki potensi besar untuk dijadikan perluasan dari taman gajah sebagai etalase kota yang memberikan citra kota yang baik.

Dari penelitian sebelumnya, telah dipelajari bahwa keberhasilan sebuah ruang terbuka publik tidak lepas dari kualitas fisik dan hubungannya dengan manusia sebagai pengguna ruang tersebut. Salah satu konsep/teori yang mempelajari hubungan manusia-tempat kedalam satu kerangka pemikiran yang terpadu, adalah konsep terpadu “*place attachment*” atau keterikatan tempat, yang salah satunya dilontarkan oleh Altman dan Low (1992). Pada 2010, Scanell & Gifford merangkum hubungan dari manusia-proses psikologi-tempat dalam sebuah konsep terpadu yang mencakup aspek-aspek fisik dari tempat (*place*) itu sendiri, latar belakang manusia & prose psikologis yang terbentuk antar keduanya.



Gambar 1.1 Potensi aktifitas sosial pada lokasi penelitian, yang dapat menjadi perluasan ruang terbuka publik kota yang baik,
Sumber : Sesunan, 2019

Dengan mempelajari aspek-aspek keterikatan tempat tersebut, dapat diketahui beberapa nilai fisik perkotaan yang dapat mempengaruhi keberhasilan/kehidupan sebuah ruang terbuka publik kota. Gubahan fisik dapat menyumbangkan andil terhadap ramainya sebuah ruang publik dikunjungi masyarakat, selain aspek manusia itu sendiri. Salah satu seni mengolah fisik kota adalah teori *Townscape* (Cullen, 1971).

Terkait dengan obyek penelitian, dewasa ini minat masyarakat kota Bandar Lampung untuk mengunjungi lapangan Saburai tidak menunjukkan peningkatan, dan cenderung sepi pada hari-hari kerja. Hal ini terlihat kontras dengan taman Gajah yang selalu ramai dengan pengunjung setiap harinya. Oleh sebab itu, lapangan Saburai pun idealnya didesain dengan baik agar masyarakat dapat memiliki ruang terbuka publik yang lebih luas melengkapi keberadaan taman Gajah. kurangnya minat masyarakat lokal berkunjung ke kawasan lapangan Saburai ini, menjadi isu penelitian yang menarik untuk dikaji, dengan mengkaji prinsip-prinsip *Townscape* yang terwujud maupun yang tidak terwujud di dalam kawasan, yang dapat menjadi dasar untuk merumuskan konsep desain lapangan Saburai di masa mendatang. Dari kajian ini dapat diketahui elemen-elemen *place* dan *content* yang ada pada lapangan Saburai, guna merumuskan konsep desain yang baik bagi kawasan terpadu lapangan gamat-GOR Saburai-taman Gajah.

2. Metode Penelitian

Menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif, beberapa teori rancang kota digunakan untuk mengevaluasi kawasan, seperti *place making* dan *townscape*. Dari teori-teori tersebut, dirumuskan indikator untuk menganalisa kawasan agar mendukung terbentuknya sebuah keterikatan tempat. Hasil analisa ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk merumuskan rekomendasi pengembangan kawasan. Lebih lanjut, membuat konsep desain dan simulasi desain kawasan di penelitian mendatang.

3. Pembahasan

Evaluasi lapangan Saburai ini menekankan pada indikator *townscape* sebagai salah satu ciri keberhasilan/kualitas sebuah ruang terbuka publik. Bagian analisa ini terdiri dari 3 bagian utama sesuai dengan faktor pembentuk *Townscape* : *serial vision*, *place*, dan *content*.

3.1 *Serial vision*

lapangan Saburai hanya berupa lapangan kosong yang tidak diolah gubahan fisiknya, sehingga tidak menciptakan pengalaman *serial vision* yang bervariasi, sesuai dengan yang diharapkan oleh teori *townscape*. Faktor ini tidak terwujud di dalam kawasan.

3.2 *Place*

Analisa ini berfungsi untuk melihat suatu hubungan emosional yang terbentuk karena adanya aksi dan reaksi manusia dengan ruang, yang memunculkan rasa kepemilikan. Suatu ruangan yang dekat dengan pengguna tercermin pada elemen fisik yang bisa membangkitkan reaksi emosional dan psikologis bagi penggunanya, merasakan dan mengingatkan, ada ikatan identitas, dan memorial. Kepemilikan menimbulkan rasa memiliki dan rasa nyaman atas diri sendiri. Hal tersebut menjadikan suatu ruang adalah tempat bagi diri sendiri. Rasa kepemilikan bersumber pada faktor fisik ruang, serta faktor manusia berupa memori dan kenangan. Pada kawasan Lapangan Saburai, unsur *place* ini sudah banyak yang terwujud di dalam kawasan, antara lain: *Occupied Territory* (perlu peningkatan kualitas fisik), *enclaves* (perlu peningkatan kualitas fisik), *enclosure* (perlu peningkatan kualitas fisik), *focal point* (perlu peningkatan kualitas fisik), *change of level* (perlu peningkatan kualitas fisik), *pedestrian ways* (perlu peningkatan kualitas fisik dan penataan PKL), *continuity* (perlu peningkatan kualitas fisik), *linking and joining the floor* (perlu peningkatan kualitas fisik), *grandiose vista* (perlu peningkatan kualitas fisik), *precincts* (perlu peningkatan kualitas fisik). Dari keseluruhan prinsip yang terwujud ini, semuanya membutuhkan peningkatan kualitas fisik karena tidak terdesain dengan baik.



Gambar 4.2 *Occupied territory* yang terwujud di dalam Kawasan
Sumber: Sesunan, 2019

3.3 Content

Analisa *content* berguna untuk menilai elemen-elemen fisik yang membentuk karakter dan keunikan kawasan yang mampu menimbulkan terjadinya proses psikologis bagi pengunjung. Elemen-elemen yang terwujud adalah: *exposure* (cukup), *building as sculpture* (cukup), *taming with tact* (area taman Gajah sudah baik kulaitasnya, namun tidak dengan area GOR-lapangan Saburai). Dari keseluruhan prinsip yang terwujud ini, semuanya masih membutuhkan peningkatan kualitas fisik karena belum terintegrasi dengan dengan baik.

3.4 Rekomendasi Pengembangan

Dari hasil temuan penelitian diatas, maka terlihat beberapa aspek *townscape* di kawasan lapangan Saburai yang perlu ditingkatkan. Rekomendasi pengembangan dari aspek-aspek ini, diklasifikasikan sesuai dengan jenis-jenis komponen desain:

Tabel 1. Rekomendasi pengembangan kawasan
Sumber : Hasil Analisis

Komponen Desain	Faktor <i>TOWNSCAPE</i>		
	SERIAL VISION	PLACE	CONTENT
Tata guna lahan	Menyuntikkan fungsi komersial di sekitar taman gajah, terutama pada lantai-lantai dasar bangunan agar tercipta fungsi <i>mixed use</i> yang vertikal, tidak sekedar horizontal	Menyuntikkan fungsi komersial di sekitar taman gajah, terutama pada lantai-lantai dasar bangunan agar tercipta fungsi <i>mixed use</i> yang vertikal, tidak sekedar horizontal Menyuntikkan lebih banyak fungsi dan bagi kalangan menengah keatas, agar pengunjung didalam kawasan taman gajah semakin variatif	
Tampilan massa bangunan	Facade yang unik variatif memberikan rangkaian pengalaman ruang yang menarik dan meberikan karakter tempat, namun tetap dijaga keselarasan antar bangunan, agar tetap harmonis pengalaman ruang yang dihasilkan	Meningkatkan kualitas <i>edge</i> dan <i>enclosure</i> , melalui pengolahan muka bangunan disekitar taman, agar berfungsi dengan lebih baik sebagai pendefinisi ruang terbuka	Terwujudnya <i>juxtaposition</i> pada satu area dapat meningkatkan keunikan <i>content</i> kawasan Mengkonservasi bangunan <i>heritage</i> dan tradisional yang dapat memberikan nilai bagi arsitektur lokal maupun peninggalan bersejarah

