



SEMINAR NASIONAL SAINS MIPA DAN APLIKASINYA

Bandar Lampung, 16 - 17 November 2009



Tema :

**"Pemberdayaan Sains MIPA
Dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam"**

PROCEEDING

ISSN: 2086-2342



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL SAINS MIPA DAN APLIKASINYA 2009
(SN SMAP 09)**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
DESEMBER 2009**

Prosiding **Seminar Nasional Sains MIPA dan Aplikasinya** **Tahun 2009 FMIPA Universitas Lampung**

TEAM PENYUNTING :

Mulyono, Ph.D.
Sutopo Hadi, Ph.D.
Dr. Warsito, DEA.
Bambang Irawan, M.Sc.
Amanto, M.Si.

PENERBIT

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung

ALAMAT REDAKSI

Gedung Dekanat Lantai 4
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung
Jl. S. Brodjonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145
Telp./Fax: +62-721-704625;
<http://fmipa.unila.ac.id/>
E-mail: seminar-smap@unila.ac.id

Prosiding Seminar Nasional
Sains MIPA dan Aplikasinya FMIPA UNILA:
penyunting, Mulyono [*et al.*]
Desember 2009 / — Bandar Lampung
xvi + 988 + 89 hlm.; 21 x 29,7 cm

ISSN 2086-2342
(Terbit satu kali setahun)



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wa Rohmatullahi wa Barokatuhu.

Alhamdulillah dengan perkenan-Nya lah, maka Prosiding Seminar Nasional Sains MIPA dan Aplikasinya tahun 2009 (SN SMAP 09) 16 – 17 November 2009 dengan tema : "Pemberdayaan Sains MIPA dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam", telah dapat kami selesaikan. Kegiatan seminar ini merupakan salah satu rangkaian kegiatan dalam rangka Dies Natalis FMIPA UNILA, yang diagendakan dilakukan secara rutin tahunan.

Segepan panitia mengucapkan terima kasih kepada Rektor UNILA Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng P Harianto, M.S. dan Dekan Fakultas MIPA Bapak Dr. Sutyarso, M.Biomed. yang telah memfasilitasi berlangsungnya kegiatan ini. Demikian pula kepada para *Keynote Speakers* : Wagub Provinsi Lampung, Bapak Ir. MS. Joko Umar Said, M.M; Sekretaris DPT Dirjen DIKTI, Bapak Prof. Nizam, Ph.D., Bapak Prof. Dr. Bambang Setiaji dari Universitas Gajah Mada; dan Bapak Prof. Dr. John Hendri dari FMIPA Universitas Lampung, yang telah berkenan memberikan materi pada kegiatan ini.

Kami juga menyampaikan penghargaan dan terima kasih atas apresiasi rekan-rekan akademisi maupun peneliti untuk berkenan mempresentasikan hasil penelitiannya dalam kegiatan Seminar Nasional ini. Seminar ini diikuti oleh berbagai kelompok Sains MIPA dan aplikasinya dalam kategori bidang ilmu Matematika, Fisika, Biologi dan Kimia. Jumlah makalah yang dipresentasikan dalam kegiatan ini sebanyak 116 makalah dan yang masuk dalam prosiding ini adalah sebanyak 134 makalah. Berdasarkan pengelompokan awal sebanyak 4 kelompok masuk dalam 988 halaman dan beberapa makalah yang karena kendala teknis masuk daftar tambahan sebanyak 89 halaman sehingga prosiding menjadi 1077 halaman.

Akhir kata, kami sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penyusunan prosiding kegiatan seminar ini. Kami juga memohon maaf apabila ada hal-hal yang kurang berkenan selama pelaksanaan kegiatan seminar, ataupun dalam penyusunan prosiding seminar ini. Akhir kata mari kita bersama meningkatkan daya saing bangsa melalui karya nyata dalam bidang Sains MIPA dan Aplikasinya.

Wassalamu'alaikum wa Rohmatullahi wa Barokatuhu.

Ketua Tim Penyunting

Mulyono, Ph.D.

(This page is leaved blank)

DAFTAR ISI

	halaman
Kelompok Matematika	
CALCULATION EQUILIBRIUM CHEMICAL COMPOSITION USING MATHCAD AND SAS PROGRAMS Agus Haryanto, Sushil Adhikari, Sugeng Triyono	1 – 6
STUDI PENGEMBANGAN PROGRAM APLIKASI BERBASIS WEB UNTUK ANALISIS KOMPONEN GELOMBANG PASANG SURUT MENGGUNAKAN PHP SCRIPTS Ahmad Zakaria	7 –12
THE USAGE RECURSIVE MODIFIED GAUSSIAN FILTERING (RMGF) TO REDUCE THE NOISE OF A DIGITAL IMAGE Akmal Junaidi, Destario Fidrian, and Rangga Firdaus	13 –18
APLIKASI ANALISIS REGRESI DALAM PENENTUAN WAKTU PRODUKSI OPTIMUM PADA USAHA PEMBIBITAN IKAN JAMBAL SIAM (PANGASIU SUTCHI) SKALA RUMAH TANGGA Angga Lesvian	19 –34
SOLVING SUDOKU USING TRACKING GUESS KEGE BUN SHIN Bima Harian Putra, Wamiliana, and Dian Kurniasari	35 –44
PENGUKURAN QOS JARINGAN KOMPUTER LOCAL AREA NETWORK (LAN) DAN WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS (WLAN). STUDI KASUS: JARINGAN INTRANET KAMPUS UNIVERSITAS LAMPUNG Helmy Fitriawan	45 –48
UJI SCENIC BEAUTY ESTIMATION TERHADAP KONFIGURASI TEGAKAN-TEGAKAN VEGETASI DI KEBUN RAYA BOGOR Imawan Wahyu Hidayat	49 –54
KARAKTERISTIK HIDRO-METEOROLOGI DAS-DAS DI WILAYAH JEMBER-LUMAJANG: APLIKASI STATISTIK UNTUK ANALISA RENTANG WAKTU DATA Indarto, Sri Wahyuningsih, Ishak Affandi	55 –66
PERIODA GAMBAR KUCING ARNOLD, SEBUAH URAIAN SECARA ELEMENTER Loeky Haryanto	67 –72
ANALISIS LONGSOR MENGGUNAKAN SOFTWARE BERDASARKAN DATA IMPIRIS Machudor Y.M. dan Suharno	73 –80
COLOCATION PATTERN MINING USING SEGMENTATION AND FUZZY AR Martinus	81 –88
SATTERTHWAITE APPROXTIMATION PADA ANALISIS UNBALANCED RANDOM MODEL PADA RANCANGAN TERSARANG Mustofa Usman	89 –94
AUDIENCE RESPONSE SYSTEM SEBAGAI ALTERNATIF MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF DI UNIVERSITAS Nur Laili	95 –98

PERBAIKAN DAN EVALUASI KINERJA ALGORITMA PIXEL VALUE DIFFERENCING (PVD) Rojali, Sugi Guritman, Heru T. Natalisa	99 –110
OPTIMALISASI PENGGUNAAN TRAKTOR TANGAN PADA KEGIATAN PENGOLAHAN TANAH DI METRO Sandi Asmara dan Warji	111 –126
KESTABILAN SOLUSI KESETIMBANGAN MODEL PENYEBARAN PENYAKIT TUBERCULOSIS TANPA VAKSINASI Siti Romlah Febriani, Amanto, Aang Nuryaman	127 –134
GEOMETRI ANALITIK JARAK, SUDUT DAN DURASI LINTASAN MATAHARI DAN BULAN TERHADAP BUMI SEBAGAI DASAR KEBIJAKAN UNTUK MENENTUKAN TANGGAL SATU HIJRIYAH Tiryono Ruby	135 –140
ENCODE DAN DECODE TREE MENGGUNAKAN KODE PRUFER DAN KODE BLOB Wahyu Emir Zayadi and Wamiliana	141 –148
TEORI PELUANG PEMODELAN DAN APLIKASINYA PADA FENOMENA ALAM Mustofa Usman	149 –156
MOMENT PROPERTIES OF THE GENERALIZED GAMMA DISTRIBUTION Warsono	157 –162
PENENTUAN SOLUSI PERIODIK PERSAMAAN <i>NERVE-IMPULSES</i> DENGAN MENGGUNAKAN <i>SHOOTING METHOD</i> Aang Nuryaman	153 –168
KONSTRUKSI RING DERET PANGKAT TERITLAK MIRING Ahmad Faisol	169 –176
MENINGKONSTRUKSI <i>TREE</i> DENGAN MENGGUNAKAN KODE DANDELION Suci Nur Amalia dan Akmal Junaidi	177 –184
PEMANFAATAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY UNTUK MEDIA PEMBELAJARAN MANASIK Ossy Dwi Endah Wulansari	185 –194
ANALISIS KINERJA GENETIC ALGORITHM PADA JOB SHOP SCHEDULING Admi Syarif, Tiryono Ruby dan Adi Saputra ¹	195 –202
Kelompok Fisika	
MENGUNGKAP ISI AL-QUR'AN: TANTANGAN BARU BAGI ILMUWAN MIPA A. Abdurrochman	203 –212
SISTEM MONITORING PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIT SEL SURYA, TURBIN ANGIN, FUEL CELL BERBASIS HIDROGEN Achiar Oemry, Imam Djunaedi	213 –218
PENGARUH SUHU <i>SINTERING</i> TERHADAP PEMBENTUKAN GUGUS BOROSILOKSAN (B-O-Si) BAHAN KERAMIK BOROSILIKAT BERBASIS SILIKA SEKAM PADI Agus Riyanto, One Meus Ginting, dan Simon Sembiring	219 –224

TIME-LAPSE MICROGRAVITY UNTUK MONITORING DEFISIT MASSA RESERVOIR PANAS BUMI KAMOJANG Ahmad Zaenudin	225 –234
SIMULASI PERAMBATAN GELOMBANG TSUNAMI AKIBAT MELETUSNYA GUNUNG ANAK KRAKATAU Ahmad Zakaria	235 –246
PEMODELAN KEDEPAN CSAMT UNTUK OPTIMALISASI AKUSISI DATA CSAMT Asep Harja	247 –256
DESAIN ROBOT MANIPULATOR DAN PENGENDALIAN PROPOTIONAL INTEGRAL DERIVATIF UNTUK SATU JOIN Dessy Novita, Fandi krismanto	257 –270
METODA ARTIFICIAL INTELLIGENT DEEPT FIRST SEARCH Dessy Novita, Tuti Aryati D., Irfan Fauzan Rahman	271 –280
EFEK SINTERING TERHADAP MIKROSTRUKTUR DAN KARAKTERISTIK SIFAT LISTRIK KERAMIK ZINC OXIDE (ZNO) Dwi Asmi	281 –288
PEMBENTUKAN OPERATOR HAMILTONIAN BAGI PERDAGANGAN SEKURITAS Dwi Satya Palupi	289 –294
DEGRADASI SINYAL GPS SAAT AKTIVITAS MATAHARI MINIMUM. Effendy	295 –304
SISTEM INFORMASI DEGRADASI SATELITE GPS UNTUK DETEKSI GANGGUAN NAVIGASI DAN KOMUNIKASI SATELIT Effendy, Slamet Supriadi	305 –314
PREPARASI ALLOY MAGNETIK SM-CO MELALUI TEKNIK ARC MELTING FURNANCE Erfan Handoko dan Azwar Manaf	315 –320
DESAIN DAN PENGUJIAN FLOWMETER ULTRASONIC UNTUK PENGUKURAN PADA SALURAN TERBUKA Harris Pirngadi dan Indarto	321 –334
DEPOSISI LAPISAN TIPIS TITANIA (TIO ₂) DI ATAS SUBSTRAT GELAS DENGAN METODE GEL-SOL TEKNIK SPRAY-COATING Heri Sutanto, Eko Hidayanto, Adi Condro, dan Zakiyah Rahmawati	335 –340
SIFAT LISTRIK PERSAMBUNGAN METAL-SEMIKONDUKTOR-METAL PADA SEMIKONDUKTOR GAN DENGAN VARIASI TEMPERATUR ANIL DAN LUASAN KONTAK Heri Sutanto, Iis Nurhasanah, Tri Windarti, Ahmad Taufani, Luluk Lailatul Badriyah, dan Wahyu Ambikawati	341 –348
SISTEM PEMANTAUAN AKTIVITAS MANUSIA MENGGUNAKAN AKSELEROMETER BERBASIS SD CARD DAN MIKROKONTROLER AVR Idha Rakhmawati	349 –356
GEOMETRI BINTANG BEROTASI PADA KEADAAN KRITIS Iwan Setiawan dan Muhammad Farchani Rosyid	357 –368
PENGARUH SUHU KALSINASI TERHADAP KARAKTERISTIK HIDROKSIA-PATIT YANG TERBUAT DARI CANGKANG TELUR Kiagus Dahlan, Fifia Zulti dan Yessie Widya Sari	369 –374

PERANCANGAN SISTEM KUNCI PINTU ELEKTRONIK MENGGUNAKAN RFID DAN BLUETOOTH EB500 Martarizal dan Mardhin Pasla	375 –380
PEMODELAN 3D DATA ANOMALI GAYABERAT UNTUK MENENTUKAN STRUKTUR GEOLOGI LAPANGAN PANASBUMI ULUBELU TANGGAMUS LAMPUNG Nandi Haerudin dan Muh Sarkowi	381 –388
PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA SELEKTIF ION SULFIDA Nurlaela Rauf	389 –394
KARAKTERISTIK FUNGSIONALITAS BOROSILIKAT BERBASIS SEKAM PADI AKIBAT PENGARUH KALSINASI One Meus Ginting S, Agus Riyanto, Simon Sembiring	395–400
KOEFISIEN ABSORBSI GELOMBANG MIKRO MATERIAL KERAMIK MAGNETIK NANOKRISTAL BARIUM HEXAFERRITE Priyono	401–406
PENDETEKSIAN LANGSUNG KEBERADAAN HIDROKARBON MENGGUNAKAN METODE MICROSEISMIC Rian Amukti, Sarkowi dan Suharno	407 –416
SYNTHESIS AND CHARACTERISATION OF CORDIERITE (MG ₂ AL ₄ SI ₅ O ₁₈) CERAMICS BASED ON THE RICE HUSK SILICA Simon Sembiring and Posman Manurung	417 –424
PEMBUATAN PARTIKEL NANO DENGAN KOMBINASI BALL-MILLING DAN ULTRASONIC-MILLING Tomi Budi Waluyo, Suryadi, dan Nurul Taufiqu Rochman	425 –428
STUDI AWAL KERJA IC GPS HOLUX- GR-86 RECEIVER MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA 8535 Kusnahadi Susanto, Sri Suryaningsih, Trisna Kurniawan.	429 –442
APLIKASI ANN UNTUK MEMPREDIKSI NILAI KONDUKTIVITAS PANAS MULSA LIMBAH PADAT ORGANIK Warji	443 –448
APLIKASI DINAMIKA NON-LINEAR UNTUK MEMPREDIKSI KEJANG PADA PENYAKIT EPILEPSI Wira B. Nurdin, Abdullah Bualkar	449 –452
ANALISIS PEMANFAATAN MIKROKONTROLER AT89C51 SEBAGAI PEMROSES SISTEM PENCACAH PUTARAN OBJEK BERPUTAR Warsito, Sri Wahyu Suciwati, Andriyanto	453 –462
IDENTIFIKASI PENYEBARAN RESERVOAR GAS MENGGUNAKAN ANALISIS AVO DAN INVERSI SEISMIC METODE BANDLIMITED, VLOCKY, DAN SPARSE SPIKE PADA LAPANGAN WIAR SUMATERA SELATAN Bagus Sapto Mulyatno	463 –470
ANALISIS PERSAMAAN MAGNITUDO LOKAL BANDAR LAMPUNG BERDASARKAN DATA GEMPABUMI KEMILING TAHUN 2006 Heriyansyah, Suharno, Bagus Sapto Mulyatno	471 –478
PENENTUAN KEBERADAAN BATUBARA BERDASARKAN METODE TAHANAN JENIS DENGAN ANALISIS LITOLOGI DI DAERAH SAMBOJA KUTAI KERTANEGARA KALIMANTAN TIMUR Karyanto	479 –490

Kelompok Biologi

KUALITAS PERAIRAN WADUK BATU TEGI LAMPUNG Achmad Nugraha	491 –496
PENGARUH KOMPETISI INTERSPESIFIK TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KELANGSUNGAN HIDUP IKAN SEPAT (TRICHOGASTER PECTORALIS REGAN) DAN IKAN NILA (OREOCHROMIS NILOTICUS L.) Ali Suhendra dan Achmad Nugraha	497 –502
FISIOLOGI ORGAN PENGLIHATAN IKAN KARANG BERDASARKAN JUMLAH DAN SUSUNAN SEL RESEPTOR Aristi Dian Purnama Fitri dan Asriyanto	503 –510
POTENSI AMILOLITIK ISOLAT BAKTERI DARI SALURAN PENCERNAAN AYAM KAMPUNG Christina Nugroho Ekowati, Sumardi, dan Irma Pratiwi	511 –518
KAJIAN KEANEKARAGAMAN HEWAN MANGSA HARIMAU SUMATERA DI TAMAN NASIONAL WAY KAMBAS BERDASARKAN JEBAKAN KAMERA Dora Yuliana Sari, Elly Lestari Rustiati, Sumianto	519 –524
BEBERAPA JENIS IKAN SEBAGAI BIOKONTROL TERHADAP LARVA NYAMUK AEDES AEGYPTI Emantis Rosa, G.Nugroho Susanto, Tugiono dan Suharno Zein	525 –532
UJI DAYA PREDASI MESOCYCLOPS ASPERICORNIS TERHADAP LARVA AEDES AEGYPTI DI LABORATORIUM Endah Setyaningrum, F.X. Soesilo dan Sri Murwani	533 –542
PEMBELAHAN SEL AKAR UMBI BAWANG (ALLIUM CEPA L.) DI BAWAH PENGARUH MEDAN MAGNET Eti Ernawati dan Rochmah Agustrina	543 –548
PENGARUH FREKUENSI PEMBERIAN PAKAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KELANGSUNGAN HIDUP LARVA LOBSTER AIR TAWAR (CHERAX QUADRICARINATUS) G. Nugroho Susanto dan Amar Makrup	549 –558
KEANEKARAGAMAN KUPU-KUPU NYMPHALIDAE DI HUTAN KONSERVASI KUPU-KUPU GUNUNG BETUNG LAMPUNG Herawati Soekardi	559 –564
POHON TEMPAT TIDUR SIAMANG (HYLOBATES SYNDACTYLUS) DAN SEBARANNYA DALAM TERITORI DI TAMAN NASIONAL BUKIT BARISAN SELATAN Jani Master, M. Kanedi, Maya D. Prasetyaningrum	565 –570
PENGARUH PEMBERIAN DMSO SEBAGAI PELARUT BAHAN UJI PADA UJI AKTIVITAS ANTIPLASMODIUM INVIVO TERHADAP PERTUMBUHAN Plasmodium berghei PADA MENCIT Jhons Fatriyadi Suwandi	571 –574
PERTUMBUHAN DAN BIOMASSA LAMUN Thalassia hemprichii DI PERAIRAN PULAU BONE BATANG, KEPULAUAN SPERMONDE, SULAWESI SELATAN Karunia Alie	575 –582
ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI AMILOLITIK ANAEROB DARI LIMBAH TAPIOKA Kusuma Handayani dan Awik Tamoro	583 –588

KANDUNGAN N, P DAN K DAUN TANAMAN UBIKAYU(MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) AKIBAT APLIKASI KALSIUM (K) PADA WAKTUTANAM BERBEDA M. Syamsuel Hadi and M. Kamal	589 –592
PEMETAAN DAN POTENSI EKONOMI TANAMAN OBAT DI DESA SUKA HARUM GUNUNG BETUNG Martha L. Lande, Rochmah Agustrina, Bambang Irawan	593 –604
FORMULASI PEMBUATAN TABLET HISAP BERBAHAN DASAR MIKROALGA SRIRULINA PLANTESIS SEBAGAI SUMBER ANTI OKSIDAN ALAMI Moch. Tri Setyo Utomo dan Adhita Sri Prabakusuma	605 –616
KAJIAN PENGGUNAAN BAHAN PENSTABIL DAN PENGAWET PADA PEMBUATAN SANTAN KENTAL Otik Nawansih dan Fibra Nurainy	617 –628
STUDI KEBERADAAN HARIMAU SUMATERA DI TAMAN NASIONAL WAY KAMBAS BERDASARKAN JEBAKAN KAMERA Prasastyo Griyan Ardhiyanto, Elly Lestari Rustiati, Sumianto	629 –634
PENGARUH PENYULUHAN GIZI BERBASIS SANITASI DAN HIGIENE TERHADAP STATUS KESEHATAN BALITA Reni Zuraida	635 –642
PENGARUH PENYULUHAN GIZI DAN PEMANFAATAN PEKARANGAN TERHADAP STATUS GIZI ANAK BALITA Reni Zuraida	643 –650
PERUBAHAN KIMIA DAN LAMA SIMPAN BUAH TOMAT (LYCOPERSICUM ESCULENTUM MILL.) DALAM PENYIMPANAN ATMOSFIR TERMODIFIKASI Rofandi Hartanto Muhammad Rahmat Aminullah	651 –660
KAJIAN KERAGAMAN GENETIK JENIS-JENIS KERANG YANG DIGUNAKAN SEBAGAI OBAT TRADISIONAL MASYARAKAT KABUPATEN MUNA SULAWESI TENGGARA Sjafaraenan dan Muh. Ruslan Umar	661 –672
BIODIVERSITAS CACING TANAH BERDASARKAN TAKSONOMI, EKOLOGI FUNGSI, BIOGEOGRAFI, DAN KUALITAS CASCINGNYA PADA BEBERAPA ALIHGUNA LAHAN DI SUMBERJAYA LAMPUNG BARAT Sri Murwani	673 –678
ISOLASI BACILLUS PENGHASIL SELULASE DARI SALURAN PENCERNAAN AYAM KAMPUNG Sumardi, Christina Nugroho Ekowati, dan Dwi Haryani	679 –684
PENGARUH EKSTRAK KLOOROFORM UMBI RUMPUT TEKI (<i>Cyperus rotundus</i> L.) TERHADAP EKSPRESI PROTEIN BCL-2 PADA SEL HELA Susianti	685 –692
PENGARUH PEMBERIAN TEPUNG KEDELAI KAYA ISOFLAVON TERHADAP KADAR PEROKSIDA LIPID HATI DAN GINJAL TIKUS Sussi Astuti dan Fibra Nuraini	693 –702
EFEK SITOTOKSIK EKSTRAK METANOL DAN KLOOROFORM UMBI RUMPUT TEKI (<i>Cyperus rotundus</i> L.) TERHADAP SEL VERO Susianti ¹ , Rina Susilowati ² , Mae Sri Hartati Wahyuningsih ³	703 –708
EFEKTIFITAS PENEGAKAN DIAGNOSIS MALARIA DENGAN MENGGUNAKAN METODE IMUNOKROMATOGRAFI Suwandi. J.F,Rudiyanto. W, Basuki. W, dan Wibowo. A	709 –714

PERUBAHAN HISTOLOGI INSANG IKAN NILA (<i>OREOCHROMIS NILATICUS</i> LINN) SEBAGAI BIOMARKER EFEKTIVITAS PENGOLAHAN AIR LIMBAH PABRIK GULA Tugiyono, Nuning Nurcahyani dan Ika Pujiyati	715 –726
PENGARUH INFUSA DAUN KEMANGI (<i>Ocimum basilicum</i>) TERHADAP KADAR GLUKOSA DARAH PUASA PADA MENCIT (<i>Mus musculus</i>) JANTAN GALUR SWISS WEBSTER YANG DIINDUKSI OLEH ALOKSAN Waluyo Rudiyanto, A. Saefudin, M. Aditya	727 –736
KERAGAMAN FUNGI DEKOMPOSER PADA TEMPAT PEMBUANGAN SAMPAH AKHIR (TPA) BAKUNG KECAMATAN TELUK BETUNG BARAT KOTA BANDAR LAMPUNG Wawan Abdullah Setiawan dan Bambang Irawan	737–744
UJI KEMAMPUAN JAMUR COLLETOTRICHUM CAPSICI SEBAGAI HERBISIDA ALAMI PADA GULMA TANAMAN JAGUNG (<i>ZEA MAYS L.</i>) Yulianty, Martha Lulus Lande	745 –750
EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN NIMBA (<i>AZADIRACHTA INDICA JUSS.</i>) SEBAGAI OVISIDA <i>Aedes aegypti</i> LINN Zulkifli, Endah Setyaningrum, Emantis Rosa, Mei Linda Mardalena	751 –754