Komponen Desain	Faktor <i>TOWNSCAPE</i>		
	SERIAL VISION	PLACE	CONTENT
Sirkulasi dan parkir	Memberikan beragam karakter pada sekitar kawasan agar tercipta <i>ambience</i> yang berbeda pada jalur sirkulasi secara berurutan	Mempromosikan penggunaan angkutan alternatif seperti kendaraan umum dan sepeda, dengan cara meningkatkan kenyamanan penggunaan angkutan umum, dan memberikan fasilitas bagi penggunaan sepeda: pengadaan jalur sepeda disekitar kawasan yang terintegrasi dengan jalur sirkulasi kota, sepeda gratis disekitar kawasan, dan tempat parkir khusus sepeda Membuatkan ruang parkir kendaraan bermotor agar tidak parkir di bahu jalan, sehingga menghambat terbentuknya ruang positif kota yang seharusnya terwujud pada ruang terbuka publik Mengolah taman pasif yang sudah ada agar memiliki fungsi sosial dan dapat lebih menghidupkan suasana kawasan	
Sirkulasi perjalan kaki	Memberikan beragam karakter pada sekitar kawasan agar tercipta <i>ambience</i> yang berbeda pada jalur sirkulasi secara berurutan	Menghadirkan jalur pejalan kaki yang menerus dan tidak terputus di dekitar kawasan lapangan Enggal, yang terintegrasi dengan titik transit	

Komponen Desain	Faktor <i>TOWNSCAPE</i>		
	SERIAL VISION	PLACE	CONTENT
		Meningkatkan kualitas jalur pejalan kaki, terutama agar tidak tercampur dengan sirkulasi kendaraan, dengan memberikan batasan yang jelas Membuat <i>skywalk</i> yang dapat menghubungkan lapangan Saburai, GOR saburai, taman gajah dan bangunan publik disekitarnya sehingga memberikan pengalaman pejalan kaki yang <i>seamless</i> dan tidak terputus walau harus melintasi antar blok kota	
Ruang terbuka	Membuat konsep ruang terbuka publik yang dapat memainkan emosi karena runutan cerita Merancang topografi yang unik dengan memanfaatkan keunikan topografi asli site, maupun ketinggian bangunan	Merancang ruang terbuka publik kota yang baik, unik, dan memiliki fungsi sosial yang tinggi, sehingga dapat mewadahi beragam aktivitas masyarakat kota. Menyuntikkan lebih banyak fasilitas dan aktivitas bagi kalangan menengah keatas, agar pengguna lapangan semakin variatif Menghilangkan pagar fisik pada sekeliling lapangan gamat	Meningkatkan jumlah vegetasi peneduh di dalam lapangan Saburai

4. Kesimpulan

Dilihat dari banyaknya indikator-indikator *Place* dan *Content* dari *Townscape* yang sudah terwujud di dalam kawasan, maka dapat disimpulkan bahwa: Ya, indikator *townscape* sudah cukup terpenuhi pada

kawasan lapangan Saburai, dengan catatan perlu peningkatan kualitas fisik. Namun beberapa indikator masih belum terpenuhi, oleh sebab itu perlu direncanakan berbagai fasilitas dan fungsi/aktivitas. Dari hasil temuan penelitian diatas, ada indikator *place* yang tidak terpenuhi yaitu *silhouette*, dan indikator *content* yang tidak terpenuhi adalah *immediacy* dan *juxtaposition*. Hal ini cenderung disebabkan lingkungan di dalam dan sekitar tapak penelitian yang bersifat homogen.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian makalah. Ucapan terima kasih juga kepada Hibah Penelitian BLU Universitas Lampung yang berkontribusi dalam mendanai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Carmona, M. T. Heath, T. Oc, S. Tiesdell, (2003). *Public Spaces – Urban Spaces: the Dimensions of Urban Design*. Great Britain: Architectural Press.
- Carr, Stephen, et al, (1992). *Public Space*. United States of America: Cambridge University Press.
- Cullen, Gordon, (1971), *The Concise Townscape*, The Architectural Press, London.
- Lynch, Kevin, (1992), *Good City Form*. Massachusett, The MIT Press
- Sesunan, MM. Hizbullah (2018), *Evaluasi perwujudan place attachment pada revitalisasi ruang terbuka publik kota Bandar Lampung*. Program Studi Arsitektur Universitas Lampung, Indonesia.
- Shirvani, H. (1985). *The Urban Design Process*. New York : Van Nostrand Reinhold Company.
- Sudradjat, Iwan. (2012), “Conceptualizing A Framework For Research On Place In Indonesia”, *Proceedings of International Seminar on Place Making and Identity 2012*, Department Of Architecture, Universitas Pembangunan Jaya, Indonesia.
- Tuan, Yi-Fi (1977). *Space and Place. The Perspective of Experience*. Minnesota: the University of Minnesota press.

Model Matematis Kualitas Udara Ambien di Pelabuhan (Studi Kasus Pelabuhan Bakauheni Provinsi Lampung)

Siti Anugrah M.P.O¹, Chatarina Niken DWSBU¹, Dwi Herianto¹, Prima Sandy Yonanda¹

¹ Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: siti.ofrial@eng.unila.ac.id

Abstrak. Tol Trans Sumatera Seksi 1 yaitu Ruas Bakauheni – Sidomulyo adalah gerbang tol terdekat dari Pelabuhan Bakauheni memiliki panjang jalan 38 km merupakan salah satu penyumbang emisi CO yang cukup besar diprovinsi lampung. CO adalah salah satu parameter pencemar udara yang memiliki prosentase pencemaran tertinggi yang dihasilkan dari kegiatan transportasi di Provinsi Lampung. Fokus dari penelitian ini adalah mengidentifikasi jarak aman pemukiman agar terhindar dari emisi CO dengan membandingkan antara model matematis kualitas udara ambien yang dikembangkan oleh Tuner dengan pengamatan langsung dilapangan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah didapat hasil bahwa faktor emisi untuk kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 25,2 g/kg dan solar sebesar 7,7 g/kg. Kemudian didapat jarak minimum aman pemukiman dari emisi CO yang didapat berdasarkan hasil perhitungan dari analisis lapangan kendaraan berbahan bakar bensin 92,76 meter dan kendaraan berbahan bakar solar sebesar 86,46 meter.

Kata kunci: CO, ambien, Bensin, Solar, Jarak minimum

1. Pendahuluan

Sektor transportasi merupakan salah satu sektor yang memberikan dampak yang cukup besar terhadap lingkungan, terutama akibat penggunaan bahan bakar fosil yang menjadi penyebab utama terjadinya pencemaran udara terutama di daerah perkotaan. Pencemaran udara akibat gas buang lalu lintas dipengaruhi oleh volume lalu lintas, proporsi kendaraan berat, kecepatan, dan jarak antara sumbu jalan dengan titik yang di tinjau.

Akibat pencemaran udara dapat menimbulkan dampak bagi kesehatan, ekosistem maupun perubahan iklim. Gangguan kesehatan sebagai akibat pencemaran udara terjadi pada saluran pernafasan dan organ penglihatan. Secara visual pencemaran udara terlihat dari asap kendaraan bermotor (Abner, 2009). Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997 indeks standar pencemar udara yang baik adalah rentan 0-50 yang artinya tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan, ataupun estetika.

Fokus kepada salah satu emisi yang di hasilkan oleh kendaraan bermotor yaitu CO, CO adalah salah satu parameter pencemar udara yang memiliki prosentase pencemaran tertinggi yang dihasilkan dari kegiatan transportasi di Provinsi Lampung.

Provinsi Lampung sebagai gerbang utama penghubung pulau Sumatera dan Jawa memiliki peranan dalam mendukung lajunya perekonomian, sosial, budaya, kesatuan dan persatuan masyarakat dalam berinteraksi, sangat pasti tingkat mobilitas kegiatan transportasi akan bertambah, maka dipilih Pelabuhan Bakauheni untuk mengetahui dampak lingkungan yang ditimbulkan dari polutan Karbon Monoksida (CO) sektor transportasi.

Penelitian ini berdasarkan besarnya prosentase kontribusi CO pada ambien yang dihasilkan dari kegiatan transportasi pada Pelabuhan Bakauheni, mengidentifikasi perlunya memahami dampak polusi kendaraan terhadap lingkungan, dalam rangka mengurangi kebutuhan bahan bakar kendaraan, dan emisi yang

dikeluarkan. (Mathew, 2012). Penelitian ini juga sangat penting dilakukan sebagai salah satu pertimbangan pengambil kebijakan dan pengguna jalan sehubungan dengan meningkatnya kepemilikan kendaraan dan dampak yang ditimbulkan terkait emisi gas buang kendaraan serta sebagai bentuk edukasi tentang jarak aman antara pemukiman dengan jalan tol agar terhindar dari emisi CO yang ada.

2. Eksperimental

2.1 Indeks Standar Pencemaran Udara

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 tahun 1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara, Pemerintah menetapkan Indeks Standar Pencemar Udara yang merupakan angka yang tidak mempunyai satuan untuk menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia.

Tabel 1. Indeks Standar Pencemar Udara

Kategori	Rentang (%)	Penjelasan
Baik	0 – 50	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan, ataupun estetika.
Sedang	51 – 100	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia atau hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika.
Tidak Sehat	101 – 199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
Sangat Tidak Sehat	200 – 299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
Berbahaya	300 - lebih	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

Sumber : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997

2.2 Baku Mutu Udara

Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan atau komponen yang ada/atau seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Baku mutu emisi sumber tidak bergerak adalah batas kadar maksimum dan/atau beban emisi maksimum yang diperbolehkan masuk atau dimasukkan kedalam udara ambien.

Tabel 2. Faktor Emisi (FE) Gas Buang Kendaraan untuk Kota Metropolitan dan Kota Besar di Indonesia yang Ditetapkan Berdasarkan Kategori Kendaraan

Kategori Kendaraan	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	CO ₂ (g/km)	SO ₂ (g/km)
Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil Pribadi (Bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
Mobil Pribadi (Solar)	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44
Bus	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Angkot	43,1	5,08	2,1	0,006	3180	0,029
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup, 2010

2.4 Metodologi Penelitian

2.4.1 Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi dari studi-studi terdahulu dan memberikan pengayaan wawasan dalam pelaksanaan penelitian. Studi literatur dilakukan dengan melakukan pencarian terhadap berbagai sumber tertulis, baik berupa buku-buku, arsip, majalah, artikel, dan jurnal, atau dokumen-dokumen yang relevan dengan permasalahan yang dikaji.

2.4.2 Studi Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh kegiatan transportasi dan beban emisi terhadap konsentrasi CO di udara ambien ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yakni untuk melihat hubungan antara beban emisi kendaraan bermotor terhadap konsentrasi CO, pengaruh jumlah kendaraan bermotor terhadap konsentrasi CO dan pengaruh antara Jenis bahan bakar kendaraan terhadap konsentrasi CO. Untuk pengambilan data primer menggunakan metode purposive sampling dengan mempertimbangkan kriteria kualitas udara, jumlah kendaraan tertinggi, dan arah angin. Data-data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis dengan analisis deskriptif, statistik dan komparatif.

2.4.3 Lokasi dan Waktu

Lokasi penelitian ini berada pada Pelabuhan Bahauheni Provinsi Lampung. Pengambilan Lokasi adalah pada pintu masuk Tol Trans Sumatera Seksi 1, Pada Seksi 1 tersebut yaitu Ruas Bakauheni – Sidomulyo adalah gerbang tol terdekat dari Pelabuhan Bakauheni memiliki panjang jalan 38 Km kemudian diambil segmen terdekat yaitu 200 meter.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Penelitian dilakukan selama 1 hari, pada pagi hari, siang hari, sore hari. Dilakukan pengambilan sampel sebanyak 3 (tiga) data pengukuran setiap harinya, yaitu Posisi alat untuk pengambilan sampel karbon monoksida (CO).

Tabel 4. Jadwal Kegiatan Pengambilan Sampling

No.	Lokasi	Waktu	Variabel yang Diukur
1.	GT Bakauheni	07:00 – 08:00 WIB 12:00 – 13:00 WIB 15:30 – 16:30 WIB	-Konsentrasi CO -Jumlah Kendaraan Bermotor -Arah dan Kecepatan Angin, Suhu dan Kelembaban

2.4.4 Alat dan Bahan Penelitian

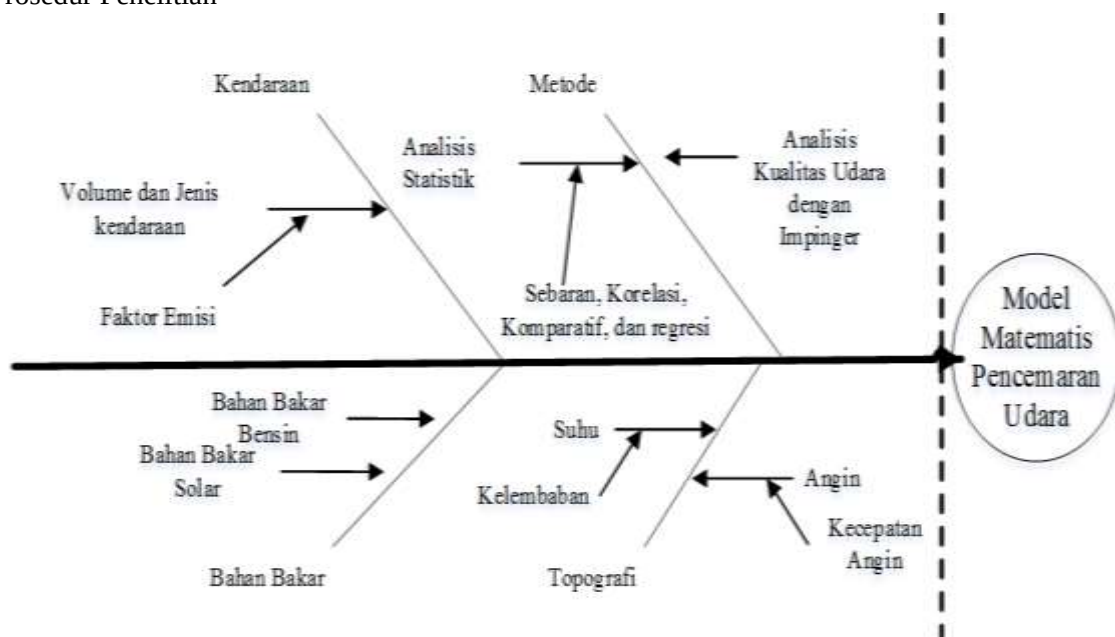
Adapun alat yang digunakan dalam penelitian kualitas udara yaitu :

1. CO Meter
2. Anemometer digital Lutron ABH-4224
3. Thermohygrometer
4. GPS map
7. Kompas
9. Air Flow meter

2.4.5 Metode Pengukuran Data

1. Data Primer
 - a. Data hasil konsentrasi gas CO di titik pengukuran.
 - b. Data kecepatan angin di titik pengukuran.
 - c. Data kelembaban di titik pengukuran.
 - d. Data suhu di titik pengukuran.
 - e. Data jumlah kendaraan bermotor dan jenis bahan bakar pada saat melakukan sampling udara ambien.
2. Data Sekunder
 - a. Data faktor meteorologi (suhu, arah dan kecepatan angin, kelembaban)
 - b. Data kualitas udara
 - c. Data pertumbuhan kendaraan provinsi Lampung
3. Pengukuran Jumlah Kendaraan dan Jenis Bahan Bakar Kendaraan
4. Pengukuran Konsentrasi CO
5. Perhitungan Beban Emisi
6. Pengukuran Faktor Meteorologi

2.4.6 Prosedur Penelitian



Gambar 2. Prosedur Penelitian

3. Pembahasan

3.1 Beban Emisi

Dari faktor emisi tersebut maka dapat dihitung beban emisi dengan menggunakan rumus umum seperti berikut (Kementrian Lingkungan Hidup, 2010)

$$\text{Beban emisi} = \text{Jumlah kendaraan (Kend/jam)} \times \text{Faktor emisi} \times \text{panjang jalan} = (\text{g/jam})$$

Ditinjau dari hasil survey yang telah dilakukan maka perhitungan beban emisi memiliki beberapa hasil seperti pada table dibawah ini.