Kelompok Kimia

ANALISIS CEMARAN CADMIUM (CD) PADA BIOINDIKATOR DAN BIOMARKER DITELUK LAMPUNG (ANALISIS RISIKO KESEHATAN MASYARAKAT) Agus Purnomo	755 –764
SIFAT FISIKOKIMIA DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN MINYAK KELAPA MURNI (VCO) HASIL FERMENTASI RHIZOPUS ORIZAE Dede Sukandar, Sandra Hermanto, dan Eva Silvia	765 –772
MASA SIMPAN DENDENG GILING IKAN RUCAH DENGAN TEKNIK RE-STRUKTURISASI PADA SUHU KAMAR Dyah Koesoemawardani , Susilawati	773 –782
SCREENING METHODE TO OBTAIN POSITIVE CLONE ON SHOTGUN CLONING THERMOZYME XYLANASE FROM STREPTOMYCES COSTARICANUS 45I-3 Heri Satria, Anja Meryandini, and Etty Pratiwi	783 –792
ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA GLUCOMANNAN DALAM TANAMAN UMBI SINGKONG, WALUR, DAN GADUNG INDIGINOUS INDONESIA MENGGUNAKAN METODE EKSTRAKSI Husniati, Anastasia Fitria Devi, Medikasari, M. Hanafi	793 –798
ISOLAT BAKTERI POTENSIAL DARI TANAH PERTANIAN UNTUK BIOREMEDIASI RESIDU HERBISIDA BERBAHAN AKTIF DIURON (N-(3,4-diklorofenil)- N,N-dimetilurea) Mardayana, Yandri AS, dan Mulyono	799 –804
SINTESIS, KARAKTERISASI DAN UJI UJI INTERAKSI SENYAWA KOMPLEKS cis-[Co(en) ₂ (CN) ₂] DENGAN GAS NO ₂ Mita Rilyanti , Zipora Sembiring, Ilim dan Witanti Apriani	805 –814
PENGARUH GLUKOSA DAN SUSU SKIM TERHADAP KARAKTERISTIK MINUMAN FERMENTASIDARI SARI BUAH SIRSAK Marniza Dan Samsul Rizal	815 –824

PENGARUH PELARUT ORGANIK TERHADAP STABILITAS ENZIM LIPASE DARI BAKTERI LOKAL Nurhasanah dan Aspita Laila	825 –834
PENGGUNAAN BIOMASSA DAUN LAMUN THALASSIA HEMPRICHII YANG TERDAPAT DI PULAU BARRANG LOMPO SEBAGAI BIOSORBEN ION NI(II) DAN CO(II) Nursiah La Nafie, Paulina Taba, Yuyu A. La Nafie, Asmanidar Quraisy, Deasy Natalia	835 –842
ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA STEROID DARI EKSTRAK ETANOL BATANG DAN DAUN TANAMAN TAPAK DARA (CATHARANTUS ROSEUS (L.) G. DON) Nurul Utami; Vertika Anggarsari; Reni Murtini	843 –856
REAKTOR BIOGAS SAMPAH ORGANIK UNTUK MENGHASILKAN GAS METAN(CH ₄) P.L. Gareso, S. Dewang, S.P. Paembonan dan Abd. Wahid Wahab	857 –862
ISOLASI MIKROBA DARI PERTAMBANGAN EMAS UNTUK BIOREMEDIASI POLUTAN MERKURI (HG) Mulyono, Ruliyanti Dian Lestari, , dan Tugiyono.	863 –870
BIOSORPSI ION Ni(II) DAN Cr(VI) OLEH AMPAS SAGU Paulina Taba, Nursiah La Nafie, St. Fauziah, Mildayati, Maryam	871 - 880
PENGARUH KONSENTRASI CMC (CARBOXY METHYL CELLULOSE) TERHADAP STABILITAS DAN KARAKTERISTIK YOGHURT SUSU TURI SELAMA PENYIMPANAN DINGIN Samsul Rizal	881 –888
DUA SENYAWA TRITERPENOID DARI TUMBUHAN PALIASA (KLEINHOVIA HOSPITA L.) FAMILI STERCULIACEAE Soekamto, N. H, Alfian N, Iwan D, Hasriani, A, Ruhma, dan Agustono	889 –894
KARAKTERISTIK MUJNUMAN SINBIOTIK DARI EKSTRAK DAUN CINCAU HIJAU (PREMNA OBLONGIFOLIA MERR.) DENGAN KONSENTRASI SUKROSA DAN SUSU SKIM YANG BERBEDA Suharyono, Samsul Rizal Dan Fibra Nurainy	895 –904
STUDY ON ANALYSIS CA AND MG USING CURCUMIN FROM CURCUMA (CURCUMA DOMESTICA VAL.) WITH UV-VIS SPECTROPHOTOMETRY Supriyanto, Heri Satria, Diky Hidayat, Dian Septiyana	905 –912
KAJIAN SIFAT MIKROBIOLOGI DAN KIMIWI RUSIP DENGAN PENAMBAHAN KULTUR CAIR BAKTERI ASAM LAKTAT SELAMA FERMENTASI STUDY OF MICROBIOLOGICAL AND CHEMICAL PROPERTIES IN RUSIP BY LACTIC ACID BACTERIA LIQUID STARTER DURING FERMENTATION Susilawati, Koesoemawardani	913 –924
DUA SENYAWA FENOLIK DARI ARTOCARPUS DADAH Tati Suhartati, Eka Perdana, dan Indarto	925 –928
PENGARUH PENAMBAHAN SORBITOL TERHADAP STABILITAS TERMAL ENZIM A-AMILASE DARI RHIZOPUS ORYZAE Yandri AS	929 –938

UJI PENDAHULUAN ESTERIFIKASI ASAM PALMITAT DENGAN KATALIS FE-SILIKA SEKAM PADI Kamisah D.Pandiangan, Ilim, Irwan Ginting Suka, Sonny Widiarto dan Wasinton Simanjuntak	939 –948
PEMBUATAN PLASTIK DARI CAMPURAN PATI TAPIOKA – POLIVINIL ALKOHOL DENGAN RADIASI SINAR GAMMA Sonny Widiarto, Indah Shofa Marwa dan R. Supriyanto	949–960
Studi Potensi Akar Wangi <i>Vetiveria zizanioides</i> L. Sebagai Pengolah Limbah Logam Berat Yuli Ambarwati	959 –964
IDENTIFIKASI SENYAWA TURUNAN FENOLIK HASIL ISOLASI DARI AKAR TUMBUHAN DATUAN (<i>Ficus vasculosa</i> Wall. ex Miq) DAN UJI Antifeedant TERHADAP HAMAKUBIS-KUBISAN (<i>Plutella xylostella</i>) Syaiful Bahri, Nurhasanah dan Edi Waskito	965 –974
PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI BAHAN KATALIS $Fe_{1-x}Ni_xO_{3\pm d}$ Rudy Situmeang 1) , R Supriyanto, dan Sukmawibowo	975 –980
UJI AKTIFITAS SODIUM COCOAMPHO PROPIONAT (SCP) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI KARBON DIOKSIDA DARI BAJA LUNAK MENGGUNAKAN METODA LINEAR POLARISASI Ilim dan Wasinton Simanjuntak	981 –988
Daftar Tambahan	
ANALISIS RESPON SENSOR OPTIK SEBAGAI SENSOR <i>VISIBLE LIGHT</i> YANG BERFUNGSI MENDETEKSI MATERIAL Akhmad Dzakwan, Sri Wahyu Suciati	989 - 998
COAL BED METHANE SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF BARU DAN UPAYA PEMANTAUAN PROSES PRODUKSINYA Muh Sarkowi	999 - 1004
MENCERMATI RESIKO GEMPA BUMI DI SEKITAR PROVINSI LAMPUNG Suharno	1005-1012
SISTEM JARINGAN KOMUNIKASI DATA MELALUI <i>VERY SMALL APERTURE TERMINAL (VSAT) SKYLINK.25</i> Jeckson, ST	1013-1020
MONITORING PERGERAKAN BENDUNG BATUTEGI Fauzan Murdapa	1021-1028
KARAKTERISTIK KIMIA DAN MIKROBIOLOGI PATI UBIKAYU (<i>MANIHOT ESCULENTA</i>) YANG DIBUAT DENGAN MENAMBAHKAN YEAST <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> Maria E. Kustyawati dan Sulastri Ramli	1029-1034
ANALISIS JEMBATAN SCHERING SEBAGAI PENGKONDISI SINYAL SENSOR KAPASITANSI DIELEKTRIK SUATU KAPASITOR Sri Wahyu Suciati, M.Si. Akhmad Dzakwan	1035-1044

UJI EFIKASI INSEKTISIDA SISTEMIK TERHADAP KELULUSHIDUPAN HAMA BISUL DADAP (<i>QUADRASTICHUS ERYTRINAE</i> KIM.) Nismah , Endang L. Widiastuti dan Aldian J. Hanggara	1045-1054
HIPOFISASI IKAN LELE DUMBO (<i>Clarias sp.</i>) DENGAN EKSTRAK KELENJAR HIPOFISIS IKAN PATIN (<i>Pangasius hypophthalmus</i>) Rakhmawati	1055-1062
PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI BAHAN KATALIS $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ DAN UJI KUALITATIF AKTIVITASNYA PADA FRUKTOSA Richa Agustine dan Rudy Situmeang	1063-1070
PEMBANDINGAN HASIL UJI TETRAZOLIUM (UTZ) DAN UJI DAYA BERKECAMBAH (UDB) PADA BENIH KEDELAI (<i>GLYCINE MAX</i> L.) DAN JAGUNG (<i>ZEA MAYS</i> L.) Eko Pramono	1071-1076

ANALISIS RESPON SENSOR OPTIK SEBAGAI SENSOR *VISIBLELIGHT* YANG BERFUNGSI MENDETEKSI MATERIAL

Akhmad Dzakwan, Sri Wahyu Suciati
Fisika Universitas Lampung

ABSTRAK

Telah dilakukan sebuah penelitian pada sebuah sensor *Visiblelight* sebagai sensor yang mendeteksi sebuah material. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa hubungan antara jarak sensor terhadap transmiter sebagai sumber cahaya tampak berbanding lurus dengan fungsi tegangan dan berbanding terbalik dengan sepekerak Intensitas cahayanya serta resistansi alat yang sesuai dengan persamaan iluminasi ketika seberkas cahaya ditembakkan ke permukaan material.. Potensial sebagai parameter listrik yang dihasilkan akibat proses radiasi, memiliki kesetaraan dengan fungsi jaraknya. Dalam penelitian ini LDR sebagai sebagai Receiver memberikan efek praktis dan simple dalam mendeteksi adanya material. Penelitian juga memberi informasi bahwa rangkaian sensor LDR yang kita buat memiliki kepekaan intensitas $(40,2 \leq I \leq 8,2) \text{ watt/m}^2$, resistansi $(6,7 \leq R \leq 22,6) \text{ k}$

Key words: LDR, Visiblelight dan iluminasi

PENDAHULUAN

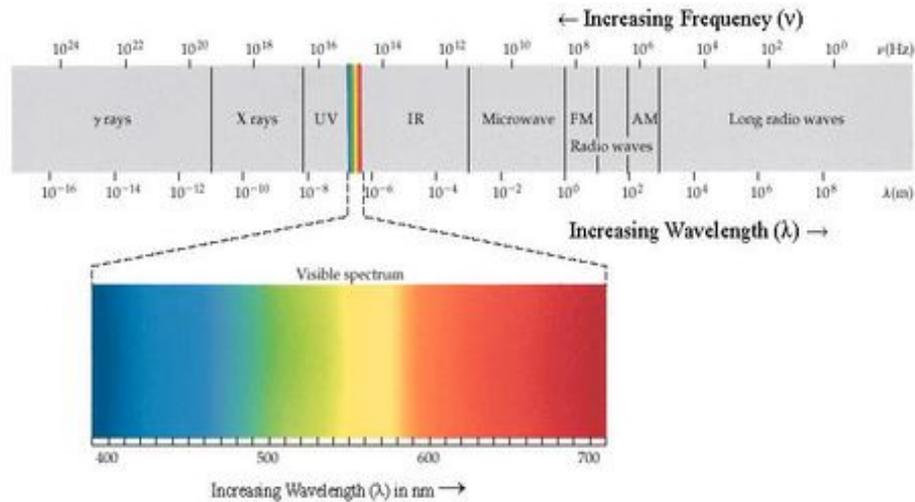
Latar Belakang. Perkembangan Ilmu pengetahuan dan Teknologi menuntun manusia ke arah hidup yang lebih layak dan lebih simple dalam menjalankan programnya. Panjangnya rute program kehidupan dapat dipotong berkat bermunculannya sistem peralatan yang berbasis computer atau microcontroller. Begitu juga penemuan penemuan jenis sensor baru menjadikan manusia semakin mudah dalam memenej sistem dan luasnya areal kehidupan menjadi lebih sempit dan memerlukan waktu yang lebih pendek. Untuk itu kita perlu alat yang dapat memberikan mendeteksi keberadaan material yang ada di rumah rumah kita, kantor dan gedung-gedung yang memiliki barang-barang berharga. Dalam hal ini dibutuhkan sebuah alat yang dapat membantu memberikan informasi dengan cepat kepada pemilik rumah tentang keberadaan benda benda milik kita.

Tujuan Khusus. Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah. (a). Meneliti dan menganalisis kepekaan sensor optik. yang mampu mendeteksi material. (b). Merealisasikan sensor optik sebagai teknologi utama alat pendeteksi Material. (c). Mengetahui hubungan antara fungsi jarak dengan intensitas foton. (d). Mengetahui hubungan antara jarak dengan resistansi alat

Manfaat Penelitian. Urgensi dari penelitian yang dilakukan adalah. (a). Diketuinya kepekaan sebuah sensor optik sehingga memenuhi kelayakan medium tempat alat diletakkan. (b). Terealisasinya dan terciptanya sebuah sensor yang memiliki kepekaan berbasis *Visiblelight*. (c). Terciptanya sebuah sensor yang memadahi dan aman kerahasiaannya

TINJAUAN PUSTAKA

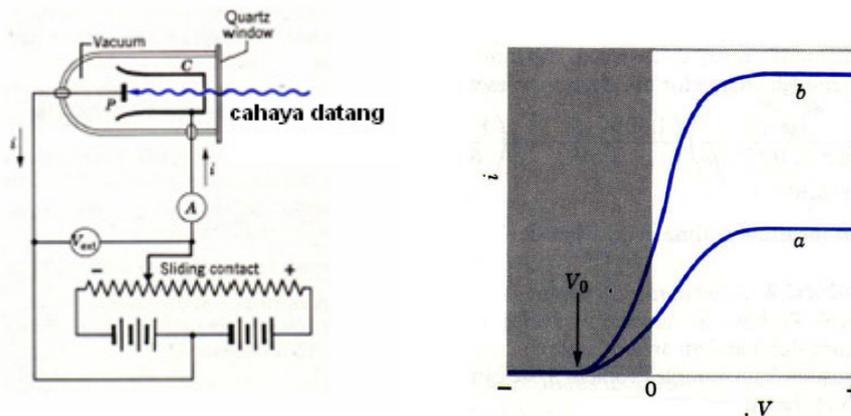
Cahaya. Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang kurang 1 mm, Gelombang elektromagnetik berdasarkan panjang gelombangnya dibagi menjadi energi listrik, radio, gelombang mikro, inframerah, cahaya tampak, ultraviolet, sinar-X, dan sinar gamma. Pembagian gelombang elektromagnetik dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 1. spektrum elektromagnetik
 (http://en.wikipedia.org/wiki/electromagnetic_radiation.htm)

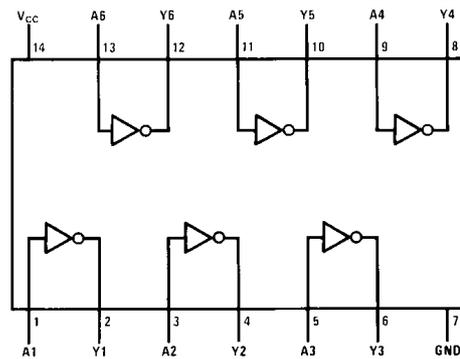
Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1, dapat dilihat bahwa semakin tinggi frekuensi, panjang gelombangnya semakin pendek dengan energi yang semakin besar. Sebuah sensor cahaya dapat berupa LDR yang keluarannya berupa tegangan. Keluaran dari sensor relatif kecil (orde milivolt) dan biasanya diiringi oleh *noise* sehingga diperlukan pengolah sinyal untuk menghilangkan *noise* dan penguat untuk pengolahan selanjutnya. Cahaya inframerah dikenal juga sebagai cahaya panas (*heat radiation*), karena matahari tidak hanya memancarkan cahaya tampak tetapi juga sebagian besarnya adalah inframerah dan ultraviolet, hal ini terbukti dengan terasa hangatnya kulit yang terkena cahaya inframerah yang disebabkan molekul pada kulit beresonansi terhadap frekuensi inframerah (Giancoli, 1988).

Intensitas Foton. Di dalam teori gelombang, bila kita menambah intensitas berkas cahaya maka kita juga akan menambah besarnya vektor medan listrik osilasi \vec{E} . Gaya yang dikenakan pada elektron adalah $e\vec{E}$. Jadi kita berharap bahwa lebih banyak intensitas cahaya maka akan lebih cepat (*energetic*) fotoelektron tersebut. Akan tetapi hasil eksperimen yang diamati sampai jangkauan intensitas $\sim 10^7$ menunjukkan bahwa V_0 (jadi E_k) tidak bergantung pada intensitas cahaya. Menggunakan gambaran/model foton, maka "intensitas foton" tidak menjadikan masalah



Gambar 2. Peralatan dan hasil pengamatan efek fotolistrik

IC DM74LS04N. IC NOT 74LS04 digunakan sebagai pembalik tegangan yang berasal dari fototransistor. Bila tegangan yang berasal dari fototransistor berlogika 1, maka keluaran dari IC 74LS04 akan berlogika 0 dan sebaliknya. Gambar IC 74LS04 dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 3 Konfigurasi Pin IC 74LS04

Pada penelitian yang dilakukan, hanya digunakan kaki 1 dan 2 sebagai output ke *trigger*, sedangkan kaki 3 dan 4 akan digunakan untuk LED indikasi.

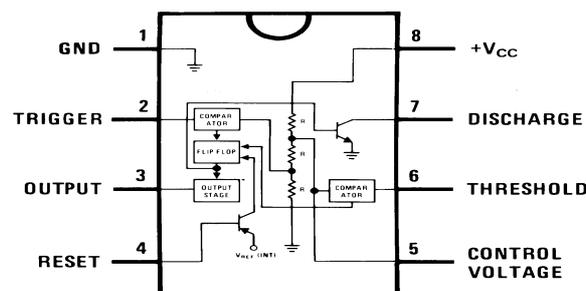
Transduser dan Sensor Optik. Transduser adalah peralatan yang dapat mengubah besaran fisis menjadi besaran listrik, transduser dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu. (a). Input Transduser (Electric-Input Transducer) berfungsi mengubah energi non-listrik seperti suara, cahaya, menjadi energi listrik. (b). Output Transduser (Electric-Output Transducer) merupakan kebalikan dari Input Transduser.

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mendeteksi ataupun mengukur besaran dari sesuatu. Sensor umumnya dikategorikan menurut apa yang diukur dan sangat berperan penting dalam proses pengendalian manufaktur modern (Tugino, 2006). Transduser adalah suatu instrumen yang mengubah satu bentuk energi ke dalam bentuk energi yang lain. Sedangkan sensor adalah instrumen yang bersifat lebih spesifik, yaitu mengubah besaran fisis ke dalam besaran elektrik (Warsito, 2004). Sensor digunakan sebagai elemen yang langsung mengadakan kontak dengan yang diukur (Sumarno, 2001). Oleh karena itu, sensor sering digunakan sebagai input dari sebuah transduser.

Sensor menurut jenis sistem catu dayanya dibagi menjadi dua macam yaitu:

- a. Sensor pasif
Sensor jenis ini tidak dapat menghasilkan tegangan sendiri sehingga memerlukan catu daya eksternal untuk dapat bekerja.
- b. Sensor aktif
Sensor jenis ini tidak memerlukan catu daya eksternal. Sensor ini dapat menghasilkan tegangan sendiri.

Pembangkit Pulsa IC 555. IC NE/SE 555 merupakan sebuah IC pewaktu monolit fungsinya sebagai pengatur yang mantap yang mampu membangkitkan waktu tunda dengan cermat karena secara internal IC ini disusun dengan dua buah op-amp untuk mengeset dan mereset sebuah flip-flop yang mengoperasikan sebuah transistor NPN. Dalam variasi waktu tunda, waktu dikendalikan oleh sebuah resistor dan kapasitor secara eksternal. Untuk operasi tak mantap sebagai osilator, frekuensi bebas dan siklus aktif (*duty cycle*) dikendalikan oleh dua resistor dan satu kapasitor. Rangkaian dapat dipicu dan direset pada bentuk gelombang tertentu. Karena sifatnya sebagai sinyal clock, maka bentuk gelombang keluarannya adalah persegi (Budiharto, W., 2005).