Tabel 6. Perhitungan beban emisi

Pintu masuk		Jumlah kendaraan (kend/jam)	Faktor emisi(FE) (g/km/kend)	Panjang jalan (Km)	Beban emisi (g/jam)
Bensin	Pagi	73	40	200	584000
	Siang	50	40	200	400000
	sore	88	40	200	704000
Solar	Pagi	27	11	200	59400
	Siang	33	11	200	72600
	sore	63	11	200	138600
Pintu keluar					
Bensin	Pagi	48	40	200	384000
	Siang	125	40	200	1000000
	sore	51	40	200	408000
Solar	Pagi	48	11	200	105600
	Siang	42	11	200	92400
	sore	46	11	200	101200

3.2 Kualifikasi Elemen Pemodelan

Kualifikasi elemen Pemodelan polutan CO dalam laporan penelitian ini menggunakan rumus Model Matematis yang dikembangkan Tuner (Wijaya, 2011). Berdasarkan dari data hasil survey yang telah dilakukan jumlah kendaraan yang menghasilkan CO, maka dihitung sebagai tingkat emisi CO untuk keseluruhan kendaraan. Tingkat emisi CO dihitung per satu kendaraan ditinjau dari volume lalu lintas. Konsentrasi total emisi CO dari kendaraan dinyatakan dalam persamaan (1) yang dikembangkan oleh Tuner (1995) sebagai berikut:

Tabel 7. Perhitungan besar kapasitas jalan

$RC = \left(\frac{(WLp)/V_t}{C_n} \right)$	KapasitasJalan (RC)	
	Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	Kendaraan Berbahan Bakar Solar
Pintu Masuk Pelabuhan Bakauheni	0.7853	0.3293
Pintu Keluar Pelabuhan Bakauheni	0.7254	0.3034
Rata-Rata	0.7254	0.3163

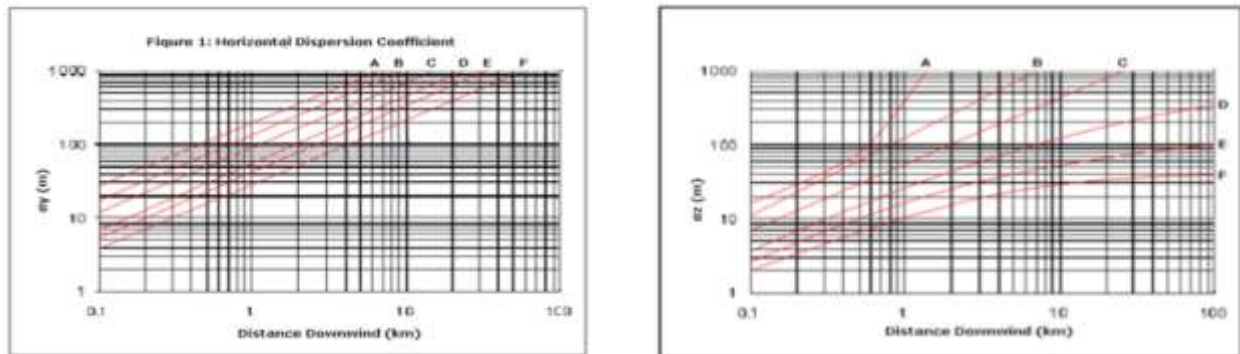
Tabel 8. Perhitungan besar jumlah emisi CO dari laju kendaraan

$Q = (RC).q_c$	Jumlah Emisi CO dari Laju Kendaraan
Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	74.5936 ppm
Kendaraan Berbahan Bakar Solar	56.3071ppm

Dilihat dari hasil yang telah didapat melalui perhitungan persamaan (2) dan (3) dapat disimpulkan bahwa kendaraan berbahan bakar bensin memiliki jumlah emisi CO lebih besar yaitu 74,5936 ppm sedangkan jumlah emisi CO kendaraan berbahan bakar solar hanya memiliki nilai sebesar 56,3071 ppm.

3.2 Dispersi Horisontal Dan Vertikal (Σy Dan Σz)

Untuk mengetahui dispersi horisontal dan dispersi vertikal maka dapat ditentukan dengan melihat grafik *Horizontal Dispersion Coefficient* berikut



Gambar 3. Horizontal Dispersion dan Vertikal Dispersion Coefficient (σ_z)

Sehingga didapat persamaan (6), (7) dan (8) sebagai berikut :

$$\sigma_y(\sigma_z)^3 = \left[\frac{19,3 \cdot Q \cdot \Delta h^2}{U} \right] \dots \dots \quad (6)$$

$$F(D_{\min}) = \sigma_y(\sigma_z)^3 \dots \dots \quad (7)$$

$$F(D_{\min}) = \left[\frac{19,3 \cdot Q \cdot \Delta h^2}{U} \right] \dots \dots \quad (8)$$

Contoh, misal terjadi sesuatu pada kondisi A, grafik (1) digunakan untuk mengembangkan $F(D_{\min})$. pengembangan persamaan sebagai berikut untuk grafik 1. (Crowl dan Louvar, 2002)

$$\sigma_y = 0,24 D (1 + 0,0001 D)^{-1/2} \dots \dots \quad (9)$$

$$\sigma_z = 0,32 D (1 + 0,0004 D)^{1/2} \dots \dots \quad (10)$$

Nilai-nilai numerik dari 0,0004 $D_{\min}$ dan 0,0001 $D_{\min}$ yang diberikan pada persamaan (9) dan (10) sangat kecil, mereka dapat dihilangkan dan persamaan;

$$\sigma_y = 0,32 (D_{\min}) \dots \dots \quad (11)$$

$$\sigma_z = 0,24 (D_{\min}) \dots \dots \quad (12)$$

berdasarkan persamaan (7), maka didapat

$$F(D_{\min}) = 0,32 (D_{\min}) \cdot [0,24 (D_{\min})]^3 \dots \dots \quad (13)$$

$$F(D_{\min}) = 4,42 \times 10^{-3} (D_{\min})^4 \dots \dots \quad (14)$$

$$\left[\frac{19,3 \cdot \Delta h^2 \cdot Q}{U} \right] = 4,42 \times 10^{-3} (D_{\min})^4 \dots \dots \quad (15)$$

$$D_{\min} = 8,13 \cdot \Delta h^{1/2} \left(\frac{Q}{U} \right)^{1/4} \dots \dots \quad (16)$$

Sehingga didapat model umum yang ditulis sebagai berikut :

$$D_{\min} = k \frac{\Delta h^{1/2} \cdot Q^{1/4}}{U^{1/4}} \dots \dots \dots . \quad (17)$$

Tabel 9. Perhitungan Dmin

Klasifikasi	Dmin (meter)
Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	92,76
Kendaraan Berbahan Bakar Solar	86,46

Tabel 10. Perhitungan Nilai Konstan

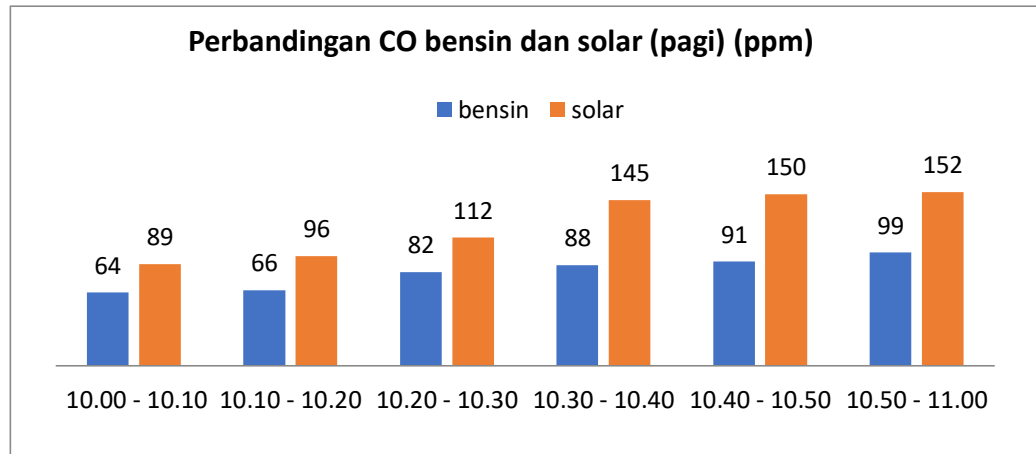
Klasifikasi	Nilai Konstan
Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	8,13
Kendaraan Berbahan Bakar Solar	8,13

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang telah didapat, bisa dilihat bahwa nilai Dmin untuk kendaraan berbahan bakar bensin memiliki nilai lebih besar yaitu 92,76 m, sedangkan untuk kendaraan berbahan bakar solar hanya sebesar 86,46 m. untuk hasil dari perhitungan konstan kendaraan berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 8,13.

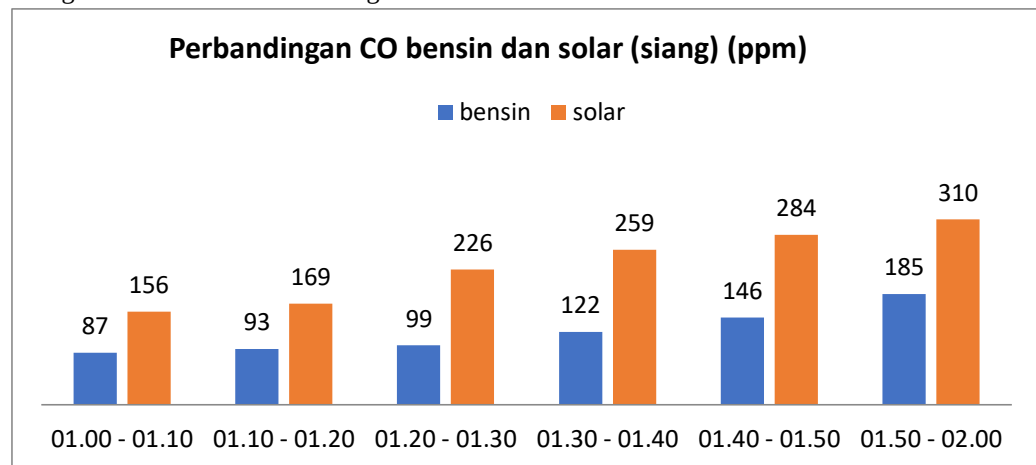
3.3 Grafik Hasil Data Kadar Co

Tabel 10. Survei Kadar CO Kendaraan

Waktu	Bensin (ppm)	Solar (ppm)
10.00 - 10.10	88	89
10.10 - 10.20	64	96
10.20 - 10.30	82	145
10.30 - 10.40	66	152
10.40 - 10.50	91	150
10.50 - 11.00	99	112
01.00 - 01.10	99	156
01.10 - 01.20	87	226
01.20 - 01.30	122	169
01.30 - 01.40	185	284
01.40 - 01.50	146	259
01.50 - 02.00	93	310



Gambar 4. Perbandingan CO Bensin dan Solar Pagi



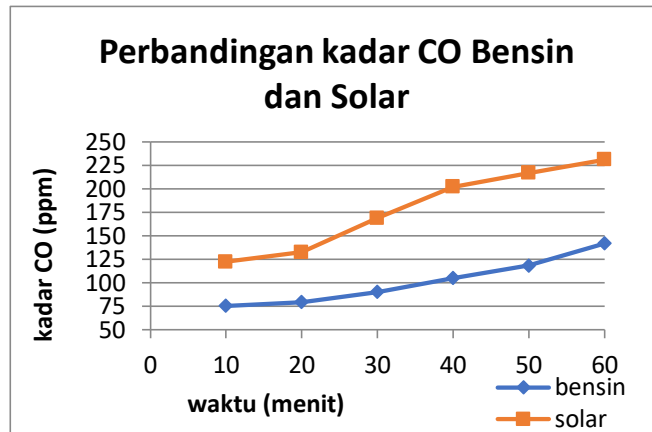
Gambar 5. Perbandingan CO Bensin dan Solar Siang

Untuk menghasilkan grafik perbandingan kadar karbon monoksida (CO) pada bensin dan solar dalam satu hari diambil nilai rata-rata kadar CO diwaktu pagi dan siang hari, maka didapat data dalam tabel berikut:

Tabel 11. Rata-rata kadar CO dalam satu hari

waktu (menit)	bensin (ppm)	solar (ppm)
10	75,5	123
20	79,5	133
30	90,5	169
40	105	202
50	118,5	217
60	142	231

Berdasarkan tabel diatas maka grafik yang didapat adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Perbandingan kadar CO bensin dan solar

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis telah didapatkan nilai dari faktor emisi untuk kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 25,2 g/kg dan untuk kendaraan berbahan bakar solar sebesar 7,7 g/kg. Kemudian didapat jarak minimum yang didapat berdasarkan hasil perhitungan dari analisis lapangan kendaraan berbahan bakar bensin 92,76 meter dan kendaraan berbahan bakar solar sebesar 86,46 meter, sehingga menjadi jarak aman pembangunan pemukiman agar kualitas hidup masyarakat dapat berlangsung dengan baik, yaitu kesehatan masyarakat dapat terjaga dan terhindar dari paparan pencemaran udara, khususnya CO dapat diambil dari jarak yang terbesar yaitu 92,76 meter dari letak sumber pencemar yaitu gerbang tol Bakauheni Lampung Selatan. Grafik perbandingan kadar CO antara bensin dan solar menunjukkan bahwa kadar karbon monoksida pada kendaraan berbahan bakar bensin lebih besar dari solar. Berdasarkan Standar Kesehatan Emisi Gas Buang karbon monoksida yang bersumber dari kendaraan bermotor dan proses industri bernilai 9 ppm, maka untuk rata-rata kadar CO yang hampir mencapai 120 ppm dinilai berbahaya dimana tingkat kualitas udara yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih yang dalam kepada Bapak Akmad Rizal selaku Kepala Bidang (Kabid) Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Lampung.

Daftar Pustaka

- Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup (1997), *Indeks Standar Pencemar Udara*, No.45, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2006), *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*, No 05, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2010), *Faktor Emisi Indonesia Berdasarkan Jenis Kendaraan*, No. 12, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2012), *Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori L3*, No.10, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.

- Kementerian Perhubungan (2006), *Kategori Indeks Tingkat Pelayanan Jalan*, No. 14, Dinas Perhubungan, Jakarta.
- Kementerian Perhubungan (2006), *Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan*, No.14, Dinas Perhubungan, Jakarta
- Mathew, Dr. Tom V (2012), IIT Bombay, India
- Morlok, (1991), *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Erlangga, Jakarta.
- Ofrial, (2016), *Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Pada Simpang Bersinyal Terhadap Emisi Polutan Karbon Monoksida (CO) Sektor Transportasi (Studi Kasus simpang JL. Dr. Ir. Soekarno – MERR dan Jl. Semolowaru, Surabaya)*, Surabaya
- Pemerintah Republik Indonesia (1999), *Pengendalian Pencemaran Udara*, No. 49, Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Pradiphet, Padet (2009), *Air Pollution Prevention Applications for the Transport Sector by Integrating Urban Area Transport and Vehicle Emission Models with the Case Study of Bangkok, Thailand*, Chulalongkorn University, Thailand
- Soedomo, 2001, M. *Pencemaran Udara*. Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Tarigan, Abner, 2009, *Estimasi Emisi Kendaraan Bermotor di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan*. Universitas Sumatera Utara (Medan).
- Wardhana, Wisnu Arya, 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Edisi Revisi Andi, Yogyakarta.