Gambar 4 Konfigurasi Pin IC 555

Gelombang keluaran IC 555 sebagai astabil tidak simetris, karena waktu pengisian kapasitor lebih lama dibandingkan waktu pengosongan, seperti ditunjukkan pada gambar 2.8 keadaan ini digunakan untuk menyatakan siklus aktif (*duty cycle*) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Duty\ cycle = \frac{t_2}{t_1 + t_2} = \frac{R_b}{R_a + 2R_b} \quad (2.6)$$

Pengisian kapasitor membutuhkan waktu t . Tegangan kapsitor dimulai pada $+1/3 V_{cc}$ dan berakhir pada $+2/3 V_{cc}$. Waktu pengisian kapasitor dihitung dengan persamaan berikut :

$$t_1 = 0,693 (R_a + R_b) C \quad (2.7)$$

dengan persamaan yang sama waktu pengosongan adalah :

$$t_2 = 0,693 R_b C \quad (2.8)$$

dari persamaan (2.7) dan (2.8) besarnya periode gelombang ditentukan oleh persamaan berikut :

$$T = (0,693(R_a + R_b) + 0,693 R_b) C \quad (2.9)$$

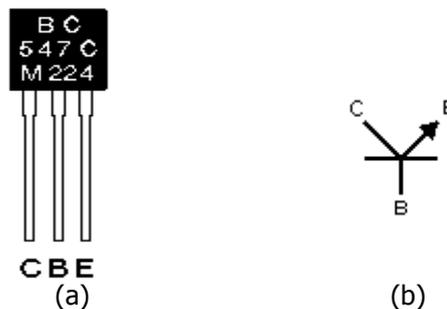
Nilai frekuensinya adalah :

$$f = \frac{1,44}{(2.R_b + R_a).C} \quad (2.10)$$

Jika $R_a \ll R_b$ maka frekuensinya menjadi :

$$f = \frac{0,72}{R_b.C} \quad (2.11)$$

Transistor sebagai Saklar. Transistor bersifat sebagai saklar jika memiliki dua keadaan yaitu keadaan terputus (*cutoff*) dan keadaan jenuh atau mengalir (*saturation*) (Blocher, 2003). Bentuk fisik transistor dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 5 (A)Transistor Jenis 547 (B)Simbol Transistor

Transistor dalam keadaan *cutoff* disebabkan hubungan basis-emitor (*base-emiter junction*) tidak terbias-maju (*forward-biased*), hal ini menyebabkan hubungan antara kolektor dan emiter menjadi terbuka sehingga arus tidak mengalir ke emiter. Sehingga, tegangan antara kolektor dan emiter (V_{CE}) mendekati nilai V_{CC} seperti yang ditunjukkan oleh Pers 2.12 dan diilustrasikan oleh Gambar 2.14.(a)

$$V_{CE(cutoff)} \cong V_{CC} \quad (2.12)$$

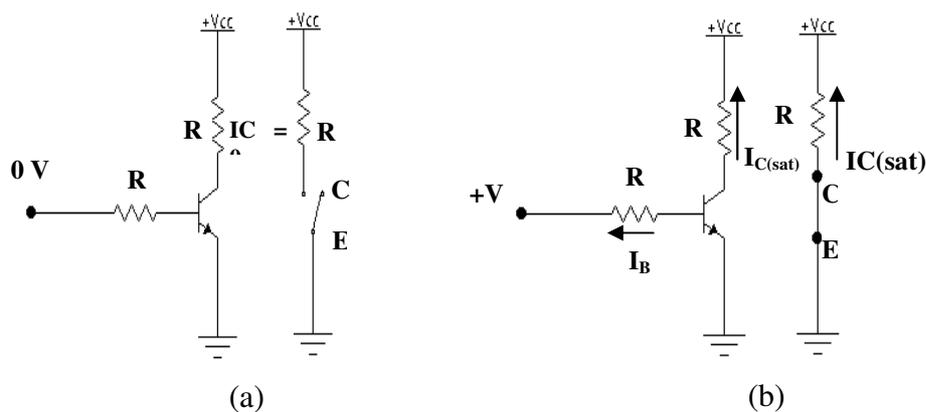
Transistor berada dalam keadaan saturasi (saturation) jika hubungan basis dan emiter (*base-emiter junction*) terbias-maju (*forward-biased*) dan arus pada basis cukup untuk mencapai harga saturasi, hal ini menyebabkan kolektor dan emiter terhubung. Karena pada keadaan ini tegangan antara kolektor dan emiter (V_{CE}) mendekati nilai 0, maka arus pada kolektor (I_C) diperoleh dengan pers 2.13 dan diilustrasikan oleh Gambar 2.14.(b)

$$I_{C(sat)} \cong \frac{V_{CC}}{R_C} \quad (2.13)$$

Nilai minimum arus pada basis yang dibutuhkan untuk mencapai saturasi dengan DC beta (β_{DC}), yaitu perbandingan antara I_C/I_B adalah:

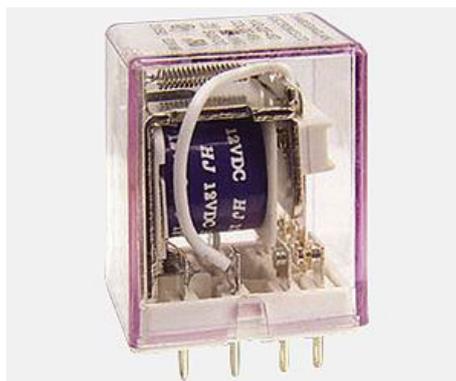
$$I_{B(min)} = \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{DC}} \quad (2.14)$$

Ilustrasi transistor sebagai saklar dapat dilihat pada Gambar 2.10



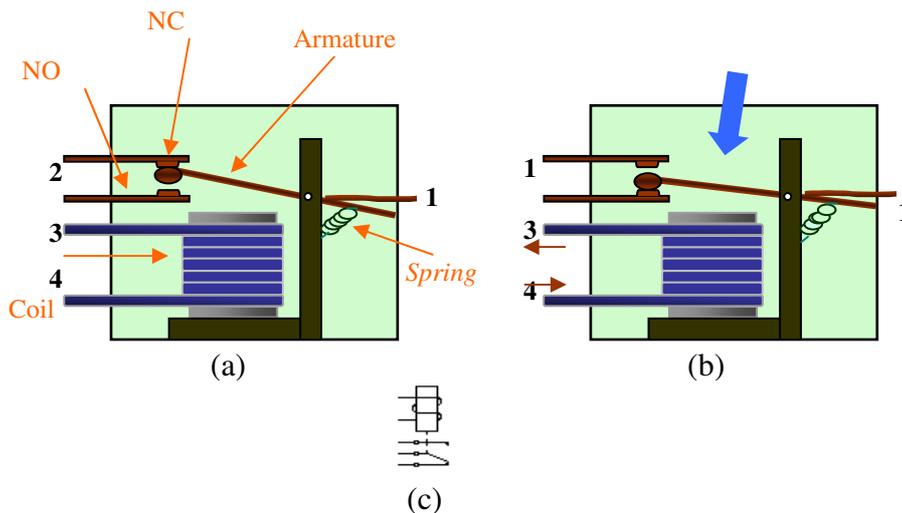
Gambar 6 (a) Transistor dalam keadaan *Cutoff*.(b) Transistor dalam keadaan saturasi. (Floyd, 1995)

Relay. Relay adalah salah satu aplikasi dari penggunaan medan magnet yang dihasilkan oleh solenida (kumparan dengan inti besi) untuk memberikan aksi pada kontak listrik. Gambar 2.6 relay jenis JQX(4453):



Gambar 7 Relay Jenis JQX(4453)

Prinsip dasar kerja dari relay adalah pada saat tidak ada arus pada kumparan, *armature* (penghubung listrik) menyentuh bagian kontak atas (*NC Contact*) karena adanya tarikan dari pegas (*spring*), hal ini menyebabkan arus listrik mengalir dari terminal 1 ke terminal 2 atau keadaan ini disebut *Normally Closed* (NC) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.(a).



Gambar 8. Relay (a) Normally Closed (b) Normally Open (c) Simbol relay (Floyd, 1995)

Besarnya medan magnet pada kumparan yang terdapat dalam solenoida dapat dicari dengan persamaan :

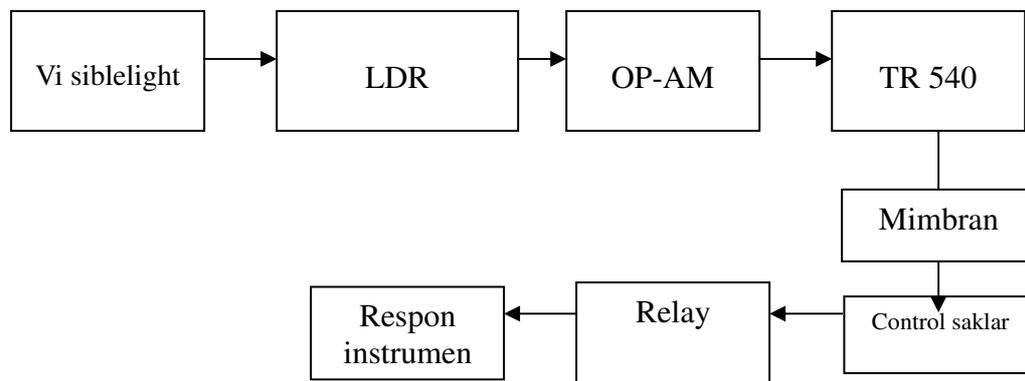
$$B = \frac{\mu NI}{L} \quad (\text{di pusat Solenoida}) \quad (2.15)$$

$$B = \frac{\mu NI}{2L} \quad (\text{di ujung Solenoida}) \quad (2.16)$$

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian yang dilakukan meliputi tahap tahap

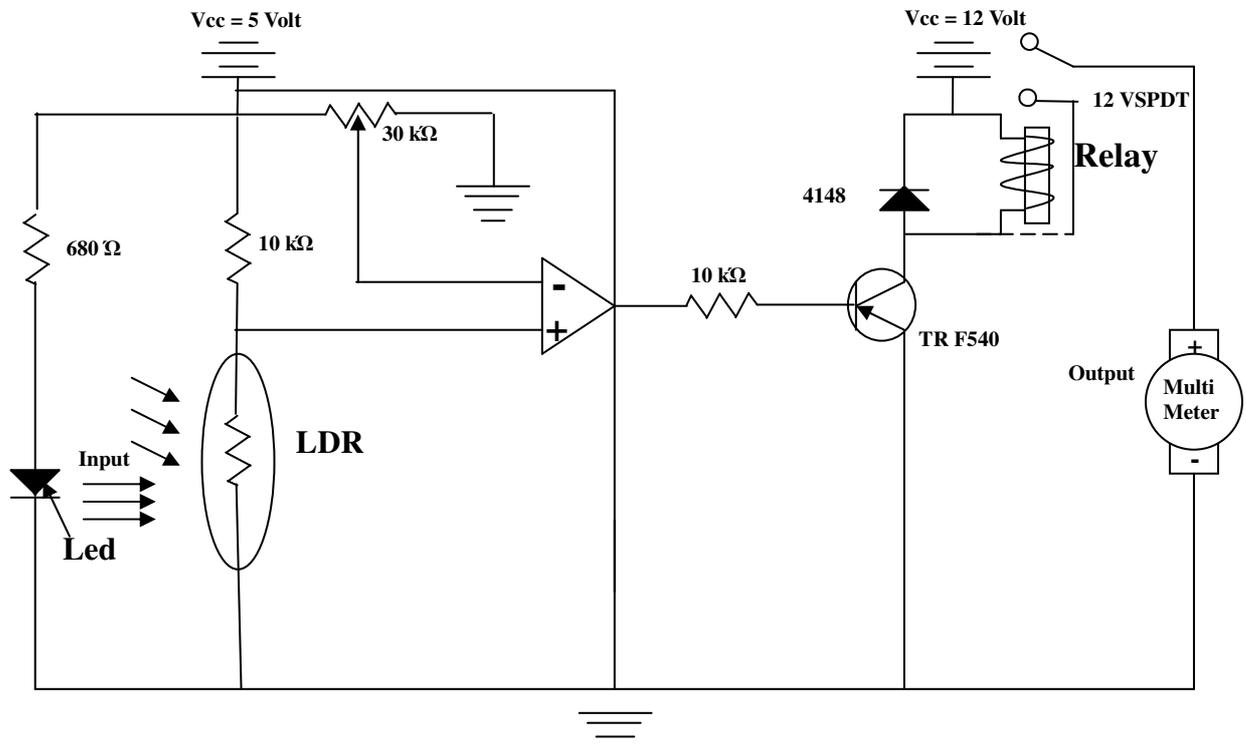
Pembuatan Alat. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, pada bulan Juni 2009 sampai dengan Oktober 2009, Dengan diagram block alat sebagai berikut



Gambar 9. Diagram Blok Pendeteksi material

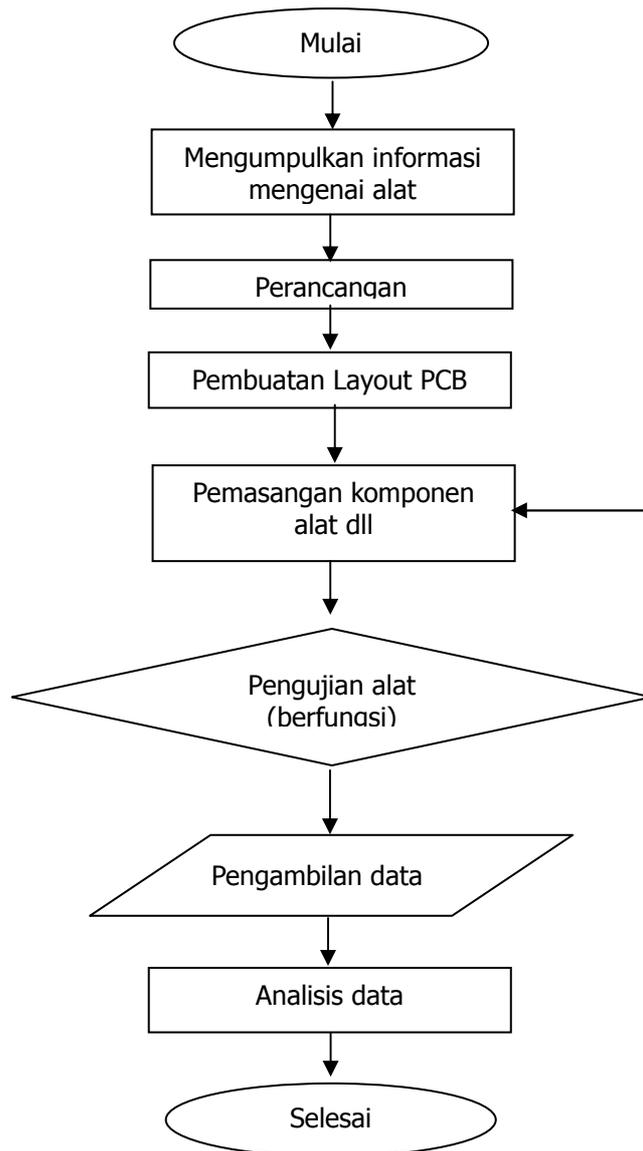
Peguajian Alat. Pengujian sensor cahaya untuk mengetahui besar Intensitas cahaya yang mampu ditangkap pada jarak r cm serta mengetahui resistansi R ohm yang dimiliki oleh alat yang bisa diukur lewat keluarannya Pengujian sensor penerima cahaya menggunakan LDR sebagai sensor bertujuan untuk mengetahui jarak maksimal yang dapat dideteksi oleh sensor cahaya dari

sumber serta luas area yang dapat dijangkau. Panas tubuh manusia yang digunakan Jarak sumber terhadap sensor diubah sampai jarak tertentu sampai multimeter tidak menunjukkan respon tegangan yang dihasilkan oleh sensor. Ketika tidak ada objek yang di deteksi. Adapun rangkaian alat bisa dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini



Gambar 10. Rangkaian Alat Sensor Pendeteksi Visible Light

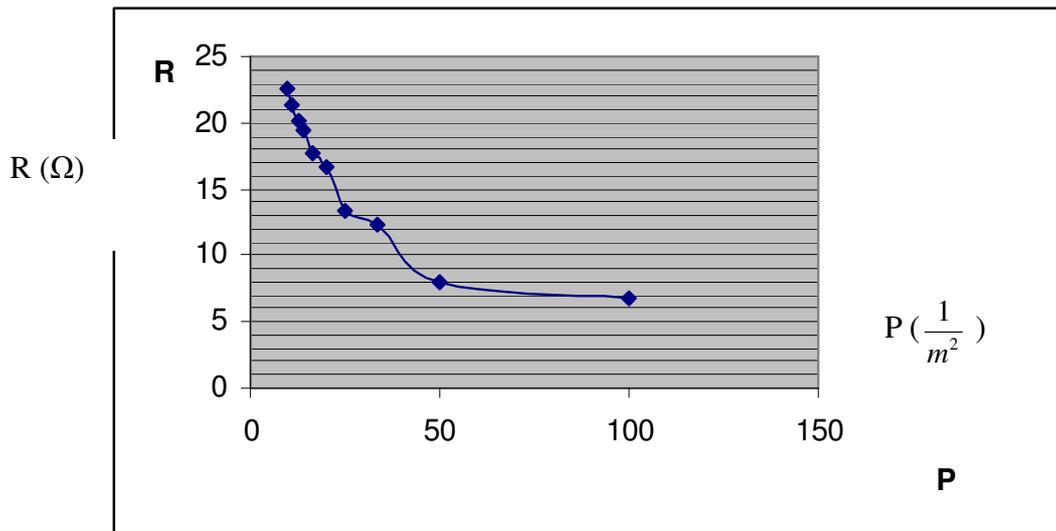
Pengambilan Data. Tahap berikutnya adalah proses pengambilan data dari rangkaian pendeteksi Visiblelight



Gambar 11. Tahapan Pengambilan Data Alat

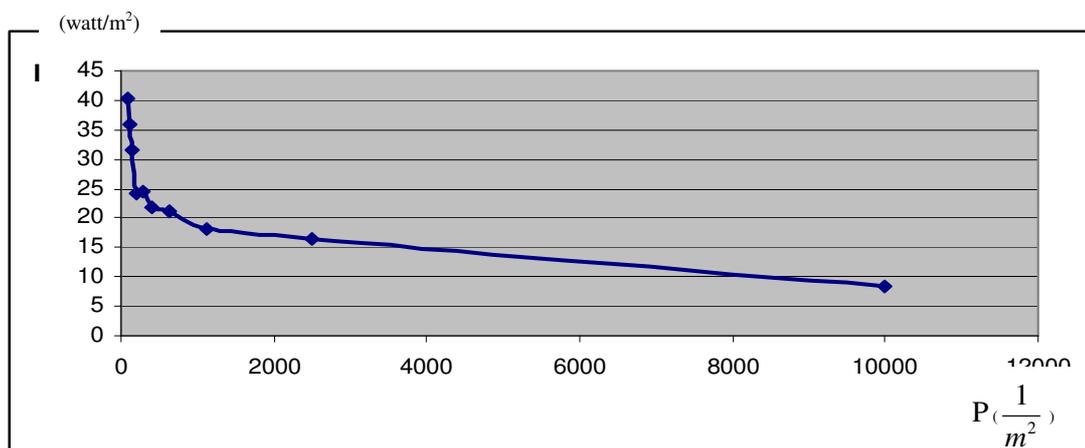
HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik Hubungan antara Resistansi R dengan Jarak r sumber Pencahayaan. Grafik pada Gambar 12 menunjukkan hubungan fungsi antara resistansi yang dimiliki oleh alat pendeteksi gerakan material terhadap fungsi jarak r pencahayaan yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Fungsi ini diturunkan dari dua persamaan yaitu $P=I/A$, dimana P adalah daya penyinaran, I intensitas penyinaran dan A adalah luas bidang tiga dimensi dari proses penyinaran, sedangkan persamaan daya listriknya adalah $P=V^2/R$, dengan P adalah daya listrik, V potensial listrik dan R adalah resistansi sebuah hantaran listrik. Dengan memandang bahwa $A=4\pi r^2$, maka didapatkan persamaan bahwa $I = V^2/4\pi r^2 R$, sehingga didapatkan I berbanding lurus dengan $1/r^2$, sehingga data yang diperoleh dari hasil pengamatan didapatkan grafik seperti pada Gambar 4,1 dibawah ini



Gambar. 12 Grafik hubungan antara resistansi R dengan jarak P dimana ($P=1/r^2$)

Pada grafik diperlihatkan bahwa fungsi Resisitansi R berbanding terbalik kuadrat jarak antara sensor dengan sumber cahaya, sehingga apabila sumber pencahayaan didekatkan pada sensor maka akan terjadi kenaikan tahanan yang berbanding lurus dengan faktor $1/r^2$, sebaliknya bila sensor dijauhkan dengan sumber pencahayaan dengan kata lain menurunkan nilai kuat penerangan maka nilai tahanan akan turun dna sebanding dengan faktor $1/r^2$, maka untuk mendeteksi keberadaan material didepan sensor harus dinaikan kuat penerangannya dengan mendekatkan sumber penerangan pada sesnsor atau sebaliknya mendekatkan sensor ke sumber cahaya yang menjadi suplay energi penerangan bagi sensor. Grafik hubungan antara Intensitas I dangan jarak r sumber pencahayaan. Intensitas cahaya adalah merupakan energi cahaya yang menerpa sebuah bidang permukaan material. Besarnya intensitas cahaya sangat tergantung pada sudut datang cahaya. Bila cahaya datang dengan sudut 0^0 dengangaris normal bidang maka intensitas cahaya akan maksimum. Gambar 4.2. merupakan grafika hubungan antara intensitas cahaya dengan jarak sumber terhadap sensor optik.



Gambar 13 Grafik Hubungan antara Intensitas (I) dengan jarak P, dimana ($\frac{1}{r^2} = P$)

Untuk meningkatkan kepekaan sensor dengan material yang teramati, maka yang harus dilakukan adalah dengan mengarahkan sumber cahaya dengan sensor optik tepat pada sumbu permukaannya, yaitu 0^0 dengan permukaan bidang. Cara kedua yaitu dengan cara mendekatkan sumber cahaya dengan sensor optik agar intensitasnya maksimum. Dari grafik pada Gambar 4.2. bila jarak sumber cahaya didekatkan maka intensitas akan bertambah yang pertambahannya berbanding lurus dengan seper kuadrat jarak kesumber cahayanya, sebaliknya penurunan intensitas berbanding terbalik dengan akar intensitas cahaya

DAFTAR PUSTAKA

- Barmawi, M. dan Tjia, M.O., 1997, Elektronik Komputer Digital, Institut Teknologi Bandung, Erlangga, Jakarta.
- Fadeli, 1984, Elektronika Dasar I FMIPA, Universitas Gajah Mada, Jogjakarta.
- Fredrik W. Hughes.,1997, Panduan OP-AMP, Prentice Hall Inc, New Jersey, USA.
- Halliday ,D & Resnick, R., 1999, Physics, John wiley & Sons Inc, New York, USA.
- Philips, C & Harbor, R., 1996, Feedback Control System, Third Edition, Prentice Hall Inc, New jersey, USA.
- Sumijokartono, 1990, Elektronik Praktis, Elex Media Kompentindo, Jakarta.
- Tokheim, R., 1999, Digital Electronics Principle and Application, John Wiley & Sons Inc, New York, USA
- Milman & Halkias., 1997, Integrated Electronics, Columbia University, Mc Graw Hill, Inc, New Jersey, USA.
- William, D.C., 1978, Elaktronics Instrumentation and Measurement Techniques, MC Graw Hill Inc, New Jersey, USA.