Descriptive Study: Indonesian Parental Point of View Regarding The Concept of Cyberbullying and The Appropriate Punishment for Perpetrator

Ainun Jaryah Bahrir¹, Ignatius Nalarkusumamurti Sutirto²

^{1,2} *Departement of Forensic Science, Postgraduate School, Universitas Airlangga*

E-mail korespondensi: ainun.jaryah-2017@pasca.unair.ac.id

Abstract. *In 2019, penetration of internet users has reached 171.18 million from a total of 264.16 million Indonesians (64,8%), an increase of 27.91 million users compared to 2018 data. The age of the internet users in Indonesia ranged from 5 years old to 65 years old and over; 49% of them have experienced cyberbullying. Cyberbullying is the usage of information and communication technology which is repeated intentionally, with a hostile attitude to harass and endanger other user(s). The purpose of this study was to describe the understanding of Indonesian parents regarding the concept of cyberbullying and punishment(s) given to perpetrator(s); the objective criteria of the present study were parents who at least had children with a minimum age range of 13 years and above. The subjects in this study were obtained through purposive sampling, with the total of 32 parents involved in this study were described through Cyberbullying – Survey Questions C.S Mott Children’s Hospital University of Michigan Health System. The result shows that a majority of parents had an understanding what is cyberbullying and know the appropriate punishment(s). Further results and discussions can be seen inside this paper.*

Keyword: *Cyberbullying, Mental & Emotional Health, Internet safety, Parents in Indonesia*

1. Introduction

Indonesia Internet service Provider Association (APJII) stated that the number of internet users has reached 171.18 million from a total of 264.16 million Indonesians (64,8%) in 2019, an increase of 27.91 million compared to 2018 data. The age of the internet users in Indonesia ranged from 5 years old to 65 years old and over; 49% of them have experienced cyberbullying (APJII, 2018). Cyberbullying is the usage of information and communication technology which is repeated intentionally, with a hostile attitude to harass and endanger other users. Information and communication technology includes the use of text messages via mobile, social media and e-mail (Alim, 2016).

There is “indirect” and “direct” cyberbullying. “Indirect” cyberbullying, is where the perpetrator enlists the help of others to abuse the victim. Includes the dissemination of material about the victim online for the purposes of defamation. “Direct” cyberbullying occurs privately, for example when the perpetrator messages the victim directly via private message, such as short message service (SMS) message or email (Safaria, 2016).

Some of the general methods of cyberbullying (Hidajat, Adam, Danaparamita, & Suhendrik, 2015) are not limited to:

1. Text Message(s), Forms of messages collected, attacked and continuously.
2. Images or videos using a mobile phone camera, Pictures taken to make victims feel threatened and embarrassed and random physical attacks taken and spread.
3. Mobile Phone Calls, Attack victims by phoning them continuously and sending messages that insult, or steal other people's phones and harm others, which causes victims to be responsible for the phone calls.

4. Chat Room(s), Forums can be easily used to attack and threaten someone.
5. Instant Messaging (IM), Message that is posted will be in the cyber land, the message is out of reach and can involve a group of people who have certain targets.
6. Social Networking Sites, are misused without proper and adequate security settings. It's easy to spread rumors and gossip. Children often accept strangers as friends and provide access to their personal information. This greatly allows the child to be the target of abduction by other people. The perpetrator can hide the identity and keep following and hunting down the victim.
7. Websites, can be done by creating a blog or personal website that contains victim information. The perpetrator can create online poll sites to ask unlimited questions about victims.

Cyberbullying has been categorized as a serious public health problem. Victims of cyberbullying report experiencing depression, anxiety, appears to be suicidal, or has made a suicide attempt.

To avoid this serious impact, we must pay attention to the signs of cyberbullying victimization. The following are the signs that someone may be victim of cyberbullying: Emotional upset – depression, anxiety, anger, sadness, or fear, especially if there is nothing readily apparent that could be causing this upset, or if they are seem especially upset after using the Internet, Subtle comments that reflect emotional distress or disturbed online or in-person relationships and Decline in grades (Willard, 2007).

With this very serious level of danger, parents should pay more attention to the condition of their children in school. Similar research using the same questionnaire was done to parents of teenagers in the US, the result stated that between 30% and 50% of parents are unsure whether these actions in this questionnaire are cyberbullying. However, less than 5% say they are definitely not cyberbullying. The ironic thing about parents' actions towards cyberbullying is only one in five parents believe students who post online rumors about sex should be referred to law enforcement. Based on the results of this study, researchers want to know how Indonesian parental point of view regarding the concept of cyberbullying and the appropriate punishment for perpetrator considering previous research has different cultural backgrounds.

2. Methods

The sample in this research is parents in Indonesia. The sampling technique used is purposive sampling, which is taking samples that select groups of subjects that are in accordance with certain characteristics and certain traits that have been previously known. The characteristics of the sample intended are parents who have children over 13 years old. The number of samples was 32 with the distribution of parents of 20 women and 12 men. The tool used in this study is Cyberbullying – Survey Questions C.S Mott Children's Hospital, University of Michigan Health System translated into Indonesian language (*C.S Mott Children's Hospital*, 2015).

The data that was obtained was processed with descriptive statistics for demographic classification Indonesian parental point of view regarding the concept of cyberbullying and the appropriate punishment for perpetrator which consists of four domains;

- Spreading modified photos to make classmates appear fatter than in real life
- Post rumors online that a certain student was found cheating on the exam
- Post online rumors that a student has sex, kissing etc. at school.
- Conduct a campaign to select a particular student to be a winner at a school event, as mean joke.

In response to hypothetical situations at their teens' schools, parents vary in whether they label certain actions as cyberbullying and Parents differ about what would be appropriate punishment for students found responsible for possible cyberbullying.

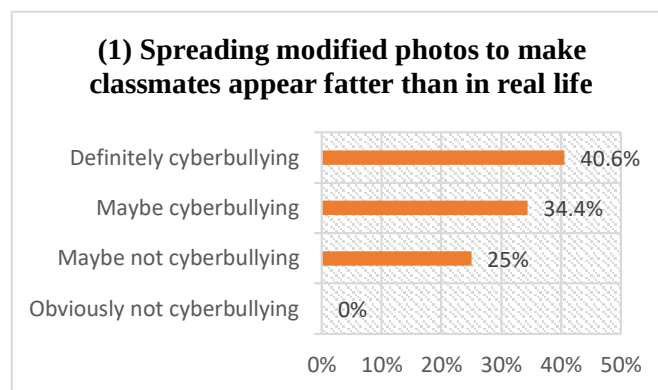
3. Results

There were 32 total parents, 12 men (37,5%) and 20 girls (62,5%). The categories of the partisipant status were: 9 parents attain the age of 30-40 years old (28,125%); 8 parents with age 40-50 years old (25%); 8 parents with age <30 years years old (25%); and 7 parents with age >50 years old (21,875%). There were 9 parents with low socioeconomic status (21,875%); 17 parents with middle socioeconomic status (53,125%); 6 parents with high socioeconomic families (18,75%). Background of participant education, diverse which is dominated by bachelor, postgraduate, high school, diploma, and elementary school with ethnic participants from Java, Bugis, Makassar, Malay and Dayak.

3.1 The Concept of Cyberbullying

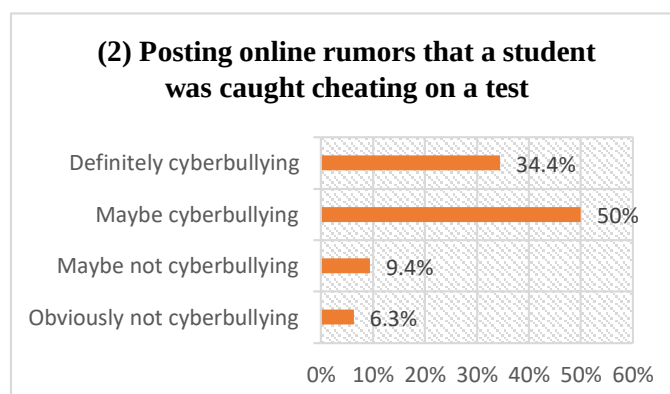
Parents in Indonesia discussing to hypothetical situations at their teens' schools, have mixed responses about the label of certain actions as cyberbullying.

Parents' responses to hypothetical situations were 40.6% knowing that the action was cyberbullying, 34.4% were still unsure and still asking whether it was cyberbullying, 25% of parents believed that it was probably not cyberbullying, and not there are parents who believe that this is normal action (obviously not cyberbullying).



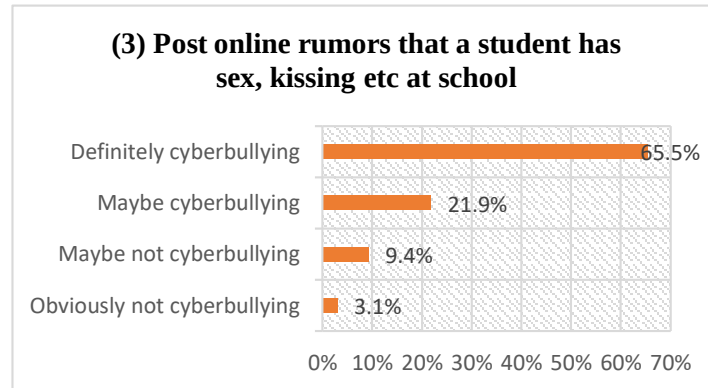
Gambar 1. Spreading modified photos to make classmates appear fatter than in real life

The response of parents to the hypothetical situations above is that 50% are still unsure and are still asking whether this is cyberbullying, 34.4% know for certain that the action is cyberbullying, 9.4% of parents have confidence that this is probably not cyberbullying, and 6.3% of parents believe that this is normal action (obviously not cyberbullying).



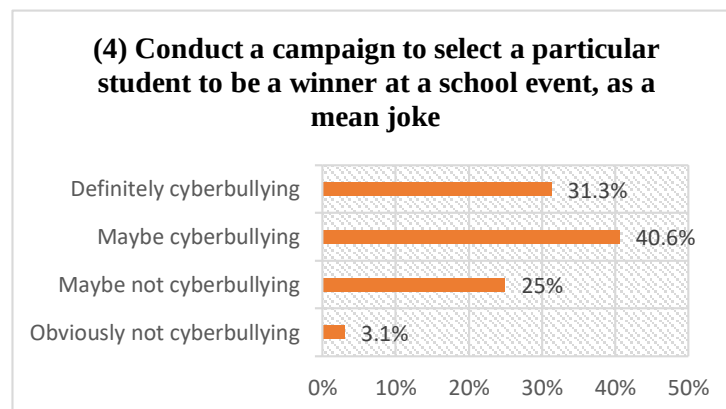
Gambar 2. Posting online rumors that a student was caught cheating on a test

Parents' response to the hypothetical situations above is 65.5% knowing that these actions are cyberbullying, 21.9% are still unsure and still asking whether this is cyberbullying, 9.4% of parents have confidence that this is probably not cyberbullying, and 3.1% of parents believe that this is normal action (obviously not cyberbullying).



Gambar 3. Post online rumors that a student has sex, kissing etc at school

The response of parents to the hypothetical situations above is that 40.6% are still unsure and still questioning whether this is cyberbullying, 31.3% know for certain that the action is cyberbullying, 25% of parents have confidence that this is probably not cyberbullying, and 3.1% of parents believe that this is normal action. (obviously not cyberbullying)



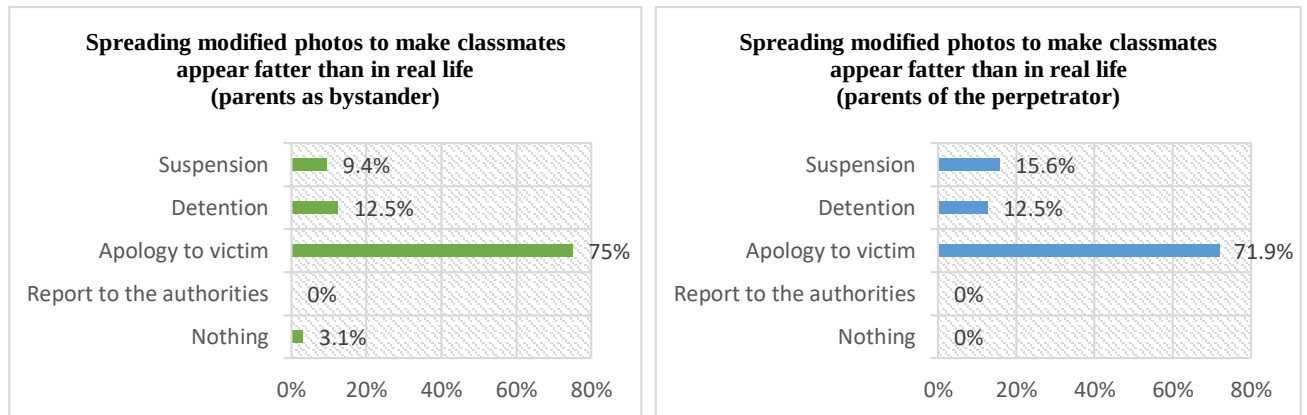
Gambar 4. Conduct a campaign to select a particular student to be a winner at a school event, as a mean joke

3.2. The Appropriate punishment for perpetrator.

Parents make choices about what will be the punishment for students who are considered responsible for the possibility of cyberbullying. The parents in the survey are given hypothetical situations with two specifications, parents as bystander and parents of the perpetrator.

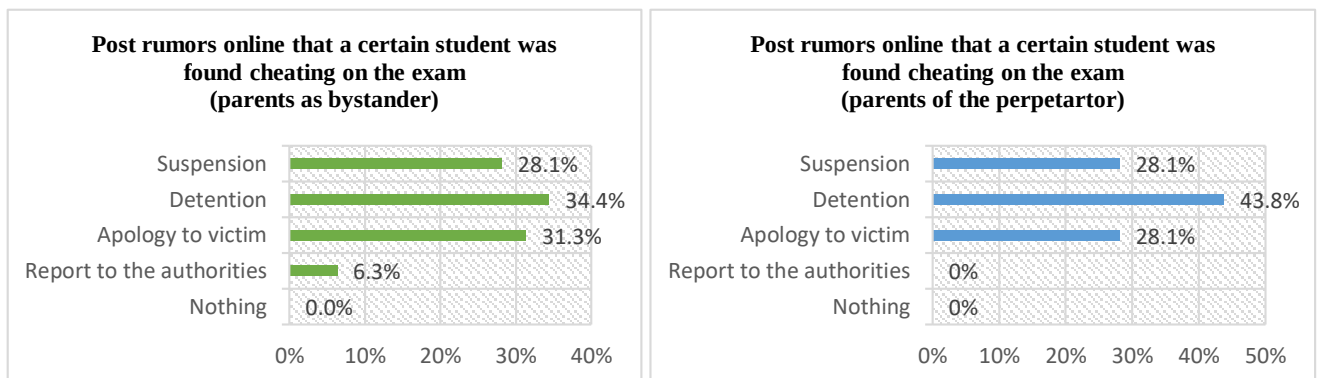
The response to the hypothetical situations above is solving the problem by apologizing to the victim is the choice of the majority chosen by parents, parents as bystander 75% and Parents of perpetrators 71.9%. Suspension sentences are the second biggest sentence chosen by Parents of Perpetrators 15.6% different from when they became bystander, this sentence is in the third position they will choose 9.4%. Detention penalty has the same total number of 12.5% apart from having a different choice of sentence, Parents as bystander in the second choice position while the Parents of the perpetrator is in the third choice position.

No one chooses punishment Report to authorities, for no choice given any penalty, Parents as bystander 3.1% and Parents of perpetrator 0%.



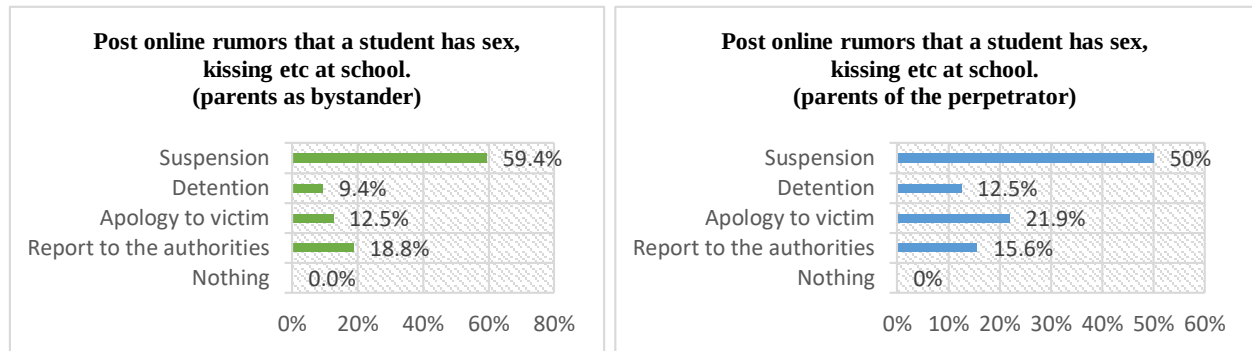
Gambar 5. Spreading modified photos to make classmates appear fatter than in real life (parents as bystander and parents of the perpetrator)

Detention is the choice of the most punishment chosen for hypothetical situations over 34.4% of parents as bystander and Parents of perpetrators 43.8%.parents as bystander chose the second highest choice of apology to victim 31.3%, suspension as the third most choice 28.1%, report to the authorities 6.3% the fourth most choice and did nothing in the last 0% choice. Suspension and apology to victim sentences have the same number of 28.1% by the Parents of perpetrator, being in the second most preferred position as a choice of punishment given to their child. Two penalties: Report to authorities and do not carry out any penalties also have the same number of choices, namely 0%.