COAL BED METHANE SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF BARU DAN UPAYA PEMANTAUAN PROSES PRODUKSINYA

Muh Sarkowi

PS. Teknik Geofisika Fak. Teknik Universitas Lampung
Jl. Prof. Soemantri Brodjonegoro No. 1 Bandar Lampung
email : sarkov323@yahoo.com

ABSTRAK

Coal bed methane (CBM) adalah gas methane yang terjebak pada lapisan batubara. Gas methane ini terbentuk oleh proses biologis melalui aktifitas mikroba atau proses thermal akibat kenaikan suhu pada kedalaman lapisan batubara. *CBM* kerap dinilai sebagai masalah bagi operasi penambangan batubara dan merupakan gas penyerap radiasi inframerah yang kuat serta merupakan gas penyebab efek rumah kaca. Perkembangan teknologi menunjukkan bahwa *CBM* justru bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif baru. Di Indonesia *CBM* sampai saat ini belum dimanfaatkan, padahal potensi cadangan *CBM* di Indonesia terbesar di dunia yaitu 450 TCF jauh lebih besar dibandingkan dengan cadangan gas alam sebesar 196 TCF. Eksploitasi *CBM* dimulai dari rekayasa reservoir *CBM* dengan metode dewatering sehingga terjadi penurunan tekanan pada reservoir sehingga gas *CBM* dapat keluar. Proses rekayasa reservoir merupakan hal yang sangat penting karena berperan dalam produksi *CBM*. Proses dewatering dan produksi harus dipantau untuk mengetahui: pergerakan air dan daerah yang mengalami pengurangan air pada reservoir *CBM*, sehingga efektifitas proses pengurangan air dapat diketahui. Pada penelitian ini diusulkan metode microgravity 4D untuk memantau proses rekayasa reservoir dan proses pengurangan air pada reservoir *CBM*. Harapannya metode 4D Microgravity dapat digunakan untuk mendukung proses eksplorasi dan eksploitasi *CBM*

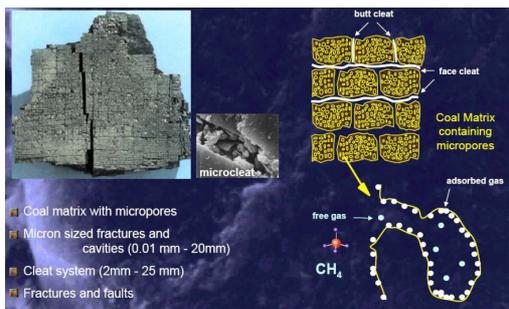
Kata Kunci : *Coal Bed Methane, 4D microgravity, dewatering, productions*

PENDAHULUAN

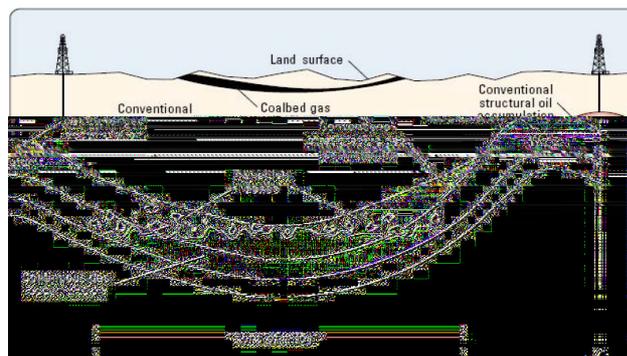
Metode 4D microgravity merupakan pengembangan dari metode gravitasi dengan dimensi keempatnya adalah waktu. Ciri dari 4D microgravity adalah pengukuran gayaberat mikro secara berulang yang teliti dalam orde μ Gall, dan pengukuran tinggi yang teliti dalam orde mm. Anomali 4D microgravity menunjukkan dinamika fluida yang terjadi dan amblesan tanah pada saat pengukuran. Dinamika fluida bawah permukaan memiliki respon gayaberat mikro 4D yang kecil, sehingga harus dilakukan perencanaan survey yang cukup baik sebelum melakukan monitoring. Metode gayaberat mikro 4D telah diterapkan pada berbagai bidang seperti : monitoring reservoir panas bumi (Allis, R.G, 1986., Andres, R.B.S, 1993., Akasaka, C, 2000), pemantauan injeksi air pada reservoir gas (Hare, J.L. et.all. 1999., dan Gelderen, M.V. et.all, 1999), pemantauan amblesan tanah (Styles, P., 2003., Kadir , 2003), pemantauan magma dan prediksi letusan (Rymer, H, 2000), pemantauan injeksi air pada reservoir hidrokarbon (Bradley, 1999). Pada penelitian ini akan dicoba kemungkinan metode 4D microgravity untuk pemantauan proses dewatering dan produksi *CBM*. Perubahan nilai microgravity 4D di suatu titik dapat disebabkan oleh : perubahan fluida bawah permukaan dan perubahan tinggi titik amat. Proses pengurangan air dan proses produksi *coal bed methane* menyebabkan terjadinya pengurangan fluida (penurunan densitas) pada reservoir coal bed methane yang akan mengakibatkan terjadinya penurunan respon gayaberat yang terukur di permukaan dan perubahan nilai anomali microgravity 4D. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah : metode microgravity 4D dapat digunakan untuk memantau proses pengurangan air dan produksi coal bed methane, mengetahui efektifitas dari proses pengurangan air dan proses produksi *coal bed methane* menggunakan metode microgravity 4D baik dari simulasi data sintetik maupun data lapangan, mengetahui cadangan *coal bed methane* di lapangan Rambutan, mengetahui struktur

geologi detail dan sifat-sifat dari struktur tersebut di daerah prospek *coal bed methane* lapangan Rambutan berdasarkan analisa anomali microgravity 4D dan anomali boguer lengkap.

Coal Bed Methane. *Coal bed methane* (gas methane batubara) adalah gas metana yang dihasilkan selama proses pembatubaraan dan terperangkap dalam batubara. Gas tersebut dapat terbentuk secara biogenic maupun thermogenic. Ciri fisik dari *coal bed methane* adalah: tak berwarna, tidak berbau, tidak beracun, tapi ketika bercampur dengan udara dapat meledak secara tiba-tiba, sehingga menjadi ancaman keselamatan bagi pekerja tambang karena beracun dan mematikan. Coal bed methane tersimpan pada matrik batubara secara adsorption, yaitu gas menempel di dalam pori-pori batubara meskipun ada juga *coal bed methane* bebas tidak menempel pada matrik batubara (Gambar 1). *Coal bed methane* sama seperti gas alam konvensional yang kita kenal saat ini, namun perbedaannya adalah coal bed methane berasosiasi dengan batubara sebagai source rock dan reservoirnya. Sedangkan gas alam walaupun sebagian ada yang bersumber dari batubara dan diproduksi pada reservoir pasir, gamping maupun rekahan batuan beku. Hal lain yang membedakan keduanya adalah cara penambangannya dimana reservoir *coal bed methane* harus direkayasa terlebih dahulu sebelum gasnya dapat diproduksi. Pengertian reservoir batubara masih baru dalam dunia perminyakan. *Coal bed methane* berasal dari material organik tumbuhan tinggi, melalui beberapa proses kimia dan fisika yang berubah menjadi gambut dan akhirnya terbentuk batubara. Selama berlangsungnya proses pematangan dan pematangan, material organik akan mengeluarkan air, CO₂, gas metana dan gas lainnya (Gambar 2)

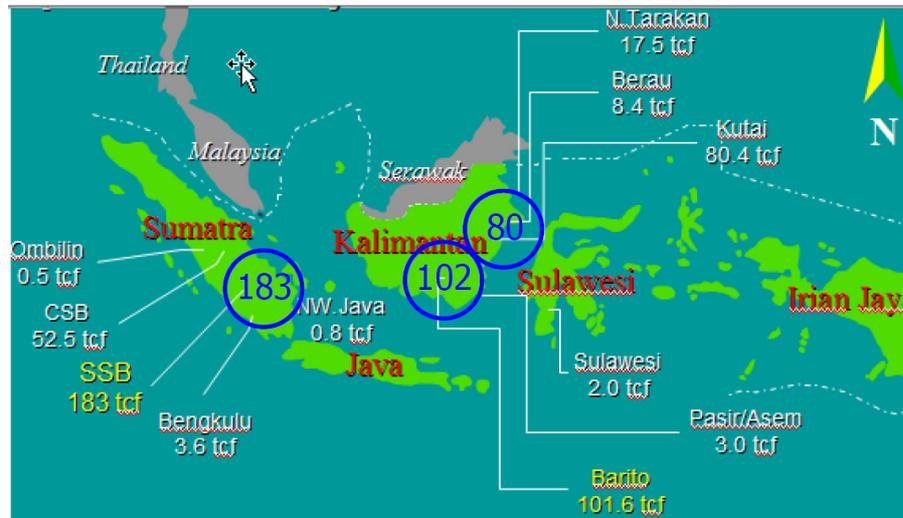


Gambar 1. Perbedaan keberadaan *coal bed methane* dan gas alam pada reservoir (Hamzah, 2007).



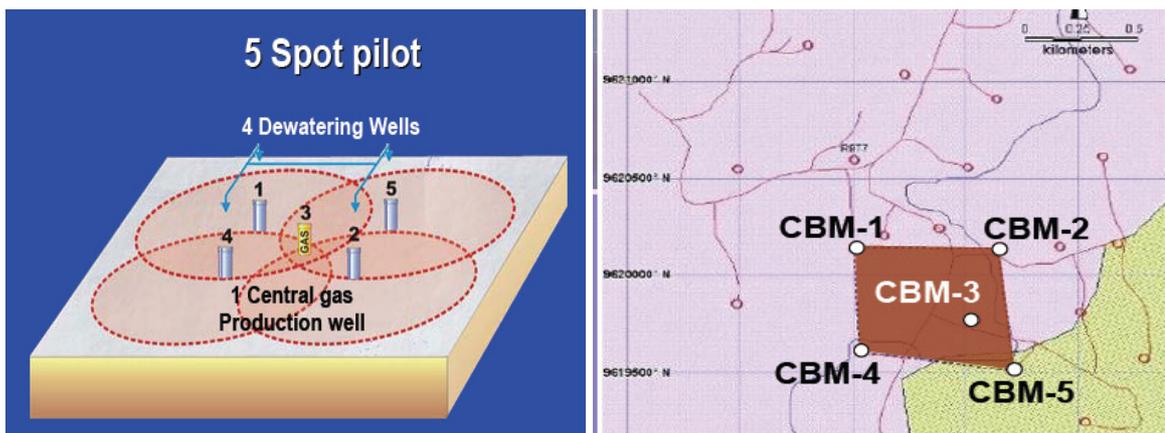
Gambar 2. Model keberadaan gas alam dan *coal bed methane* (Joe Fisher, 2005)

Coal bed meth dapat keluar dari matriks batubara melalui bidang rekahan. Untuk memproduksi *coal bed methane* dilakukan dengan melakukan pengeboran beberapa sumur sampai menembus reservoir *coal bed methane* (lapisan batubara), selanjutnya dilakukan rekayasa batubara (sebagai reservoir) agar didapatkan cukup ruang sebagai jalan keluar gas. Proses rekayasa diawali dengan memproduksi air (dewatering) agar terjadi perubahan kesetimbangan mekanika. Setelah tekanan turun, *coal bed methane* akan keluar dari matriks batubaranya. Gas metana kemudian akan mengalir melalui rekahan batubara (cleat) dan akhirnya keluar menuju lobang sumur. Potensi cadangan *coal bed methane* di Indonesia merupakan yang terbesar di dunia yaitu 450 TCF jauh lebih besar dibandingkan dengan cadangan gas alam sebesar 196 TCF. Potensi *coal bed methane* di Indonesia dan penyebarannya ditunjukkan pada Gambar 3.



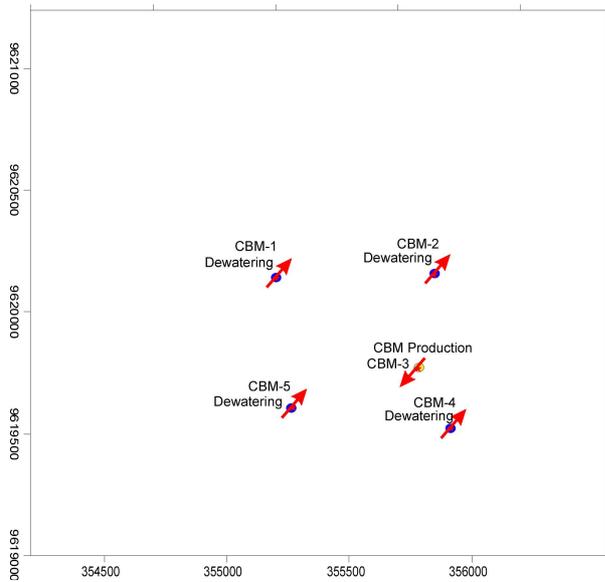
Gambar 3. Potensi coal bed methane di Indonesia dan penyebarannya (Hamzah, 2007).

Microgravity 4D untuk Pemantauan Proses Dewatering dan Produksi CBM. Seperti dijelaskan di atas bahwa untuk memproduksi CBM langkah yang perlu dilakukan adalah dengan melakukan rekayasa reservoir yaitu dengan melakukan dewatering melalui sumur-sumur. Biasanya teknik yang digunakan adalah dengan membuat 5 sumur dimana 4 sumur sebagai sumur dewatering dan 1 sumur di tengah sebagai sumur produksi CBM seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Susunan sumur pada proses produksi CBM

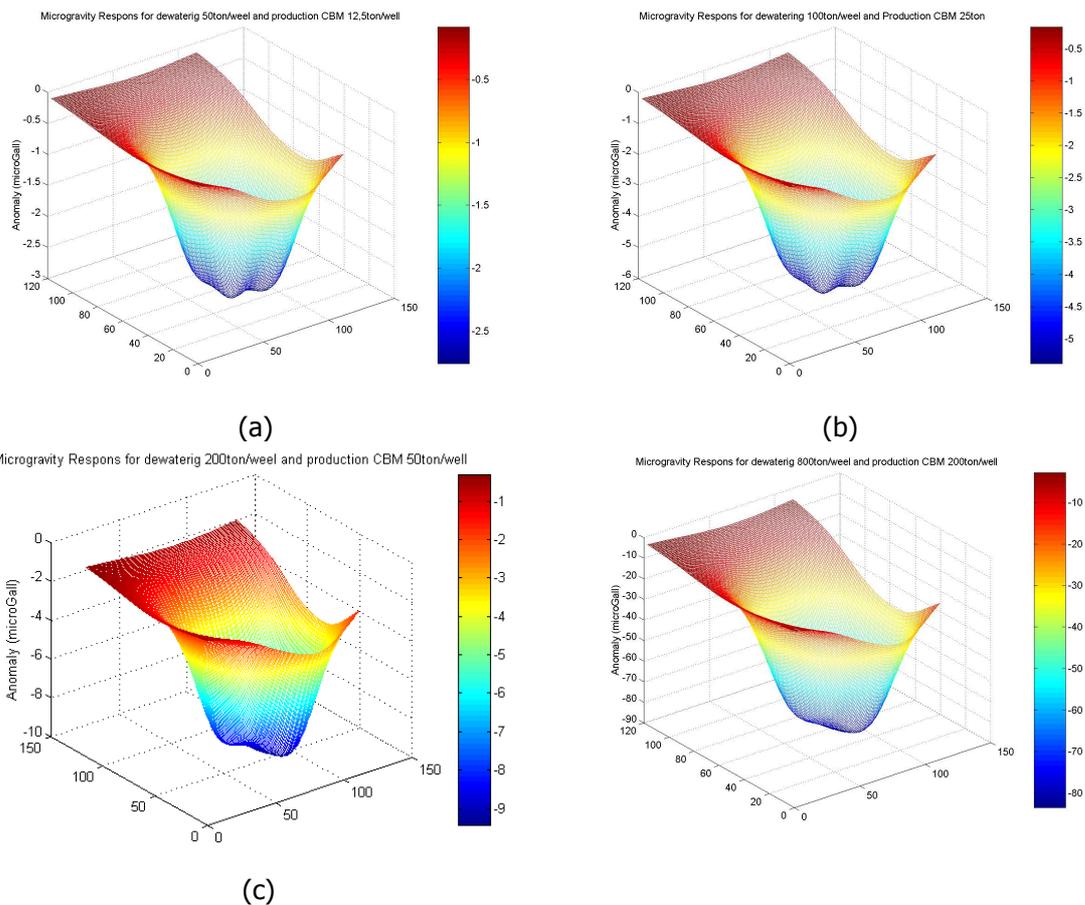
Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi untuk mengetahui respon microgravity 4D akibat proses dewatering dari 4 sumur dan proses produksi dari 1 sumur dibagian tengah. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui apakah metode ini dapat digunakan untuk proses pemantauan proses dewatering dan produksi CBM.



Parameter Model Simulasi :

- Dewatering dari sumur CBM1, CBM2, CB4 dan CBM 5
- Produksi SCM dari sumur CBM-3
- Kedalaman Batubara : 450 – 500 meter

Gambar 5. Distribusi sumur dewatering, sumur produksi CBM di lapangan Rambutan dan parameter model simulasi proses dewatering



Gambar 6. Hasil Simulasi respon 4D Microgravity akibat proses dewatering dan produksi CBM. (a) Dewatering 50 ton, CBM 12.5 ton (b) Dewatering 100 ton, CBM 25 ton (c) Dewatering 200 ton, CBM 50 ton (d) Dewatering 800 ton, CBM 200 ton

Hasil pemodelan di atas menunjukkan bahwa respon anomaly 4D Microgravity akibat proses dewatering dan produksi CBM akan dapat diukur oleh gravimeter yang ada terutama setelah jumlah dewatering mencapai 100 ton, dimana respon anomaly 4D Microgravity mencapai -6 microGal.

KESIMPULAN

CBM merupakan sumber energi alternatif yang harus segera dimanfaatkan mengingat cadangan energi lain yang semakin kecil dan mahal. Potensi cadangan *CBM* di Indonesia merupakan yang terbesar di dunia mencapai 450 TCF jauh lebih besar dibandingkan dengan cadangan gas alam sebesar 196 TCF harus segera dieksplorasi dan eksploitasi sehingga dapat bermanfaat bagi masyarakat. Kegiatan eksplorasi CBM saat ini sudah berjalan dan sudah mencapai tahap pilot project yaitu di Lapangan Rambutan Sumatera Selatan yang dilakukan oleh LEMIGAS dan MEDCO. Kegiatan produksi CBM khususnya pada tahap dewatering (rekayasa reservoir CBM) harus dipantau dengan baik agar mendapatkan hasil sesuai yang diharapkan. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa metode 4D microgravity dapat dan mampu memantau proses dewatering sehingga dapat diketahui : daerah yang mengalami dewatering, daerah produksi CBM dan lain-lain. Mengingat respon 4D Microgravity akibat proses dewatering dan proses produksi CBM memiliki respon yang kecil maka proses pemantauan harus dilakukan menggunakan peralatan yang teliti dan procedure yang khusus.

DAFTAR PUSTAKA

- Allis, R.G, T.M, Hunt, 1986, Analisis of Exploration-induced gravity changes at Wairakei geothermal Field, geophysics 51, p. 1647-1660
- Andres, R.B.S and J.R. Pedersen ,1983. Monitoring the Bulalo geothermal reservoir, Philipines, using precession gravity data. Geothermics, 22
- Akasaka, C and Nakanishi, S, 2000. Correction of Background gravity change due to precipitation ; oguni geothermal Field, Japan. Proceeding World Geothermal Congress, Kyushu – Tohoku, Japan.
- Evita H L, 2007. Development of Alternative Energi in Indonesia. 5th Asian Petroleum Technology Symposium, Jakarta 23-25 Januari 2007
- Eko B.C dan Edi S, 2006. Pengukuran Kandungan Gas dalam Lapisan Batubara pada wilayah PKP2B di propinsi Kalimantan Timur, dan Kajian Potensi Gas Methane (CBG) di Barito Kalintan, Laporan Penelitian.
- Gelderen, M.V., Haagmans, R., and Bilker, M., 1999. Gravity change and natural gas extraction in Groningen. Geophysical Prospecting, 47.
- Hare, J.L, Ferguson, J.F, Aiken, C.L.V, and Brady, J.L, 1999. The 4-D microgravity method for waterflood surveillance: A model study for the Prudhoe Bay reservoir, Alaska. Geophysics, Vol. 64 No. 1 (January-February 1999)
- Joe Fisher, 2005. CBM is the Place to be. *www.oilandgasinvestor.com* Lambert, A., Beamont, C. (1977) : Nanovariations in gravity due to seasonal groundwater movement studies : Implications for the gravitational detections of tectonics movements, *Journal Geophysics Research*, **82**, 297-306.
- Rymer, H., Van Wyk de Vries, B., William-Jones, J.S.G. (1998) : Pit creater structure and processes governing persistent activity at Masaya volcano, Nicaragua, *Bulletin Vulcano*, **59**, 345-355.
- Sarkowi M., Kadir W.G.A., dan Santoso, D (2005) : Strategy of 4D Microgravity Survey for the Monitoring of Fluid Dynamics in Subsurface. *Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24-29 April 2005*

Saghafi, Abouna dan Imam B. Sosrowidjojo, 2006. Coalbed Methane Exploration in Sumatra, Indonesia. Laporan Penelitian Lemigas.

Sammy Hamzah, 2007. The Prospects of Coal Bed Methane in Indonesia. Bimasena International Energy and Mining Conference. Jakarta Convention Center, 7 November 2007

MENCERMATI RESIKO GEMPA BUMI DI SEKITAR PROVINSI LAMPUNG

Suharno
Geofisika, Universitas Lampung,

ABSTRACT

Research of the maximum horizontal acceleration of the ground motion was conducted within Lampung and surrounding, situated at between longitude 101° and 108° and latitude 2° and 7°. The earthquakes data were collected in 1990-2004 period. A Liwa earthquake in 1994 is as especial data. Gridding of the research area within interval 0,5° due to calculate and distribute of the maximum ground motion acceleration. The calculation is using Fukushima and Tanaka Equation. The values of the maximum ground motion acceleration of the Liwa earthquake in 1994 are compared with their intensities due to determined the earth quakes risk. The comparison of the horizontal maximum of the ground acceleration with intensities for data 1994 could be formulated for the acceleration within Lampung and surrounding such as $I = 0,002 a + 1,9828$. Four classifications, there are (1) the very high risk if the ground acceleration is more than 2300 $\mu\text{m s}^{-2}$, (2) the high risk if the ground acceleration is between 2300 and 1300 $\mu\text{m s}^{-2}$, (3) the common risk if the ground acceleration is between 1300 and 300 $\mu\text{m s}^{-2}$, and (4) the low risk if the ground acceleration is lower than 300 $\mu\text{m s}^{-2}$.

Keyword: earthquake, ground motion acceleration, geological and structure.

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk wilayah yang rawan gempa bumi, termasuk Lampung. Lampung merupakan daerah yang laju pembangunannya cukup pesat. Bila gempa terjadi, maka magnitudo yang berpengaruh langsung terhadap bangunan adalah magnitudo percepatan getaran tanah permukaan akibat gempa. Sehingga, magnitudo inilah yang merupakan titik tolak dari perhitungan bangunan tahan gempa. Secara fisis percepatan tanah tergantung pada magnitudo getaran tanah di permukaan bumi dan periode getaran. Harga percepatan tanah dipengaruhi oleh magnitudo gempa, kedalaman sumber gempa, jarak episenter dan keadaan tanah. Beberapa cara untuk menentukan percepatan tanah akibat gempa bumi adalah: (1) Pengukuran menggunakan alat Strong Motion Accelerograph. (2) Pengamatan atau observasi berdasarkan hubungan antara percepatan dengan intensitas gempa. (3) Perhitungan empiris. Oleh karena itu dalam rangka melaksanakan pembangunan perlu memperhatikan resiko akibat gempa. Atas dasar tersebut penulis melakukan penelitian mengenai distribusi percepatan gerakan tanah yang ditimbulkan oleh getaran gempa. Dengan mengetahui distribusi nilai tersebut dapat digunakan untuk melakukan perencanaan pembangunan berdasarkan tingkat resiko akibat gempa bumi.

MATERI DAN METODOLOGI PENELITIAN

Geologi Berdasarkan struktur geologinya, wilayah Lampung dibagi menjadi 5 daerah yaitu: Daerah Manna dan Enggano Batuan breksi gunungapi terletak pada daerah Tungku Tiga, Formasi Lemau (breksi, batu pasir, batu lempung dengan sisipan batu bara, batu gamping) terdapat di daerah Pematang Diwilan, Talang Kering sampai Talang Genting. Formasi Hulu Simpang (lava andesit-basalt, breksi, tuf, batu pasir) pada daerah sekitar bukit Bumbun yang menerobos sampai ke Ulukina. Batuan gunungapi lava andesit-basalt di daerah Mandiangin yang menerobos ke Pematang Ulunyuruk. Formasi Bintunan (batu pasir, tuf, konglomerat) yang tertindih oleh Formasi Simpangaur (batu pasir tufan, tuf, batu lempung, konglomerat). Pensesaran terdapat sepanjang Mandiangin hingga Tebing, dari Tanjung Betung hingga Talangrami, dan sepanjang pesisir Tanjungaur sampai Bintunan.

Pada daerah Enggano terdapat alluvium yang tertimbun oleh Formasi Malakoni (batu gamping, kalsirudit, kalkarenit), Formasi Kuwau (batu pasir, batu lanau, batu lempung, batu pasir), dan Formasi Kemiki (tuf, batu lanau tufan), dan sepanjang pesisir pantai terdapat batu gamping koral. Pensesaran banyak terdapat pada daerah Koho Manuua dan Koho Buwabuwa (Amin dkk, 1994).

Daerah Baturaja. Di daerah Baturaja banyak dijumpai Formasi Kasai (konglomerat, batu pasir kuarsa, batu lempung), Formasi Kikim (breksi gunungapi, tuf, lava, batu pasir, batu lempung), Formasi Ranau (tuf, batu lempung berkarbonat), batuan gunungapi andesit-basalt, batuan breksi gunungapi tuf, dan terdapat batuan granit. Pensesaran banyak terdapat di sepanjang Pematang Kayu Beras sampai Umbulan Lenggung dengan rata-rata sesar melewati Danau Ranau, sedangkan sesar-sesar pendek banyak terdapat di daerah Pematang Ajan, Bukit Sebonang, Pematang Baru, Pematang Angkanangkan dan Pematang Panjang (Gafoer dkk, 1994).