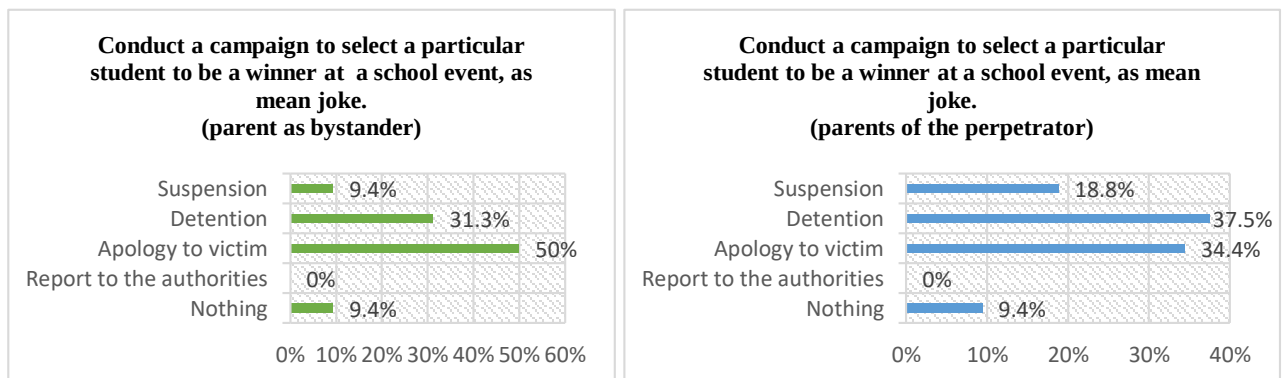
Gambar 6. Post rumors online that a certain student was found cheating on the exam (parents as bystander and parents of the perpetrator)

Suspension is the first choice of punishment chosen for hypothetical situations over parents as bystander 59.4% and Parents of perpetrators 50%. Penalty Report to authorities was the second highest position as a punishment choice given by parents as bystander 18.8% but was in the third choice 15.6% Parents of perpetrators. For Parents of perpetrators, Apology to victim is in the second highest position 21.9% and the third highest choice is 12.5% parents as bystander. Detention was second in last place as a punishment chosen by parents as bystander 9.3% and 12.5% Parents of perpetrators. Not doing any punishment is at the last position 0% by parents as bystander and Parents of perpetrator.



Gambar 7. Post online rumors that a student has sex, kissing etc at school (parents as bystander and parents of the perpetrator)

Afterwards, 50% of Parents as bystander chose the apology to victim as the choice of the majority sentence, in contrast to Parents of the perpetrator 34.4% were in the second most chosen position. The above percentage is inversely proportional to the choice of detention sentence, namely Parents of the perpetrator with a percentage of 37.5% in the majority choice position, while Parents as bystander 31.3% as the second majority choice. Suspension was the third highest position with a percentage of 9.4% Parents as bystander and 18.8% Parents of the perpetrator. Unlike the hypothetical situations in the previous tables, where nothing (does not carry out any punishment) is a punishment choice that is not chosen by anyone, this time is in the second place with a percentage of 9.4% by Parents as bystander and Parents of the perpetrator. Report to authorities is on a choice of penalties with 0% percentage or no one chooses Parents as bystander or Parents of the perpetrator.



Gambar 8. Conduct a campaign to select a particular student to be a winner at a school event, as mean joke (parents as bystander and parents of the perpetrator)

4. Discussion

49% of internet users in Indonesia claimed to experience cyberbullying and the response they gave when they were victims of cyberbullying was that 31.6% left it without doing anything, 7.9% retaliated, 5.2% deleted the bully comments, 3.6% reports to the authorities and 0.7% others (APJII, 2018).

There is a similar correlation between the data provided by the Association of Indonesian Internet Services and the sample response in this study, where the parents of students when faced with hypothetical situations cyberbullying in response to punishment for behavior, the majority in each given situation, the

choice of punishment demand forgiveness to victims is the most frequently chosen sentence, even in some situations report to authorities is the second final choice that parents will do and only applies to situations related to sexuality.

Parents in Indonesia basically understand the concept of cyberbullying very well, when hypothetical situations are given to measure the extent of their understanding of cyberbullying, the majority have chosen statements that are definitely cyberbullying. It's just that the response they give to punishment to perpetrators is still passive, this is in accordance with the culture in Indonesia with its eastern system. Residents with a majority of Muslims provide inspiration for the substance and procedures for dispute resolution using peaceful means as stipulated in the Law on the basic provisions of judicial power, as well as other judicial laws. The spirit of peace stated in the law encouraged the Supreme Court of the Republic of Indonesia (MARI) to issue Supreme Court Regulation (PERMA) No.2 of 2003 concerning Procedure for Mediation in Courts. The basis for consideration of the issuance of PERMA is that the mediation process is one of the faster and cheaper cases of settlement processes and can provide access to the disputing parties to obtain justice or satisfactory settlement of the disputes faced (Jamil, 2005).

The legal system of the mediation path that becomes the first alternative dispute settlement given makes people choose to solve their problems in a peaceful way, or what is commonly said by Indonesian people "be patient" and just leave it.

The concept of 'patience' is generally studied in a moral and religious context. In everyday life this concept is also used by many people when facing a variety of psychological problems, such as dealing with stressful situations, facing problems, calamities or when experiencing emotional anger. The concept of patience is one of the topics of study in positive psychology, such as gratitude and forgiveness (Subandi, 2011). However, this patient concept has its own destructive side because its application makes no severe punishment on the perpetrator so that the understanding is a crime large enough not to be embedded in them, causing further victims to arise.

Dispute resolution or rights issues by basing Islamic teachings, making views on cyberbullying behavior in the context of sexuality is a form of violation that needs to be emphasized, seeing a specific sample response for this situation report to authorities is the second majority choice after suspension.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, S. (2016). Cyberbullying in the World of Teenagers and Social Media. *International Journal of Cyber Behavior, Psychology and Learning*, 6(2), 68–95. <https://doi.org/10.4018/ijcbpl.2016040105>
- APJII, A. J. P. I. I. (2018). *Infografis Penetrasi & Perilaku Pengguna Internet Indonesia*. Teknopreuner, 1(Hasil Survei Penetrasi dan Perilaku Pengguna Internet Indonesia 2018), 1–39.
- C.S Mott Children's Hospital. (2015) Cyberbullying – Survey Questions 24(4), 3–6.
- Hidajat, M., Adam, A. R., Danaparamita, M., & Suhendrik, S. (2015). Dampak Media Sosial dalam Cyber Bullying. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 6(1), 72. <https://doi.org/10.21512/comtech.v6i1.2289>
- Jamil, Abdul. (2005). Lembaga Perdamaian Sebagai Alternatif Penyelesaian Sengketa Dalam Pandangan Peradilan Islam Dan Hukum Positif. *Jurnal Hukum*, 29(12), 99-110.
- Safaria, T. (2016). Prevalence and Impact of Cyberbullying in a Sample of Indonesian Junior High School Ttudents. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 15(1), 82–91.
- Subandi. (2011). Sabar: Sebuah Konsep Psikologi. *Jurnal Psikologi*, 38(2), 215-227.
- Willard, N. E. (2007). Parent Guide to Cyberbullying and Cyberthreats. *Cyberbullying and Cyberthreats: Responding to the Challenge of Online Social Aggression, Threats, and Distress*, 255–263.