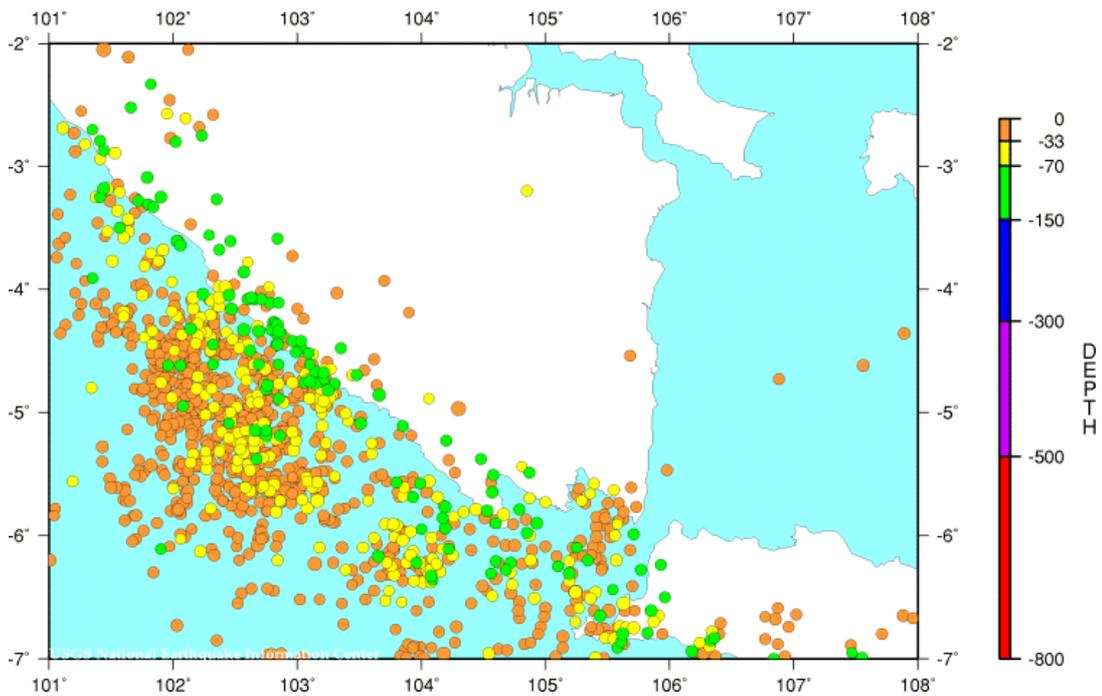
Kota Agung. Di daerah ini banyak dijumpai Formasi Simpangaur (batu pasir, batu lanau, tuf, konglomerat), Lajur Barisan terdapat breksi gunungapi, lava, dan tuf bersusun andesit-basalt disekitar Gunung Tanggamus yang berumur kuartar muda, di daerah Tangkit terdapat granit kapur, dan Formasi Kasai (perselingan batu pasir tufan dengan tuf berbatu apung). Pensesaran banyak terdapat hampir di semua wilayah Kota Agung dan sesar terpanjang adalah sesar Semangko (Amin, 1994).

Menggala. Pada daerah ini terdapat batuan sedimen (batu lempung, batu lanau, batu pasir, tuf batu apung) dan endapan permukaan (lumpur, lanau, pasir, lempung, dan pasir kuarsa halus) (Burhan dkk, 1993).

Tanjung Karang. Di daerah ini terdapat batuan gunungapi kuartar, batuan sedimen, batu gamping, batu pasir, basalt, Formasi Surung Batang (tuf, batu lempung, breksi dan tuf pasiran) yang berumur Miosen Awal, dan batuan pejal. Pensesaran banyak terdapat disekitar Teluk Lampung (Mangga, 1994).

Historis Gempa. Daerah Lampung dan sekitarnya merupakan jalur patahan yang sangat kompleks sehingga daerah ini sering terjadi gempa. Gempa yang banyak terjadi rata-rata berada di laut sebelah barat Bengkulu dan Lampung, tetapi ada juga yang di darat. Gempa-gempa besar di daerah Lampung (darat) terletak di sekitar Lampung bagian barat seperti gempa pada tahun 1933 dan 1994 yang berskala >6 Skala Richter dengan kedalaman 20-40 km. Data-data gempa dapat dilihat pada Gambar 1.

Dari gambar 1 dapat dilihat data gempa bumi yang cukup banyak di daerah sekitar Lampung dari tahun 1990-2004 yang mencapai ribuan data. Dari gempa kecil sampai gempa besar dengan kedalaman yang bervariasi. Sumber gempa bumi yang banyak terdapat di laut tidak begitu berpengaruh dengan keadaan di darat (Anonymous, 2005).



Gambar 1. Data histories gempa dari tahun 1990 sampai tahun 2004. Warna menunjukkan kedalaman hiposenter gempa.

Parameter Gempa. Parameter gempa yang penting antara lain: (1) Episenter adalah pusat gempa di permukaan bumi, biasanya dinyatakan dengan lintang dan bujur. (2) Kedalaman fokus (pusat gempa). Fokus gempa bumi disebut hiposenter, dinyatakan dalam kilometer dari permukaan bumi atau dinyatakan dengan jari-jari bumi. (3) Magnitudo adalah energi gelombang seismik yang dipancarkan sumber gempa (kekuatan gempa bumi), dapat dihitung dari jumlah energi yang dilepaskan sumber gempa. (4) Kekuatan gempa juga dinyatakan dalam skala intensitas. Intensitas dapat dihitung berdasarkan pengamatan langsung terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Intensitas dapat menggambarkan harga kekuatan pada pusat gempa. Magnitudo gempa dihitung dari catatan alat, sedangkan intensitas didasarkan atas akibat langsung dari getaran gempa bumi. Magnitudo mempunyai harga untuk sebuah gempa, tapi intensitas berubah dengan perubahan tempat. Intensitas terbesar pada umumnya terdapat di daerah episenter, biasanya menurun fungsi jarak ke semua jurusan. Untuk dapat menentukan secara tepat besarnya intensitas diperlukan tenaga ahli yang berpengalaman. Di Indonesia, Intensitas biasanya dinyatakan dalam skala MMI (Modified Mercally Intensity). (5) Magnitudo surface wave (M_s) adalah magnitudo yang dihitung berdasarkan atas gelombang-gelombang permukaan. Secara historis, magnitudo surface wave pertama kali dihitung oleh Gutenberg dan Richter (1936). Gutenberg (1945) memberikan persamaan yang didasarkan atas amplitudo gerakan tanah maksimum, dan dari tahun 1949 sampai 1959 para pengikutnya menghitung amplitudo empiris yang serupa untuk berbagai stasiun (Wibowo, 1997).

Perhitungan. Untuk mengetahui kekuatan guncangan suatu daerah diperlukan alat Accelerograph. Di Indonesia, jumlah alat yang terpasang masih terlalu sedikit, sehingga data yang diperoleh kurang memadai. Padahal data percepatan tanah sangat dibutuhkan bagi rancang bangun infrastruktur tahan gempa. Oleh karena itu para ahli merumuskan secara empiris untuk menghitung nilai percepatan gerakan tanah, seperti Fukushima dan Tanaka (1990) yang digunakan kembali oleh Murjaya (2003). Rumusan tersebut merupakan penyempurnaan dan pengembangan rumus-rumus sebelumnya,

$$\begin{aligned} \log a &= 0,41 M_s - \log (R + C(M_s)) - 0,0034 R - 1,69 \\ a &= (e^{0,41M_s - 0,0034R - 1,69}) / (R + C(M_s)) \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

dengan $C(M_s) = 0,032 \times 100,41 M_s$; $R = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$

dimana a adalah percepatan tanah ($\mu\text{m s}^{-2}$), M_s adalah magnitudo surface wave (Skala Richter), C adalah Konstanta magnitudo surface wave, R adalah jarak hiposenter (km), Δ adalah jarak episenter (km) dan h adalah kedalaman hiposenter (km).

Pengolahan Data. Pada penelitian ini data gempa bumi diambil dari USGS yang terjadi pada tahun 1990-2004, pada daerah Lampung dan sekitarnya yang dibatasi pada luasan 101o-108o LS dan 2o-7o BT. Dari data yang diperoleh kemudian diambil data yang mempunyai magnitudo >5 Skala Richter dan kedalaman ≤ 100 Km. Jika magnitudo gelombang permukaan (M_S) tidak diketahui, maka dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_S = \frac{M_b - 2,5}{0,63} \dots\dots\dots (2)$$

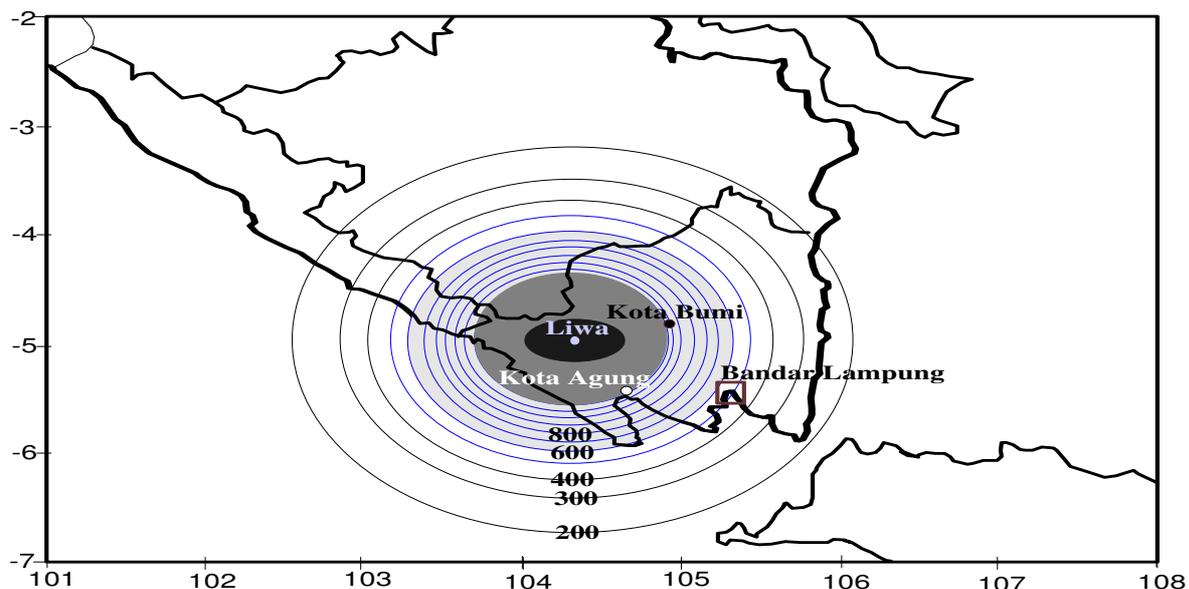
Bila magnitudo gelombang permukaan dan gelombang badan tidak diketahui, maka magnitudo yang digunakan adalah magnitudo standar yang berskala Richter. Magnitudo gempa bumi yang diambil adalah data yang besarnya >5 Skala Richter dengan kedalaman <100 km, karena gempa dengan parameter ini dapat menimbulkan dampak yang signifikan terhadap infrastruktur di permukaan bumi. Daerah penelitian dibuat grid 0,5o, yang kemudian setiap titik grid dihitung percepatan vertikal gerakan tanah dengan persamaan (8) dan nilai percepatan horizontal gerakan tanah diperoleh dari persamaan:

$$a_h = \frac{a_v}{0,72} \dots\dots\dots (3)$$

dari Santoso dan Murjaya (2003) dan Dewi (2004). Setelah percepatan horizontal didapat, maka dapat digambarkan menggunakan kontur hingga terlihat daerah-daerah rawan gempa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kontur percepatan gerakan tanah merupakan hasil dari data (1) gempa Liwa tahun 1994 dan (2) gempa tahun 1990-2004. Setelah melakukan perhitungan harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah dengan menggunakan rumus Fukushima dan Tanaka, maka diperoleh hasil berupa peta kontur percepatan horizontal maksimum gerakan tanah. Berdasarkan data gempa Liwa tahun 1994 diperoleh peta kontur Gambar 2. Berdasarkan hasil pada Gambar 2 dan data Intensitas dalam MMI dapat ditampilkan hubungan percepatan getaran tanah dan Intensitas seperti pada Tabel 1.



Gambar 2. Kontur percepatan horizontal gerakan tanah yang ditimbulkan oleh gempa tahun

1994. Interval kontur 100 μs^{-2} . Warna putih sampai hitam menunjukkan tingkat resiko gempa dari rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Skala horisontal dan vertikal dalam derajat Bujur Timur dan Lintang Selatan.

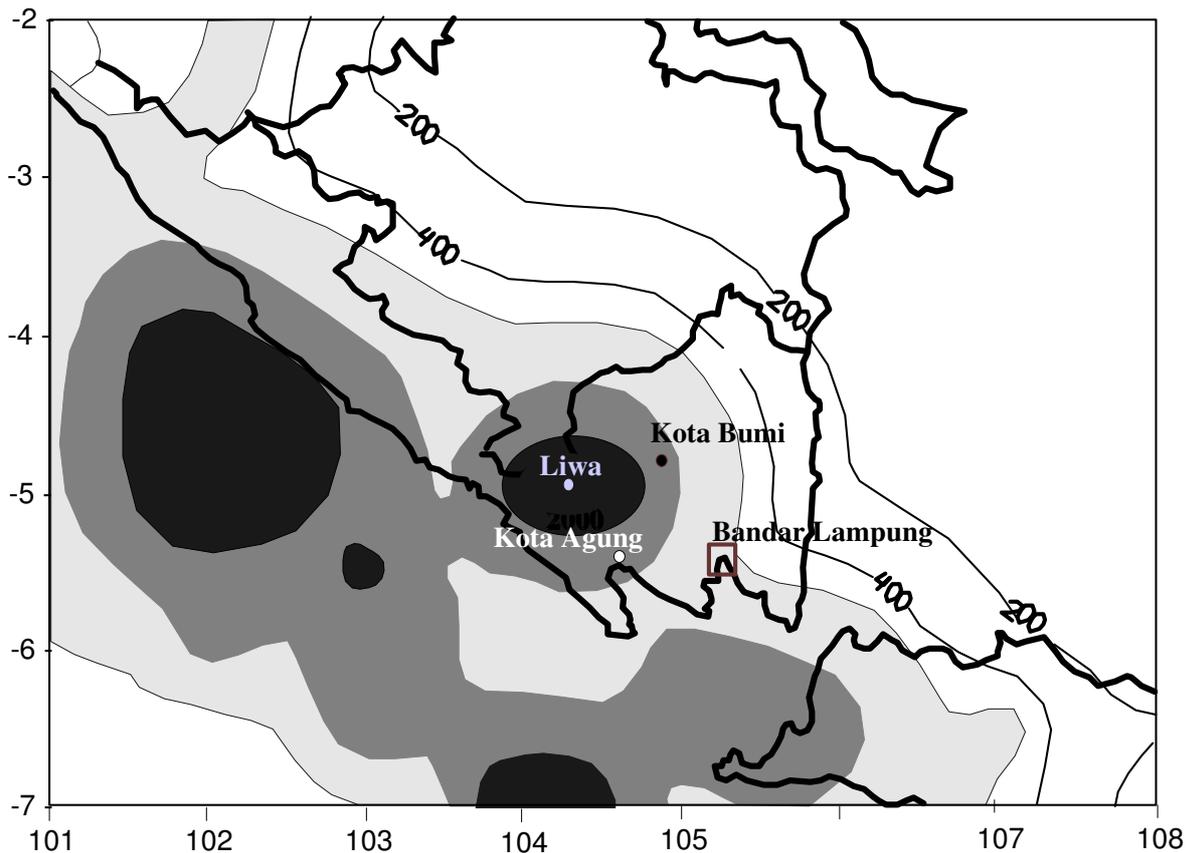
Tabel 1. Korelasi percepatan dan intensitas berdasarkan data gempa Liwa 1994

No.	Tahun	Lokasi	Percepatan (μms^{-2})	Intensitas
1.	1994	Liwa	2500-2926	VIII-IX
2.	1994	Kota Bumi	900-1500	IV-V
3.	1994	Branti	400-775	III

Pada penelitian ini telah di dapat kontur-kontur percepatan getaran tanah akibat data gempa Liwa tahun 1994 dan percepatan getaran tanah akibat data gempa 1990 s.d. 2004, yang kemudian di analisis.

Berdasarkan Gambar 2, daerah-daerah percepatan horizontal maksimum gerakan tanah menunjukkan harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah paling besar pada koordinat 102o BT – 4,5o LS yang terletak pada daerah laut sebelah barat Bengkulu yaitu 3804 μms^{-2} , 2498 μms^{-2} di daerah laut sebelah barat Lampung pada koordinat 103o BT – 5,5o LS dan 2081 μms^{-2} di daerah Selat Sunda pada koordinat 105,5o BT – 6,5o LS. Harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah yang paling besar di darat berada di Lampung Barat, koordinat 104,5o BT – 5o LS yaitu 2926 μms^{-2} . Harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah di sekitar kota bumi mencapai 1063 μms^{-2} . Daerah Krui dan Liwa harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah sekitar 1128-2378 μms^{-2} , pada daerah ini harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah cukup besar karena daerah ini dekat dengan daerah pusat gempa terjadi. Daerah-daerah aktif gempa, berdasarkan harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah meliputi daerah laut sebelah barat Bengkulu, laut sebelah barat Lampung dan di daerah Lampung Barat.

Berdasarkan Gambar 3, daerah-daerah percepatan horizontal maksimum gerakan tanah menunjukkan harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah yang relatif besar berada di daerah laut sebelah barat Lampung dan Bengkulu, juga disekitar Selat Sunda. Harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah paling besar 3804 μms^{-2} pada koordinat 102o BT – 4,5o LS sekitar 111 km dari pantai Bengkulu. Di daerah laut sebelah barat Lampung sekitar 130 km dari pantai Lampung pada koordinat 103o BT – 5,5o LS menunjukkan harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah yang cukup besar yaitu 2497 μms^{-2} . Sumber gempa bumi di laut tidak begitu berpengaruh dengan keadaan di darat karena jaraknya yang cukup jauh. Di daerah darat Lampung, harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah menunjukkan nilai yang relatif kecil yaitu sekitar 200-800 μms^{-2} Pada daerah sekitar selat Sunda, harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah yang relatif besar sekitar 2081 μms^{-2} pada koordinat 105,5oBT – 6,5oLS dan di darat harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanahnya sekitar 200-1000 μms^{-2} .



Gambar 3. Tingkat resiko gempa di wilayah sekitar Lampung berdasarkan perhitungan percepatan getaran tanah dari gempa periode 1990 s.d. 2004. Warna putih sampai hitam menunjukkan tingkat resiko gempa dari rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi

Bila dilihat dari kontur percepatan horizontal maksimum gerakan tanah ini tampak bahwa daerah Lampung cukup aman dari bahaya gempa bumi, karena gempa bumi yang terjadi di darat memiliki magnitudo kecil dan harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah yang relatif kecil. Berdasarkan Gambar 4, data pada tahun 1994 yang diambil adalah data istimewa dengan magnitudo 7 Skala Richter dengan hiposenter yang dangkal yaitu 23 km. Harga percepatan horizontal gerakan tanah yang paling besar yaitu $2926 \mu\text{ms}^{-2}$ pada koordinat $104,50 \text{ BT} - 50 \text{ LS}$ di daerah sekitar Kabupaten Lampung Barat dengan MMI IX yang mengakibatkan bangunan yang tidak kuat mengalami kerusakan yang cukup serius. Episenter dari gempa bumi ini terletak pada sesar Semangko.

Harga percepatan horizontal gerakan tanah di daerah Liwa dari pusat gempa bumi tersebut sekitar $2378 \mu\text{ms}^{-2}$ dengan MMI IX. Daerah Kota Bumi harga percepatan horizontal gerakan tanah besarnya sekitar $1000-1500 \mu\text{ms}^{-2}$ dengan MMI IV. Daerah Branti dan Tanjung Karang harga percepatan horizontal gerakan tanah sekitar $400-775 \mu\text{ms}^{-2}$ dengan MMI III. Daerah Bengkulu, harga percepatan horizontal gerakan tanah sekitar $1100-1400 \mu\text{ms}^{-2}$ dengan MMI V. Berdasarkan Gambar 5.4, data yang diambil pada tahun 1933 adalah data istimewa dengan magnitudo 7,5 Skala Richter dengan kedalaman 23 km. Harga percepatan horizontal gerakan tanah yang paling besar yaitu $3835 \mu\text{ms}^{-2}$ pada koordinat $104,50 \text{ BT} - 50 \text{ LS}$ di daerah sekitar Kabupaten Lampung Barat dengan MMI VIII-IX yang juga mengakibatkan bangunan yang tidak kuat mengalami kerusakan tekuk.

Harga percepatan horizontal gerakan tanah di daerah Krui dan Liwa dari gempa bumi tersebut sekitar $893-1853 \mu\text{ms}^{-2}$. Daerah Kota Bumi harga percepatan horizontal gerakan tanah besarnya sekitar $1800-2000 \mu\text{ms}^{-2}$. Daerah Tanjung Karang harga percepatan horizontal gerakan tanah

sekitar 1200-1600 μms^{-2} . Daerah Bengkulu, harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah sekitar 600-1200 μms^{-2} . Daerah menunjukkan harga percepatan horizontal gerakan tanah relatif kecil yaitu sekitar 200-400 μms^{-2} . Harga percepatan horizontal gerakan tanah dengan data tahun 1933 lebih besar ke arah timur dari pada ke arah barat, sedangkan harga percepatan horizontal gerakan tanah dengan data pada tahun 1994 lebih besar ke arah barat dari pada ke arah timur. Ini disebabkan karena episenter yang berbeda. Berdasarkan data empiris gempa Liwa tahun 1994 dan 1933 pada Tabel 1 dapat dirumuskan hubungan antara harga percepatan horizontal gerakan tanah dengan harga intensitas gempanya, yaitu sebagai berikut:

$$\text{Log } a = 0,12 I + 2,5 \dots\dots\dots (13)$$

dimana a adalah percepatan gerakan tanah (μms^{-2}) dan I adalah Intensitas gempa.

Dari rumus di atas, dapat dihitung besarnya intensitas atau percepatan di daerah tertentu. Data perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 2.

Potensi Bahaya Gempa Bumi di Propinsi Lampung. Pada penelitian ini telah diketahui harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah yang terjadi di daerah Lampung dan sekitarnya cukup besar dengan harga intensitas yang cukup tinggi yang mengakibatkan kerusakan dan korban jiwa. Untuk melihat tinggi rendahnya intensitas dari data percepatan horizontal gerakan tanah dapat dilihat pada tabel berikut ini. Dari tabel 2 dapat dilihat hubungan antara percepatan horizontal gerakan tanah dengan intensitasnya menghasilkan intensitas tinggi, sedang dan rendah. Intensitas tinggi adalah dimana bangunan yang tidak kuat akan mengalami kerusakan, kerusakan tekuk, jembatan dan tangga rusak. Intensitas sedang adalah dimana getaran dirasakan seperti ada benda berat yang menabrak dinding rumah, benda bergantung bergoyang, dapat dirasakan di luar rumah, hiasan dinding bergerak, benda kecil diatas rak jatuh. Sedangkan intensitas rendah terasa oleh orang yang berada di bangunan tinggi dan getaran dirasakan seperti ada kereta yang berat melintas.

Tabel 2. Kondisi besarnya percepatan dan intensitas berdasarkan perhitungan data empiris gempa liwa tahun 1994 dan 1933

No.	Daerah	Percepatan (μms^{-2})	Intensitas	Rata-rata Intensitas
1	Liwa	2372-3834	Tinggi	VIII-IX
2	Krui	2000-2200	Tinggi	VII
3	Kota Bumi	900-1500	Sedang	IV-V
4	Kota Agung	1000-1300	Sedang	IV-V
5	Branti	550-800	Rendah	III
6	Bandar Lampung	550-775	Rendah	III
7	Menggala	200-500	Rendah	II

Di Propinsi Lampung gempa bumi yang cukup besar terjadi berulang sekitar 60 tahunan pada daerah yang sama yaitu di Kabupaten Lampung Barat dengan koordinat 104,7o BT – 5o LS pada tahun 1933 dan 104,3o BT – 4,97o LS pada tahun 1994. Dilihat dari sumber gempanya, maka dapat dilihat bahwa sumber gempa dari 2 data gempa di atas sangat berdekatan dan dimungkinkan terdapat pada deret sesar yang sama, yaitu sesar Semangko. Daerah yang dilewati oleh sesar Semangko merupakan daerah potensi rawan gempa bumi. Daerah-daerah tersebut adalah daerah sebelah barat Lampung seperti Lampung Barat dan Tanggamus. Gempa bumi ini juga dapat berulang pada periode sekitar 60 tahun. Maka diperlukan antisipasi bahaya gempa bumi dari masyarakat dan pemerintahan daerah setempat dalam pembangunan infrastruktur tahan gempa di daerah rawan gempa dengan memperhatikan harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanahnya. Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa percepatan horizontal maksimum gerakan tanah dengan intensitas tertinggi antara VIII-IX, kita jangan terlalu khawatir untuk membangun kota Liwa. Namun demikian kita perlu merancang bangunan tahan gempa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis data dan kontur pada penelitian distribusi percepatan horizontal maksimum gerakan tanah di propinsi Lampung dan sekitar dapat disimpulkan: Data tahun 1990-2004 memiliki harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah yang paling besar 3804 μms^{-2} berada di laut sebelah barat Bengkulu (koordinat 102o BT – 4,5o LS), 2926 μms^{-2} berada di dekat Liwa (koordinat 104,5o BT – 5o LS), dan 2497 μms^{-2} di daerah laut sebelah barat Lampung (koordinat 103o BT - 5,5o LS). Data tahun 1990-2004 tanpa data gempa tahun 1994, diperoleh harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah yang paling besar terdapat pada daerah laut sebelah barat Bengkulu dan Lampung, di daratan Lampung tidak ada yang besar. Data tahun 1933 dan 1994 memiliki harga percepatan horizontal gerakan tanah yang paling besar yaitu 3835 μms^{-2} dan 2926 μms^{-2} pada koordinat 104,5o BT – 5o LS di dekat Liwa dengan intensitas VIII-IX. Hubungan harga percepatan horizontal maksimum gerakan tanah dan intensitas gempa untuk daerah Lampung berdasarkan gempa Liwa 1933 dan 1994 dirumuskan: $\log a = 0,12 I + 2,5$. Ada peluang terjadi gempa yang cukup daratan Lampung dengan periode sekitar 60 tahunan di sekitar Liwa dengan percepatan horizontal gerakan tanah 2926-3835 μms^{-2} /intensitas VIII-IX. Gempa besar pada point 5 tidak perlu dikhawatirkan dengan catatan bahwa pembangunan infra struktur daerah tersebut dirancang dan dibangun dengan kontruksi tahan gempa. Perlu dilakukan penelitian mengenai nilai percepatan maksimum gerakan tanah akibat gempa bumi di seluruh wilayah Indonesia untuk mengantisipasi resiko kerusakan infrastruktur akibat gempa bumi. Untuk melakukan penelitian selanjutnya tentang percepatan horizontal maksimum gerakan tanah, sebaiknya membahas tentang microzoning (zonasi gempa pada kawasan kota) misalnya kota Liwa dan sekitarnya yang padat bangunan, karena percepatan gerakan tanah merupakan salah satu komponen koefisien gaya gempa pada bangunan yang sangat tergantung pada dominasi lokal setempat (geologinya).

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, J.S. 2000. Analisis AVO Pada Lintasan L-280 EXT di Daerah Tandes. Cekungan Jawa Timur. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Amin, T.C, Kusnama, Rustandi, E, dan Gafoer, S. 1994. Geologi Lembar Manna & Enggano, Sumatera. Bandung. Pusat penelitian & Pengembangan Geologi.
- Amin, T.C, Sidarto, Santosa, S, dan Gunawan, W. 1994. Geologi Lembar Kotaagung, Sumatera. Bandung. Pusat penelitian & Pengembangan Geologi.
- Anonymous. 2005. Wikipedia. Magnitudo Gempa. (<http://id.wikipedia.org>).
- Anonymous. 2005. Wikipedia. Tektonik Lempeng. (<http://id.wikipedia.org>).
- Bahtiar. 1998. Pola Tektonik Zona Subduksi Sumatra Bagian Selatan. Jakarta. Universitas Indonesia.
- Burhan, G, Gunawan, W, dan Yayan, Y. 1993. Geologi Lembar Menggala, Sumatera. Bandung. Pusat penelitian & Pengembangan Geologi.
- Dewi, R.M. 2004. Penentuan Percepatan Horizontal Maksimum Gerakan Tanah di Daerah Jawa Barat Berdasarkan Rumus Fukhusima dan Tanaka. Sekripsi S1 Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
- Gafoer, S, Amin, T.C, dan Pardede, R. 1994. Geologi Lembar Batu Raja, Sumatera. Bandung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Ismail, S. 1980. Pendahuluan Seismologi Jilid I dan Jilid II. Jakarta. Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- Magetsari, N.A. Geologi Fisik. Bandung. Institut Tehnologi Bandung.
- Mangga, S.A. 1994. Geologi Lembar Tanjung Karang, Sumatera. Bandung. Pusat penelitian & Pengembangan Geologi.
- Nugraha, H.A. 1993. Penentuan Karakteristik Tanah Menggunakan Metode Microtemer. Jakarta. Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- Santoso, B.S dan Murjaya, J. 2003. Pola Percepatan Tanah Maksimum Di Daerah Sulawesi. Jakarta. Jurnal Meteorologi dan Geofisika.
- Setyawan, L.H. 2004. Kamus Fisika Bergambar. Bandung, Pakar Raya.

SISTEM JARINGAN KOMUNIKASI DATA MELALUI *VERY SMALL APERTURE TERMINAL (VSAT) SKYLINK.25*

Jeckson, ST
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Lampung

ABSTRAK

VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) mulai diperkenalkan pada tahun 1981. Dan sejak saat itu VSAT telah menjadi solusi yang dapat diandalkan dalam mendukung layanan komunikasi. Jaringan VSAT pada dasarnya merupakan jaringan telekomunikasi antar terminal (data, suara, gambar) melalui satelit, sehingga pemakai dapat menggunakan satelit sebagai media komunikasi tanpa melalui jaringan terestrial biasa. Bila dibandingkan dengan media transmisi yang lain, VSAT mempunyai keistimewaan, diantaranya peralatannya yang berdimensi kecil sehingga relatif mudah dipindah-pindahkan, serta dapat menjangkau lokasi yang sulit dijangkau dengan fasilitas komunikasi umum.

PENDAHULUAN

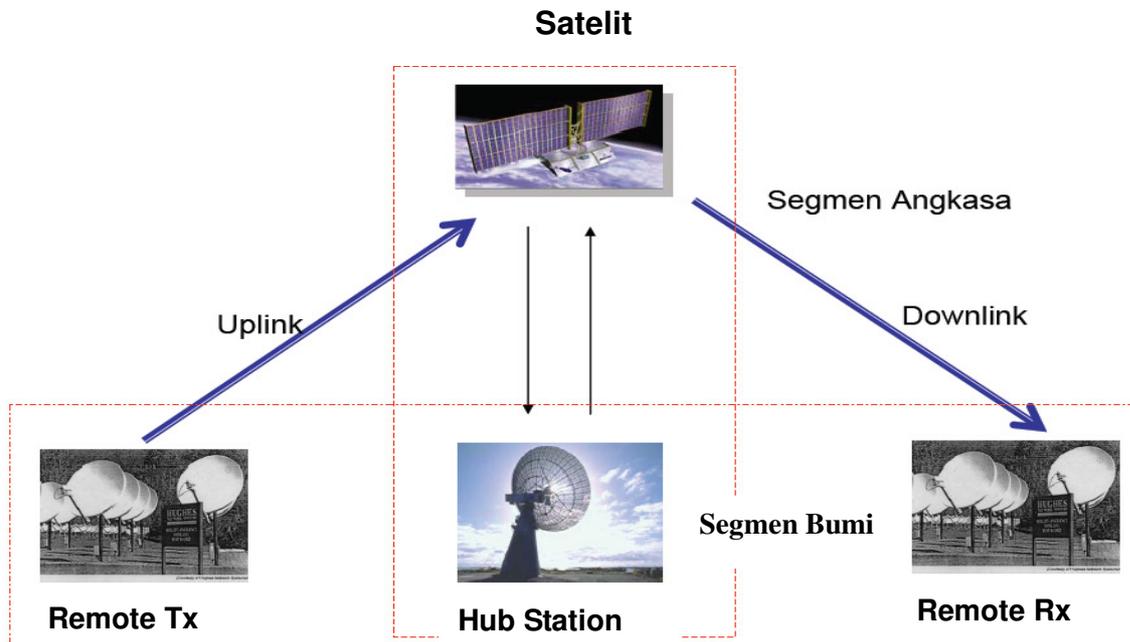
Dewasa ini, teknologi komunikasi makin berkembang terutama komunikasi data. Untuk mendukung komunikasi data yang makin berkembang, dipakailah VSAT. Prinsip sistem komunikasi VSAT tidak jauh berbeda dengan sistem komunikasi satelit. Perbedaannya terletak pada stasion bumi VSAT yang menggunakan antena berdiameter relatif kecil, yaitu antara 1 sampai 4 meter (umumnya 1,8 meter).

Daya sinyal yang dipancarkan-ulang oleh satelit palapa ke bumi terlalu kecil untuk dapat diterima dengan baik oleh VSAT lain. Untuk itu diperlukan semacam repeater di bumi yang disebut dengan stasion hub atau stasion pengendali dengan diameter antena yang besar (4 sampai 8 meter). Fungsi stasion pengendali antara lain adalah mengirimkan kembali sinyal yang diterimanya ke arah stasion pelanggan (*stasion remote*) yang dituju melalui satelit, dengan daya yang lebih besar.

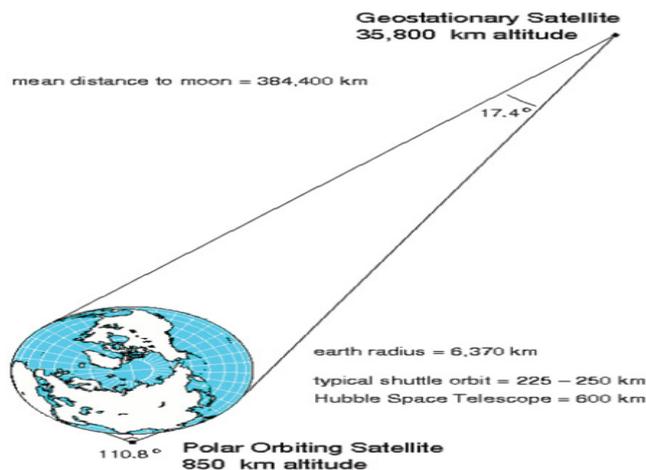
Keuntungan Teknologi VSAT. Teknologi VSAT ini menjadi suatu alternatif yang banyak digunakan karena mempunyai beberapa kelebihan seperti MTBF (*Mean Time Between Failur*), yakni interval waktu sejak pertama kali pemasangan sampai timbul kerusakan pertama kali yang besar, MTTR (*Mean Time To Repair*), yaitu waktu perbaikan yang dibutuhkan sdalah kecil, serta didukung oleh kemajuan komponen-komponen elektronika dan MIC (*Microwave Integrated Circuit*), sehingga komponen-komponen satelit RF (*Radio Frequency*) dapat diproduksi dalam jumlah besar dan harga yang jauh lebih rendah. Selain itu jaringan VSAT itu sendiri mempunyai keuntungan-keuntungan dibandingkan dengan jaringan terestrial pada umumnya. Seperti yang telah disebutkan di atas, keuntungan-keuntungan itu antara lain : wilayah cakupannya luas sehingga mampu menjangkau tempat-tempat dengan biaya saluran sewa terlalu tinggi; biaya operasional dan pemakaian dayanya rendah; mudah dan cepat dalam penginstalasian dan perawatan; serta mempunyai kecepatan pengiriman yang tinggi.

Implementasi VSAT di Indonesia. Pemakaian VSAT menjadi sangat penting di Indonesia, terutama pada bidang-bidang bisnis dan perdagangan. Hal itu karena beberapa faktor sebagai berikut ; keterbatasan sarana komunikasi terestrial yang ada dan untuk mengadakan sarana komunikasi terestrial tersebut, dibutuhkan biaya yang besar untuk perencanaan ; Kebutuhan untuk mencakup daerah geografis yang luas, mengingat letak geografis Indonesia yang terbentang luas dan terdiri atas beribu-ribu pulau ; pemakaian pada lokasi yang tersebar ; tidak tergantung pada sarana telekomunikasi PSTN (*Public Switch Telephone Network*) ; VSAT dapat ditempatkan dimanapun ; sangat cepat dan mudah untuk dipindah-pindah dan dikonfigurasi ulang ; teknologi yang ada, menjamin keandalan sistem.

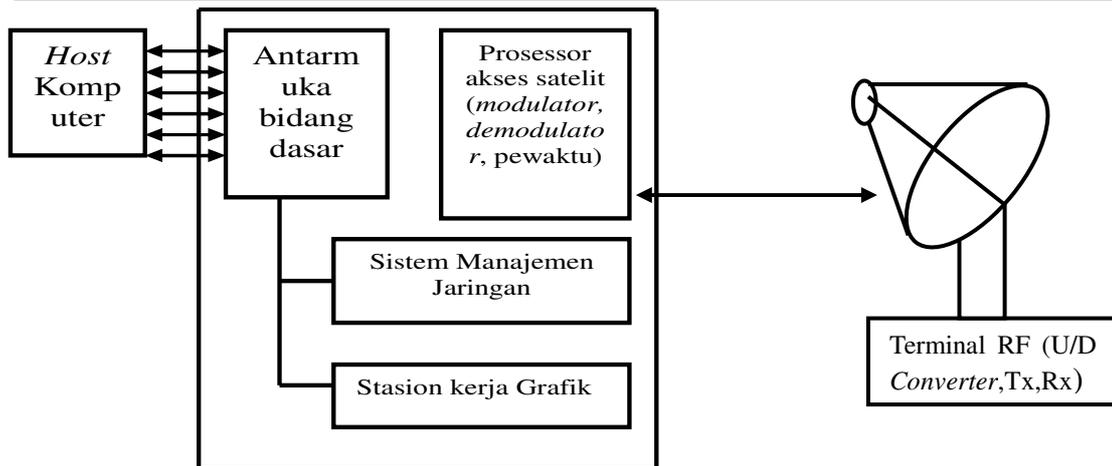
Komponen Jaringan VSAT. Di Indonesia, sistem jaringan VSAT disebut dengan Sistem Komunikasi Stasiun Bumi Mikro (SKSBM). Jaringan SKSBM terdiri atas tiga komponen pokok, yakni satelit yang merupakan *Space Segment* serta *Hub Station* dan *Remote VSAT* yang merupakan *Earth Segment*.



Satelit. Jaringan VSAT menggunakan satelit geostasioner, yakni satelit yang berorbit pada bidang ekuator bumi pada ketinggian kurang lebih 36.000 km di atas permukaan bumi. Di Indonesia yang digunakan adalah satelit Palapa. Sebagai satelit geostasioner, Palapa selalu tetap pada posisinya, sehingga antena VSAT tidak perlu mengubah arah mengikuti gerak satelit (*tracking*).



Hub Station. *Hub Station* atau stasiun bumi pusat adalah stasiun pengendali utama yang merupakan pusat jaringan. *Hub* berfungsi sebagai pengendali kerjanya jaringan VSAT. Blok diagram *Hub* seperti pada gambar berikut.



Seperti yang terlihat pada gambar, maka *Hub Station* terdiri atas tiga komponen, yaitu RF, IF dan *baseband equipment*. RF *equipment* terdiri atas antena/ *low noise amplifier* (LNA), *high power amplifier* (HPA) dan *up/down converter*. Kecuali antena, semua peralatan RF pada *Hub* dikonfigurasi dengan *redundancy*, yakni dengan perbandingan 1:1, karena kegagalan peralatan *Hub* dapat mempengaruhi keseluruhan operasi jaringan VSAT. Sedangkan IF dan *baseband equipment* terdiri dari atas *modulator* dan *demodulator* dan peralatan *processing* untuk antar muka hubungan dengan satelit. IF dan *baseband equipment* ini juga dikonfigurasi dengan *redundancy*, yakni dengan perbandingan 1:1 atau 1:N.

Hub station ini terdiri atas tiga macam, yakni *private/dedicated hub*, *shared hub* and *mini hub*.

1. *Private/Dedicated Hub Station*

Private/dedicated hub yakni hub, yang dimiliki sendiri oleh pelanggan. *Hub* jenis ini digunakan untuk *full single network* dengan ribuan VSAT terhubung pada *hub* tersebut. *Hub* ini terletak pada *central site* perusahaan pelanggan dan mempunyai *host computer* yang langsung terhubung pada *hub* tersebut. Dengan adanya *hub* tersebut pada *customer premises*, maka pelanggan mudah untuk mengontrol jaringan. Juga dipermudah pelanggan (perusahaan) untuk mengkonfigurasi jaringan ataupun mengatasi masalah-masalah yang timbul pada jaringan. Namun biaya penyelenggaraan *hub* ini sangat tinggi, karena kepemilikan dan pengoperasiannya yang eksklusif.

2. *Shared Hub*.

Hub jenis ini dimiliki oleh organisasi penyelenggaraan pelayanan (*service provider*). Beberapa jaringan terpisah (pada perusahaan) menggunakan *hub* yang sama untuk mengoperasikan jaringan ini. *Shared Hub* cocok untuk jaringan dengan jumlah VSAT yang tidak terlalu banyak. Dari segi biaya, *hub* ini tidak memakan biaya yang terlalu besar. *Hub* jenis *sharing* ini mempunyai beberapa kelemahan, yakni membutuhkan hubungan (*connection*) dari *hub* ke *host*. *Shared Hub* biasanya letaknya tidak sama dengan *host computer* pelanggan. Oleh karena itu diperlukan *backhaul circuit* untuk menghubungkan *hub* dengan *host*. *Backhaul circuit* ini dapat berupa jaringan sewa (*leased line*) ataupun disediakan oleh perusahaan telekomunikasi nasional Negara tersebut (PSTN *Company*), dalam hal ini di Indonesia TELKOM. Hal ini membutuhkan tambahan biaya untuk operasi jaringan VSAT. Juga dari pengalaman, *backhaul circuit* merupakan saluran yang rentan (tidak tahan) terhadap segala bentuk gangguan, misalnya gangguan cuaca, interferens medan elektromagnetik, medan elektroelektris, dan lain sebagainya. Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan link lainnya, misalnya *microwave link* untuk mem-backup *backhaul circuit* tersebut.

3. *Mini Hub*.

Hub ini adalah *hub* kecil, dengan diameter antena berukuran 2-3 m dengan biaya sekitar US\$ 100.000. *Hub* jenis ini dioperasikan baru pada tahun 1990-an, yakni dengan adanya pemikiran untuk menambah *power* satelit dan memperbaiki *performance* atau kualitas peralatan penerima *Low noise amplifier*. *Hub* jenis ini dapat mengurangi biaya yang diperlukan untuk mengoperasikan *dedicated hub* ataupun juga *shared hub*. *Hub* jenis ini mudah dalam penginstalasian. Namun jumlah *remote* VSAT yang dilayani juga terbatas; sekitar 300-400 *remote*. *Hub station* dilengkapi dengan *Network Management System* (NMS). NMS ini merupakan computer mini atau *workstation* dengan perangkat-lunak dan monitor untuk display. Computer

mini ini dihubungkan ke setiap VSAT dalam sebuah jaringan dengan memakai rangkaian (*virtual circuit*) yang sifatnya permanent. NMS mempunyai dua buah fungsi, yakni fungsi operasional dan fungsi administrative.

- Fungsi Operasional. Secara operasional, NMS mempunyai fungsi untuk pengaturan atau manajemen jaringan dan menyediakan kemampuan untuk mengkonfigurasi-ulang jaringan dengan menambah atau menghapus remote VSAT, kanal satelit dan antarmuka (*interface*) jaringan. Fungsi operasional ini termasuk didalamnya monitoring dan pengontrolan (*controlling*) *performance*, status hub dan remote VSAT; yang sifatnya adalah real-time. Semua parameter sistem dan perangkat lunak yang diperlukan oleh remote VSAT di-*download* dari NMS ini. NMS juga memberikan status alarm dan mendiagnosis adanya kegagalan dalam jaringan.
- Fungsi Administratif. Fungsi administratif jaringan berhubungan dengan inventarisasi peralatan, pencatatan pemakaian jaringan, *security* dan *billing*. NMS menyimpan data-data remote VSAT yang diinstall dan dioperasikan, konfigurasi peralatan di dalam hub dan di remote VSAT dan konfigurasi port pada setiap remote VSAT. Informasi-informasi tersebut bersama-sama dengan informasi mengenai trafik, jumlah kegagalan, waktu rata-rata transmisi data, nantinya akan diperlukan oleh operator untuk dianalisis dan dilaporkan setiap minggu atau bulan kepada para pelanggannya.

Arsitektur Jaringan VSAT. Arsitektur jaringan sistem VSAT ini merupakan jaringan yang tersusun atas kanal penghubung antara stasiun *hub* dan stasiun *remote*. Hubungan yang terjadi dari stasiun *hub* ke stasiun *remote* disebut dengan *outlink*, dan sebaliknya, hubungan yang terjadi dari stasiun *remote* ke stasiun *hub* disebut dengan *returnlink*.

- Topologi Bintang. Susunan jaringan VSAT membentuk konfigurasi jaringan bintang (*star*). Ini berarti semua terminal VSAT berkomunikasi melalui suatu pusat yang dikenal dengan stasiun pengendali (stasiun *hub*). Pemakaian jaringan ini mempunyai dua alasan, yaitu daya transmisi dan penguatan antena yang relatif kecil, sehingga hubungan langsung antar VSAT menjadi tidak mungkin. Stasiun *hub* mengkompensasi segala kekurangan VSAT tersebut. Stasiun *hub* bertindak sebagai pusat pengontrolan jaringan, seperti halnya sebuah sentral telepon pada jaringan telepon.
- Lompatan Tunggal dan lompatan ganda
Dalam terminologi satelit, satu lompatan (*hop*) berarti satu perjalanan menempuh jarak dari stasiun bumi ke satelit kembali ke stasiun bumi. Dalam jaringan VSAT, komunikasi semua stasiun VSAT ke hub adalah lompatan tunggal (*single hop*), dan komunikasi antar VSAT merupakan lompatan ganda (*double hop*). Dalam satu lompatan terjadi waktu tunda sebesar waktu tunda propagasi satelit (240-300 milidetik). Jadi untuk hubungan antar VSAT keterlambatan menjadi duakali waktu tunda propagasi ke satelit. Dengan alasan ini operasi lompatan ganda sangat tidak dianjurkan untuk pelayanan suara.

Frekuensi Kerja dan Lebar Bidang. Setiap sistem komunikasi satelit yang dibangun mempunyai frekuensi *uplink* dan *downlink* yang berbeda-beda antara satelit yang satu dengan yang lain. Sebagai contoh, sistem komunikasi satelit yang dipakai di Amerika Serikat mempunyai frekuensi kerja *uplink* sebesar 14,0 GHz sampai 14,5 GHz, dan frekuensi *downlink* sebesar 11,7 GHz sampai 12,2 GHz (bekerja pada frekuensi Ku *Band*). Sedangkan frekuensi kerja untuk sistem komunikasi satelit di Indonesia adalah frekuensi *uplink* sebesar 5,925 GHz sampai 6,425 GHz dan untuk frekuensi *downlink* sebesar 3,7 GHz sampai 4,2 GHz (bekerja pada frekuensi C-*band*).

Mode Transmisi Jaringan VSAT. Lalu lintas data jaringan VSAT dilakukan dengan menggunakan dua *mode*, yaitu kontinyu (*continous*) dan *burst*,

- Mode Kontinyu
Mode kontinyu terjadi pada pengiriman data dari stasiun *hub* ke stasiun remot (disebut dengan *outlink*). Mode kontinyu adalah mode pengiriman paket-paket data oleh stasiun *hub* secara terus-menerus ke stasiun *remote* dan setiap paket akan diterima oleh masing-masing stasiun *remote*, yang sesuai dengan alamat yang terdapat dalam data.

- *Mode Burst*

Mode burst terjadi pada transmisi data dari stasiun *remote* ke stasiun *hub* dengan menggunakan kanal *returnlink*. Suatu *returnlink* terbagi dalam selang waktu tertentu yang disebut dengan *time slot*. Dalam satu *time slot* hanya terdapat stasiun *remote* yang berhasil mengirimkan data. *Time slot* berikutnya dipakai oleh stasiun *remote* lain untuk pengiriman data.

Metode Pengaksesan *Outlink*. Untuk mengirimkan data pada stasiun *remote*, stasiun *hub* menggunakan kanal *outlink*. Pengiriman data dilakukan berdasarkan alamat yang terdapat dalam data tersebut. Bentuk format frame ini antara lain mengandung bit pengalamatan, pengontrolan stasiun *remote*, deteksi kesalahan. Untuk tiap sistem yang berbeda, format frame ini berbeda pula.

Metode Pengaksesan *returnlink*. Dari stasiun *remote*, pengiriman data dilakukan dengan menggunakan kanal *returnlink* secara bersama-sama. Kanal *returnlink* dibagi dalam *time slot-timeslot*, dimana *tiap time slot* hanya mampu menampung satu paket data pelanggan. Metode pengaksesan *returnlink* dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu *slotted aloha*, TDMA (*time division Multiple acces*), dan ARSA (*adaptive reservation slotted aloha*).

Untuk *slotted aloha*, setiap *time slot* dapat diakses oleh setiap stasiun *remote* secara acak. Satu stasiun dapat mengirimkan paket data pada permulaan *slot* dan harus mengakhirinya sebelum *slot* berikutnya. Jika dua stasiun *remote* atau lebih secara bersamaan mengirimkan data, maka akan terjadi tabrakan paket data, sehingga stasiun *hub* tidak dapat menerima kedua paket data yang tabrakan tersebut. Kedua stasiun *remote* tersebut kemudian akan mengirimkan data kembali dalam selang waktu yang acak. *Traffic* data yang makin tinggi dapat menyebabkan makin sering terjadi tabrakan, sehingga antrian paket data makin panjang dan menyebabkan waktu tunda yang makin bertambah.

Pada saat *trafic* data cukup tinggi pengaksesan kanal *returnlink* menggunakan TDMA, dengan setiap stasiun *remote* mempunyai suatu *time slot* tertentu, sehingga terjadinya tabrakan data dapat dihindari. Pengiriman data oleh stasiun *remote* hanya kan terjadi pada *time slot* yang dimiliki oleh stasiun *remote* tersebut. Penentuan *time slot* ini diatur oleh stasiun master.

Untuk menjaga kestabilan lintasan saat terjadi kenaikan *traffic* yang tidak terduga, sistem VSAT mempunyai kemampuan untuk melakukan transisi dari satu metode ke metode yang lain. Metode lain yang dapat digunakan untuk mengakses kanal *returnlink* adalah metode ARSA, dengan panjang slot ditentukan berdasarkan permintaan pelanggan, yang disesuaikan dengan panjang paket data pelanggan.

Small Aperture Reflektor (parabola). *Small aperture* (parabola) adalah celah (luasan) permukaan efektif antena yang menangkap atau meradiasikan gelombang elektro-magnetik. Di dalam *In Door Unit* terdapat peralatan pemroses isyarat bidang dasar (*Base band*), termasuk pengendalian dan pengisyaratan untuk protokol. DTE (*data terminal equeipment*) yang menerima masukan dari pesawat terminal. Daya pancar terminal VSAT kurang dari 10 watt, sedangkan daya pemancar sentral *Hub* mencapai sekitar 1 kwatt.

Sistem komunikasi VSAT sangat menguntungkan bagi pelanggan (*user*) karena peralatan yang dipasang pada terminal pelanggan relatif sederhana dan murah namun mempunyai keandalan yang tinggi, mempunyai data yang aman dari interferensi serta mempunyai kemampuan anti jamming yang handal karena menggunakan teknologi spektrum terbentang. Teknologi ini cocok untuk telekomunikasi yang menuntut ketepatan data yang ditransmisikan, misalnya perbankan, militer serta siaran gambar televisi maupun data penting radar dan lain sebagainya.

Teknologi pembentangan frekuensi dapat dilaksanakan dengan *system* DS-BPSK (*direct sequence-binary phase shipt keying*), FH (*frekuensi hopping*), dan TH (*time hopping*). Isyarat informasi data berupa deretan pulsa biner dikalikan dengan deretan isyarat *pseudorandom noise* yang dibangkitkan untuk membentangkan frekuensi isyarat secara rawak (random). Hasil paduan isyarat ini memodulasi isyarat pembawa secara BPSK dan selanjutnya dipancarkan, sedangkan

pada penerima dilakukan operasi sebaliknya, yaitu isyarat yang diterima melalui proses *despreading* (awabentangan) menghasilkan isyarat termodulasi tanpa terbentang dan selanjutnya melalui proses demodulasi (awamudulasi) mengembalikan isyarat ke deretan data biner isyarat yang asli. Operasi pembentangan spektrum frekuensi isyarat ini dikenal sebagai DS-BPSK-PN (*direct sequence-binary phase shift keying-pseudorandom noise*).

Pada prinsipnya operasi pembentangan spektrum yang lain yaitu *frequency hopping* (FH) dan *time hopping* (TH) hampir sama perlakuannya, hanya dalam FH pembentangan dilaksanakan terhadap pembawa terbentang dengan melompat-lompatkan frekuensi isyarat pembawa, terbentang di seluruh bidang frekuensi, sedangkan sistem TH menggunakan deretan waktu yang menghasilkan alur-alur deburan isyarat terbentang sepanjang bidang frekuensi alokasi.

Isyarat informasi biasanya masih bersifat analog. Untuk keperluan digitalisasi yaitu dengan mengubah analog ke digital diperlukan alat pencuplikan, isyarat analog dicuplikkan secara periodis dalam kawasan waktu dengan waktu cuplikan minimum sama dengan seperti frekuensi minimum yaitu :

$$F_{min} = 2 B$$

Keterangan : B = lebar bidang frekuensi isyarat yang mengandung informasi.

Cuplikan dengan frekuensi sampling $F_s = 2B$ memungkinkan hasil kerja cuplikan tidak terjadi aliansing dan cuplikan menghasilkan kerja yang efektif yaitu semua informasi dapat dicakup. Tetapi semua tapis atau filter yang dibuat tidak bisa menghasilkan karakteristik yang agak lurus atau kotak, karenanya lebar frekuensi cuplikan perlu ditambah dengan frekuensi pengawas (*bandwidth*).

Penggunaan reflektor (parabola) karena dimensinya yang sangat besar dan mempunyai gain yang juga besar sekali. Bahan pemantul parabola tentu saja harus menggunakan material konduktif (konduktif sempurna dengan $Z_1 = 0$) akan memantulkan secara sempurna. Tetapi karena masalah berat, biasanya dipilih bahan yang agak ringan. Gain dari antena parabola adalah :

$$G = K (\pi D / \lambda)^2$$

Keterangan :

G = Gain reflektor parabola

K = Effisiensi anten

λ = Panjang gelombang = kecepatan (v) / frekuensi (F)

D = Diameter pemantul parabola

Dari rumus terlihat bahwa gain akan membesar bila diameter pemantul parabola semakin besar dan panjang gelombang semakin pendek (frekuensi semakin tinggi).

Untuk sebuah antena pemancar yang meradiasikan daya pancar, P_T secara seragam ke segala arah (*antenna isotropis*), maka pada jarak R daya yang diterima adalah :

$$P_R = P_T (\lambda / 4\pi R)^2$$

Perbandingan antara P_T dengan P_R menyatakan redaman ruang bebas, dan dinyatakan dengan a_0 , atau dengan rumus yang lebih praktis (dalam dB) :

$$(a_0) = 92,47 + 20 \log R + 20 \log f$$

R = jarak stasion bumi dengan satelit (km)

F = frekuensi yang digunakan (GHz)

Perkalian daya pancar dengan gain antena merupakan daya efektif atau EIRP (*effective isotropically radiated power*) dari sebuah sistem pemancar. EIRP dinyatakan besarnya daya pancar seandainya digunakan antenna isotropis untuk mendapatkan radiasi yang sama, kea arah yang sama. Jadi *small aperture reflector* (parabola) berkaitan dengan isyarat, lebar bidang dan panjang gelombangnya.

KESIMPULAN

(a). VSAT (*very small aperture terminal*) atau stasion bumi mikro adalah jasa telekomunikasi satelit untuk membentuk jaringan telekomunikasi dengan media satelit.(b). Jaringan komunikasi VSAT mempunyai keuntungan-keuntungan dibandingkan dengan system komunikasi terrestrial lainnya. Diantaranya adalah cakupan areanya yang luas. Jika melihat kondisi geografis Indonesia, maka jaringan VSAT ini sangat cocok diimplementasikan di Indonesia. Sehingga dapat memecahkan masalah-masalah telekomunikasi yang ditimbulkan karena kendala geografis. Lagi pula komponen-komponen jaringan VSAT yang berbeda pada sisi pelanggan sangat fleksibel, artinya mudah untuk dipindah-pindah serta dikonfigurasi ulang.(c). Sisten jaringan VSAT seperti halnya sistem komunikasi satelit terdiri dari 2 bagian, yakni segmen angkasa (*space segmen*) yang digunakan untuk satelit serta segmen bumi (*earth segmen*) yang terdiri dari stasion *hub* dan stasion *remote* pada sisi pelanggan.

DAFTAR PUSTAKA

- Erwin, Robert M, 1986, *Pengantar Telekomunikasi*, Edisi ke-1 PT.Multimedia, Jakarta
- Ha.Tri T, 1990,"*Digital Satellit Communicatior*", Edisi ke-2, Mc Graw Hill Communication Series, Singapore.
- Stallings, William, 1994, *Data and Computer Communications*, Edisi ke-4, Prentice Hall International Edisions, Singapore.
- Langley, Graham, 1993, *Prinsip dasar Telekomunikasi*, PT.Elek Media komputindo, Jakarta.
- Susanto, Adhi M.Sc, 1980, *Diktat Teknik Telekomunikasi*, Jogjakarta
- , "*Skylinx.25 Operaton's Manual Volume-1 Theory of Operatior*", 1990, Scientific Atlanta.

MONITORING PERGERAKAN BENDUNG BATUTEGI

Fauzan Murdapa
T.Sipil dan T.Survei dan Pemetaan, FT, Unila
email: fauzan_murdapa@unila.ac.id

ABSTRAK

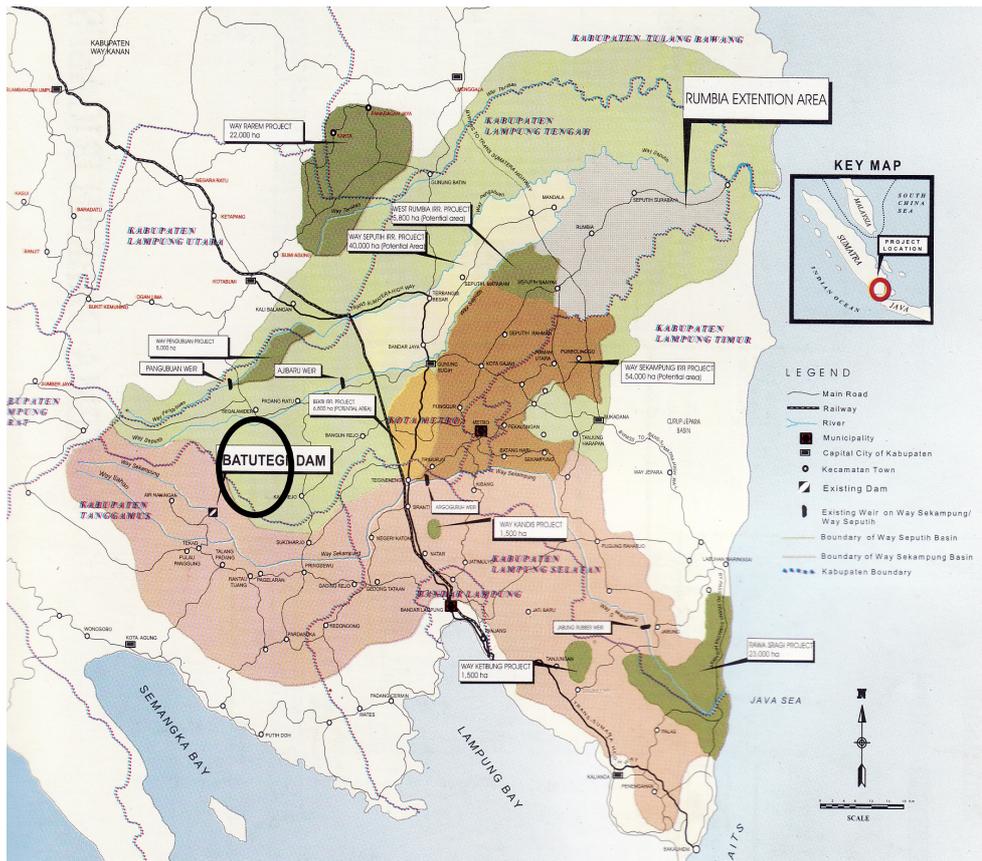
Bendungan Batutegi terletak di Desa Way Harong, Kecamatan Pulau Panggung, Kabupaten Tanggamus, Propinsi Lampung. Dibangun di atas Sungai Sekampung, 60 km sebelah hulu bendung Argoguruh di Kecamatan Tegineneng, Kabupaten Pesawaran. Tujuan utama dibangunnya bendungan ini adalah untuk pengembangan areal persawahan dari daerah irigasi Way Sekampung dari semula 43.588 ha menjadi 66.573 ha. Selain ditujukan untuk pengembangan areal persawahan, bendungan ini juga dapat menghasilkan pembangkit listrik tenaga air 2 x 24 MW dengan energi yang dihasilkan =100 Gwh pertahun, penyedia air baku untuk air minum sebesar 2.250 lt/dtk dan pengendalian banjir, pariwisata dan perikanan. Lokasi Bendung Batutegi terletak pada jalur sesar yang cukup aktif di Propinsi Lampung, yaitu Sesar Sumatera. Hampir setiap saat terjadi gempa tektonik baik yang lemah, sedang maupun kuat yang akan menyebabkan getaran pada bendung, yang bisa berakibat terjadinya keretakan, penurunan / gerakan vertikal dan pergeseran tanah ke arah horisontal pada bendung dan bangunan sekitarnya. Untuk mengamati gerakan ini bisa dilakukan dengan menggunakan Theodolit untuk pergerakan horisontal dan dengan menggunakan Waterpass untuk pergerakan vertikal. Data yang didapatkan adalah data pergerakan relatif terhadap titik referensi. Dari data pemantauan didapatkan hasil bahwa selama empat tahun telah terjadi pergeseran horisontal ke arah hulu antara 3 mm s/d 35 mm. Pergeseran terbesar terjadi pada tengah bendungan, sedangkan pergeseran terkecil terjadi di pinggir bendungan. Sedangkan pergeseran ke arah vertikal terjadi penurunan antara 121 mm s/d 531 mm pada hulu bendung dan antara 89 mm s/d 461 mm pada hilir bendung. Penurunan terbesar terjadi pada bagian tengah bendungan sedangkan penurunan terkecil terjadi di pinggir bendungan.

Kata Kunci : Sesar, pergerakan horisontal, pergerakan vertikal.

PENDAHULUAN

Bendungan Batutegi terletak di Desa Way Harong, Kecamatan Pulau Panggung, Kabupaten Tanggamus, Propinsi Lampung. Dibangun di atas Sungai Sekampung, 60 km sebelah hulu bendung Argoguruh di Kecamatan Tegineneng, Kabupaten Pesawaran. Tujuan utama dibangunnya bendungan ini adalah untuk pengembangan areal persawahan dari daerah irigasi Way Sekampung. dari semula 43.588 ha menjadi 66.573 ha. Selain ditujukan untuk pengembangan areal persawahan, bendungan ini juga dapat menghasilkan pembangkit listrik tenaga air 2 x 24 MW dengan energi yang dihasilkan =100 Gwh pertahun, penyedia air baku untuk air minum sebesar 2.250 lt/dtk dan pengendalian banjir, pariwisata dan perikanan.

Pada dasarnya bendung ini mempunyai tingkat kestabilan yang sangat tinggi, bertipe urugan kedap air. Namun, karena lokasinya yang terletak pada jalur sesar yang sangat aktif, yaitu Sesar Sumatera. Maka, hampir setiap saat terjadi gempa bumi tektonik, baik yang kecil, sedang maupun gempa yang kuat. Gempa-gempa ini tentu akan berpengaruh terhadap kondisi bendung, misalnya terjadi retakan pada bendung sehingga menyebabkan kebocoran air, atau terjadi getaran pada bendung sehingga berakibat terjadinya penurunan (gerakan vertikal) dan pergeseran ke arah horisontal pada bendung utama atau pada bangunan lainnya



Gambar 1. Lokasi Bendung Batutegi.

Bendung Batutege dirancang untuk bertahan minimal 100 tahun, namun mengingat bahwa lokasinya terletak pada jalur gempa tektonik yang cukup aktif, maka perlu diwaspadai dengan cara melakukan pemantauan pergerakan yang mungkin terjadi. Salah satu metode yang mudah, cepat dan murah adalah dengan menggunakan Theodolit untuk pergerakan horisontal dan menggunakan Waterpass untuk pergerakan arah vertikal. Pengamatannya dilakukan secara berulang dengan periode waktu tertentu. Salah satu titik dipilih untuk digunakan sebagai titik referensi. Dengan metode pemantauan berulang ini akan bisa diketahui perubahan posisi dan elevasi titik-titik amat relatif terhadap titik referensi.

Dengan terdeteksinya kerusakan/keretakan maupun deformasi/pergerakan bendung maupun bangunan yang lain (Bangunan Pelimpah, Terowongan Pengelak, Terusan Air, dsb) baik vertikal maupun horisontal, maka akan bisa dilakukan penanganan secara dini. Dengan demikian kerusakan yang lebih parah, yang akan membawa kerusakan lebih besar akan bisa dihindari.

PELAKSANAAN PENELITIAN

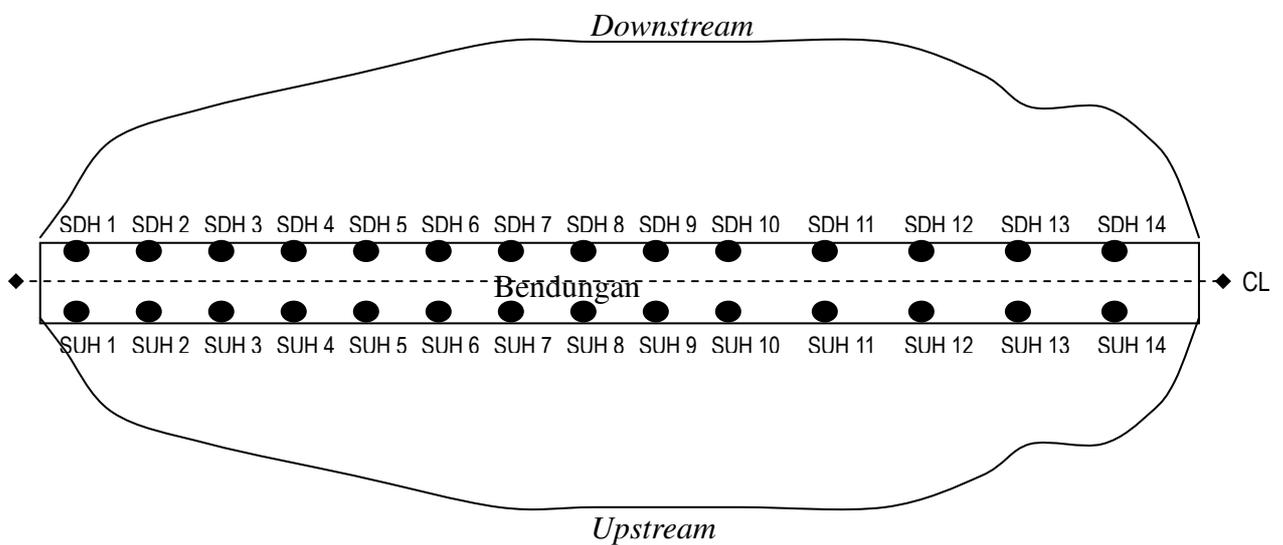
Waktu Pelaksanaan Pengamatan. (a). Pengamatan dilaksanakan selama 4 tahun dari tahun 2001 s/d 2004 untuk data elevasi hulu dan hilir bendungan.(b). Data elevasi as bendungan diamat selama 1 tahun (2004). (c). Pengamatan dilaksanakan selama 4 tahun dari tahun 2001 s/d 2004 untuk data elevasi hulu dan hilir bendungan.

Peralatan. (a). Alat Penyipat Datar (Waterpass). (b). Theodolit.(c). Meteran Sebelum digunakan untuk pengamatan, maka semua pesawat tersebut harus dikalibrasi terlebih dahulu, yaitu untuk memastikan bahwa pesawat tidak ada kesalahan.

Rancangan Pelaksanaan. Bendung dengan panjang 690 m, dibagi menjadi 14 titik amat, baik dibagian hulu (SUH) maupun bagian hilir (SDH). Untuk pengamatan elevasi/ketinggian maka dilakukan pengamatan beda tinggi antar titik dengan menggunakan Waterpass dan pergeseran horisontal dengan menggunakan theodolit. Pengamatan ini dilakukan secara berulang.



Gambar.2. Foto Tubuh Bendungan



- Keterangan:
- = Titik Pengamatan Penurunan Bendungan
 - ◆ = Titik pengamatan Theodolit
 - = Garis Pengamatan Pergeseran Horisontal
 - CL = Centre Line Bendungan
 - SUH = Titik Hulu Bendungan
 - SDH = Titik Hilir Bendungan

Gambar 3. Titik-Titik Pengamatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

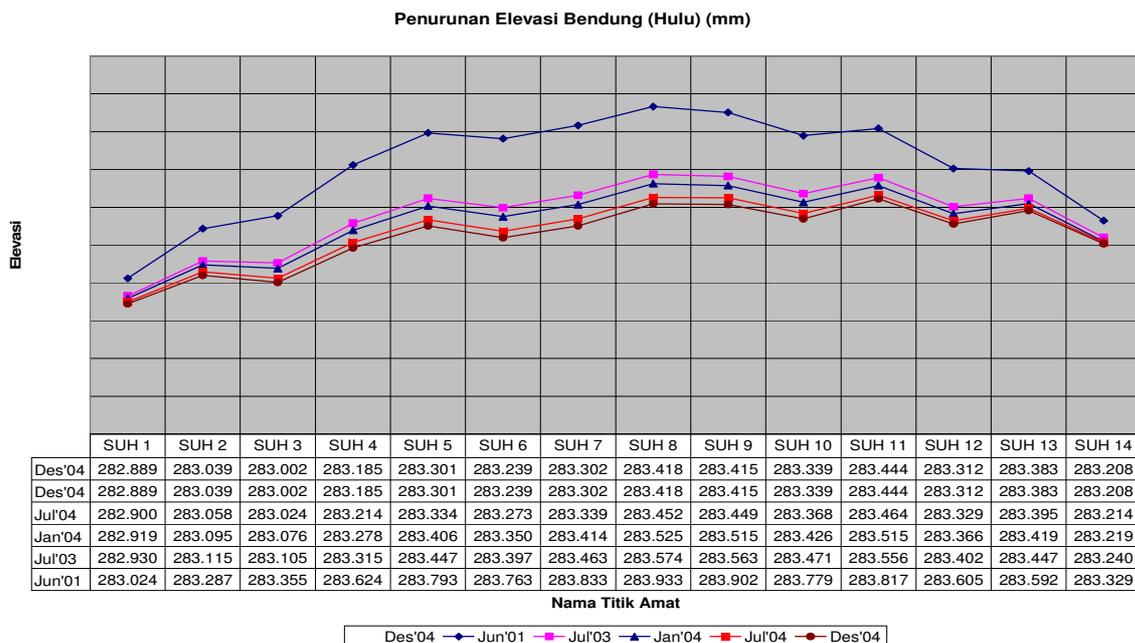
Pergerakan Vertikal. Dari data hasil pengamatan perbedaan elevasi dengan menggunakan Waterpass dari tahun 2001 (awal mulai beroperasi) sampai dengan tahun 2004, telah terjadi penurunan elevasi muka bendung pada semua titik amat, baik bagian hulu maupun bagian hilir bendung. Penurunan bervariasi antara 121 mm s/d 531 mm pada hulu bendung dan antara 89 mm s/d 461 mm pada hilir bendung. Penurunan terbesar terjadi pada bagian tengah bendungan sedangkan penurunan terkecil terjadi di pinggir bendungan.

Adapun secara lebih detail elevasi pada masing-masing titik pada setiap periode pada bagian hulu, dan hilir bendung adalah sebagai berikut:

Tabel.1. Data Pengamatan Penurunan Bendungan (mm) Pada Bagian Hulu

No	Titik	Jun'01	Jul'03	Jan'04	Jul'04	Des'04
1	SUH 1	283.024	282.930	282.919	282.900	282.889
2	SUH 2	283.287	283.115	283.095	283.058	283.039
3	SUH 3	283.355	283.105	283.076	283.024	283.002
4	SUH 4	283.624	283.315	283.278	283.214	283.185
5	SUH 5	283.793	283.447	283.406	283.334	283.301
6	SUH 6	283.763	283.397	283.350	283.273	283.239
7	SUH 7	283.833	283.463	283.414	283.339	283.302
8	SUH 8	283.933	283.574	283.525	283.452	283.418
9	SUH 9	283.902	283.563	283.515	283.449	283.415
10	SUH 10	283.779	283.471	283.426	283.368	283.339
11	SUH 11	283.817	283.556	283.515	283.464	283.444
12	SUH 12	283.605	283.402	283.366	283.329	283.312
13	SUH 13	283.592	283.447	283.419	283.395	283.383
14	SUH 14	283.329	283.240	283.219	283.214	283.208

Adapun grafik penurunan elevasi pada masing-masing titik pada setiap periode pada bagian hulu adalah sebagai berikut:



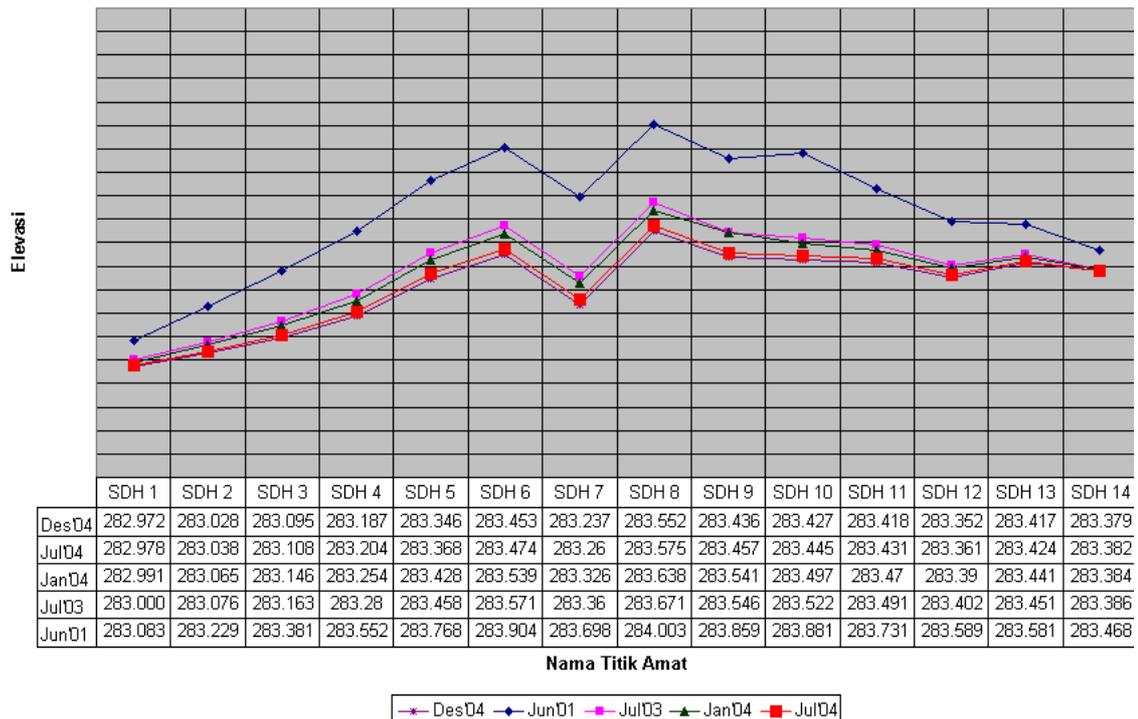
Gambar 4. Penurunan Elevasi pada Titik-Titik Hulu Bendung

Tabel.2. Penurunan Data Pengamatan Penurunan Bendungan (mm) Pada Bagian Hilir

No	Titik	Jun'01	Jul'03	Jan'04	Jul'04	Des'04
1	SDH 1	283.083	283.000	282.991	282.978	282.972
2	SDH 2	283.229	283.076	283.065	283.038	283.028
3	SDH 3	283.381	283.163	283.146	283.108	283.095
4	SDH 4	283.552	283.28	283.254	283.204	283.187
5	SDH 5	283.768	283.458	283.428	283.368	283.346
6	SDH 6	283.904	283.571	283.539	283.474	283.453
7	SDH 7	283.698	283.36	283.326	283.26	283.237
8	SDH 8	284.003	283.671	283.638	283.575	283.552
9	SDH 9	283.859	283.546	283.541	283.457	283.436
10	SDH 10	283.881	283.522	283.497	283.445	283.427
11	SDH 11	283.731	283.491	283.47	283.431	283.418
12	SDH 12	283.589	283.402	283.39	283.361	283.352
13	SDH 13	283.581	283.451	283.441	283.424	283.417
14	SDH 14	283.468	283.386	283.384	283.382	283.379

Adapun grafik penurunan elevasi pada masing-masing titik pada setiap periode pada bagian hilir bendung adalah sebagai berikut:

Penurunan Elevasi Bendungan (Hilir) (mm)



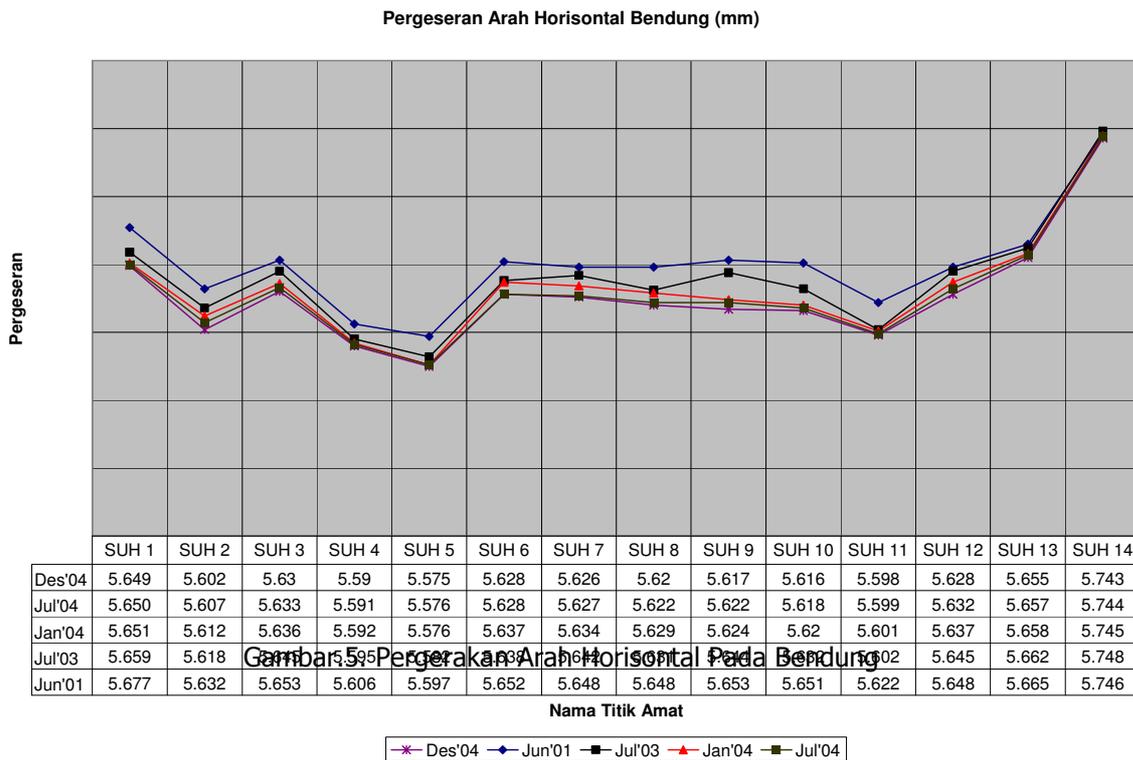
Pergerakan Horisontal. Dari data hasil pengamatan pergerakan horisontal dengan menggunakan Theodolit dari tahun 2001 (awal mulai beroperasi) sampai dengan tahun 2004, telah terjadi pergeseran horisontal ke arah hulu antara 3 mm s/d 35 mm. Pergeseran terbesar terjadi pada tengah bendungan, sedangkan pergeseran terkecil terjadi di pinggir bendungan.

Adapun secara lebih detail pergerakan pada arah horizontal pada masing-masing titik pada setiap periode pada bagian as bendung adalah sebagai berikut:

Tabel.3. Data Pengamatan Pergeseran Bendungan (mm)

No	Titik	Jun'01	Jul'03	Jan'04	Jul'04	Des'04
1	SUH 1	5.677	5.659	5.651	5.650	5.649
2	SUH 2	5.632	5.618	5.612	5.607	5.602
3	SUH 3	5.653	5.645	5.636	5.633	5.63
4	SUH 4	5.606	5.595	5.592	5.591	5.59
5	SUH 5	5.597	5.582	5.576	5.576	5.575
6	SUH 6	5.652	5.638	5.637	5.628	5.628
7	SUH 7	5.648	5.642	5.634	5.627	5.626
8	SUH 8	5.648	5.631	5.629	5.622	5.62
9	SUH 9	5.653	5.644	5.624	5.622	5.617
10	SUH 10	5.651	5.632	5.62	5.618	5.616
11	SUH 11	5.622	5.602	5.601	5.599	5.598
12	SUH 12	5.648	5.645	5.637	5.632	5.628
13	SUH 13	5.665	5.662	5.658	5.657	5.655
14	SUH 14	5.746	5.748	5.745	5.744	5.743

Untuk memperjelas pergerakan arah horizontal pada masing-masing titik pada bendung diperlihatkan pada gambar berikut:



SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini, maka bisa ditarik kesimpulan, yaitu telah terjadi pergerakan relative pada bendung utama, yaitu: (a). Penurunan elevasi yang bervariasi antara 121 mm s/d 531 mm pada hulu bendung dan antara 89 mm s/d 461 mm pada hilir bendung. Penurunan terbesar terjadi pada bagian tengah bendungan sedangkan penurunan terkecil terjadi di pinggir bendungan. (b). Pergerakan horisontal ke arah hilir antara 3 mm s/d 35 mm. Pergeseran terbesar terjadi pada tengah bendungan, sedangkan pergeseran terkecil terjadi di pinggir bendungan. (c). Untuk lebih meningkatkan ketelitian studi deformasi maka perlu diteliti dengan menggunakan Pesawat GPS double frekuensi dengan pengolah data perangkat lunak ilmiah. (d). Sekalipun penelitian ini dengan menggunakan data yang bersifat relatif, maka pihak pengelola bendung tetap harus waspada terhadap kemungkinan terjadinya retakan pada bendung. (e). Titik pengamatan perlu diperluas pada bangunan-bangunan yang lain, seperti bangunan pengelak, bangunan terowongan, mikro hidro dan lain-lain. (f). Perlu diwaspadai kemungkinan terjadinya longsor pada areal sebelah hulu bendung akibat gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Hz. Dkk . "Studi Geodetik Sesar Lembang", Kelompok Keahlian Geodesi Departemen Teknik Geodesi Institut Teknologi Bandung, 2004.
- Abidin, Hz. Dkk . "Studi Geodinamika Daerah Sulawesi dengan GPS", Kelompok Keahlian Geodesi Departemen Teknik Geodesi Institut Teknologi Bandung, 2004.
- Blewitt G, "Basics of the GPS Technique: Observation Equations", Department of Geomatics, University of Newcastle, United Kingdom, 1997
- Blewitt G. 1993. Advances in Global Positioning System technology for geodynamics investigations: 1978–1992. In *Contrib. Space Geodesy Geodyn.: Technol. Geodyn., Geodyn. Ser.*, ed. DE Smith, DL Turcotte, 25: 195–213. Washington, DC: Am. Geophys. Union. 213 pp.
- Herring T. "Dislocation in Elastic Halfspace Model of the Earthquake Cycle", Lecture notes, MIT OpenCourseware, Spring 2006
- Mori J, "Earthquake Prediction". Lecture notes on KAGI 21 Summer School. Institut Teknologi Bandung, 2004.
- Natawijaya, Dany H. "Aceh Andaman Megathrust Earthquake 26 December 2004; what's happen then and where is the Future Giant earthquake and Tsunami in sumatera". Workshop Gempa Aceh; Geodesi ITB, 2004.
- Okada, Y., Internal deformation due to shear and tensile faults in a halfspace, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 82, 1018–1040, 1992.
- Vigny et.al (2005). Report on Banda Aceh Mega-Thrust Earthquake, December 26, 2004. SEAMERGES PROJECT 2005

Lampiran



KARAKTERISTIK KIMIA DAN MIKROBIOLOGI PATI UBIKAYU (*MANIHOT ESCULENTA*) YANG DIBUAT DENGAN MENAMBAHKAN YEAST *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Maria E. Kustyawati dan ²Sulastri Ramli

(Chemical and Microbiological properties of cassava (*Manihot esculenta*) starch produced with the addition of yeast *Saccharomyces cerevisiae*)

ABSTRACT

The particular drawback of cassava starch in case of its application to foods processing was its solubility in water. The yeast *Saccharomyces cerevisiae* was known for its extracellular enzymatic producer. Its role on the cassava starch production was investigated in changing the biochemical properties of the starch. *Saccharomyces cerevisiae* at 10^{10} sel ml⁻¹ was inoculated into 1000 ml of cassava starch suspension and incubated at 12, 24, and 36 h at room temperature (30°C). The result showed that *S. cerevisiae* affected the structure of starch granules, and that the cassava starch produced with the addition of *S. cerevisiae* had better biochemical properties than that of without the addition one. Those can be seen from the protein contents (2.06%), and amylopectin contents (52.37%) which were higher than those of without addition of *S. cerevisiae* (0.28%) and (51.24%), respectively. Whereas amylose content (28.26%) of cassava starch with addition of *S. cerevisiae* was lower than that of without addition one (28.57%). The structure of starch granules of the cassava starch with addition of *S. cerevisiae* showed the signs of erosion. It can be concluded that the addition of *S. cerevisiae* can be used as modifying agents for cassava starch and to improve the protein content and the solubility.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae*, cassava starch, modification, biochemical properties.

PENDAHULUAN

Ubi kayu (*Manihot esculenta*) merupakan sumber bahan makanan ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung. Sebagai bahan dasar pada industri makanan, ubi kayu merupakan sumber utama pembuatan pati. Industri tapioka merupakan industri skala besar yang paling berkembang di Lampung dengan jumlah perusahaan tapioka sebanyak 31 perusahaan dengan kapasitas produksi 56.927,08 ton (Badan Pusat Statistik, 2006). Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glukosida. Pati tersusun atas dua fraksi amilosa (rantai lurus α -1,4-glukosida dan terdapat 500-200 unit glukosa) dan fraksi amilopektin (polimer berantai cabang yang terdiri rantai lurus dengan ikatan α -1,4-glukosida dan ikatan α -1,6-glukosida dipercabangannya, setiap cabang terdapat 25-30 unit glukosa). Salah satu sifat pati adalah sulit larut dalam air dingin, karena molekulnya berantai lurus atau bercabang tidak berpasangan sehingga membentuk jaringan yang mempersatukan granula pati. Dalam penggunaannya sebagai pangan, pemasakan pati memerlukan waktu yang lama dan pasta yang terbentuk cukup keras. Oleh sebab itu modifikasi terhadap sifat-sifat pati dapat dilakukan salah satunya dengan hidrolisa polisakarida glukosa oleh enzim hidrolitik amylase.

Yeast *Saccharomyces cerevisiae* merupakan organisme penghasil amylase yang cukup potensi, selain bakteri dan kapang. Enzim amilase diproduksi diluar sel oleh beberapa jenis yeast *Saccharomycopsis fibuliger*, *Sacch. diaticus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Schwaniomyces occidentalis*, dan *Candida serta Pichia* (De Mot, 1990). *S. fibuliger* merupakan penghasil amylase terbesar dan baru-baru ini telah dieksploitasi untuk proses sakarifikasi pati selama fermentasi (Kato, dkk. 1976), tetapi dengan pertimbangan bahwa *S. fibuliger* masih tergolong *food-borne yeast* maka dalam penelitian ini digunakan *S. cerevisiae* yang sudah termasuk dalam food grade. Yeast amilolitik mempunyai potensi penting dalam produk berbahan pati karena dapat menyumbangkan flavor. Selain itu yeast amilolitik berperan dalam memproduksi etanol dan

biomass yeast dari zat pati dan memproduksi minuman dan makanan berkarbohidrat rendah (McCann dan Barnett, 1986), misalnya fermentasi beras, produksi amilase oleh yeast dalam fermentasi tape ketan dan tape ubi kayu (Ardhana dan Fleet, 1989; De Mot, 1990). Yeast sangat berpotensi dan mempunyai prospek besar dan masih sangat banyak informasi dibutuhkan. Di Indonesia, penggunaan yeast untuk memproduksi makanan tradisional maupun makanan fermentasi belum begitu membudaya dibandingkan dengan kapang *Mucor spp*, *Rhizopus spp*, *penicillium spp*, dan *Aspergillus spp*, atau penggunaan bakteri asam laktat *Lactobacillus casei*, *L lactis*, *A.xylinum*, *A acetii*, karena kurangnya pengetahuan dalam pemanfaatan dan perekayasaan yeast sebagai starter atau sebagai agen dalam proses fermentasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peranan yeast *Saccharomyces cerevisiae* dalam pembuatan pati ubikayu dan mengetahui perubahan biokimia dalam pati yang dihasilkan.

METODOLOGI

Bahan dan alat. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ubi kayu (*Manihot esculenta*) varietas Kasetsart yang diperoleh dari Balai Penelitian dan Teknologi Pertanian (BPTP) Bandar Lampung, kultur starter yang digunakan adalah fermipan yang merupakan *Saccharomyces cerevisiae* yang mengandung nutrisi tambahan untuk menunjang viabilitas yeast yang diawetkan dalam bentuk kemasan. Bahan-bahan untuk analisis mikrobiologi adalah Malt Extract broth, Malt Extract Agar (MEA) Difco, larutan fisiologis (NaCl 0,85%), oksitetrasiklin dan kloramfenikol, serta bahan-bahan kimia untuk analisis kimia pati ubikayu.

Alat-alat yang digunakan adalah timbangan analitik (Scaltec SBA 31), autoclave merk Wiseclave, vorteks, mikropipet Ependorf 100-1000 μ l, Haemocytometer, incubator, Laminar flow, AAS, Spektrofotometer UV-Vis Secomam UV Light XS 2, alat-alat gelas, oven merk Philittshariff, labu Kjeldhal 100mL, *Polarized Light Mikroskop*, peralatan untuk membuat pati dan alat-alat untuk analisis kimiawi pati.

Pembuatan pati. Pati ubi kayu (tapioka) diperoleh dengan mengekstraksi ubi kayu dengan menggunakan air (perbandingan bubur parutan ubi kayu: air= 1:2). Ubikayu segar yang telah dikupas dan dibersihkan, dilakukan pamarutan. Kedalam ubikayu parut ditambahkan air dan selanjutnya dilakukan pemerasan. Suspensi tepung tapioka yang diperoleh kemudian diendapkan selama waktu tertentu. Selama pengendapan, kedalam suspensi tepung tapioka ditambahkan starter *Saccharomyces cerevisiae* dalam fermipan. Setelah waktu pengendapan selesai, air dituangkan dan endapan pati yang diperoleh diletakkan secara merata di dalam loyang. Selanjutnya dikeringkan dengan oven blower selama 24 jam pada suhu 50°C, kemudian dihaluskan dengan Waring blender.

Persiapan starter. Inokulum *S.cerevisiae* dalam fermipan, ditimbang secara aseptis 1 gram bubuk fermipan dan dilarutkan dengan 9 mL aquades steril, dihomogenkan dengan vorteks, selanjutnya dilakukan pengenceran dan dihitung jumlah selnya menggunakan Haemocytometer untuk memperoleh 10^{10} sel/ml.

Prosedur percobaan. Pada tahap pengendapan suspensi tepung tapioka, ke dalam suspensi tapioka yang diperoleh dari 1000 g berat ubikayu basah (1000L suspensi pati), diinokulasikan 1ml kultur *S.cerevisiae* dengan konsentrasi 10^{10} sel ml⁻¹ dan dilakukan pengadukan. Pengendapan dilakukan selama 12, 24, dan 36 jam pada suhu 30°C. Selanjutnya endapan pati dikeringkan dan dihaluskan. Sebagai kontrol tanpa penambahan *S.cerevisiae* adalah pati yang dibuat mengikuti prosedur baku pembuatan tapioka (DSN, 1994).

Pengamatan dilakukan dalam dua tahap yaitu selama pengendapan suspensi pati dan setelah menjadi pati. Selama pengendapan dilakukan monitoring terhadap populasi *S.cerevisiae* dengan metode cawan tebar (spread plate) menggunakan media Malt Extract agar (MEA) ditambah oxytetracycline dan chloramphenicol dengan konsentrasi akhir 100mg L⁻¹, kadar gula pereduksi dan pH. Setelah menjadi pati dilakukan pengamatan terhadap kadar protein (metode mikro Kjeldahl), rendemen pati, kadar pati, amilosa dan amilopektin.

Analisis gula pereduksi metode EDTA (SNI 01-3140-2001) dengan prinsip bahwa larutan gula yang ditambah pereaksi tembaga alkali (*alkaline cupper reagent*) dipanaskan dalam penangas air sehingga cupri akan direduksi menjadi cupro oksida oleh gula reduksi yang ada. Setelah dingin kelebihan cupri dititar dengan $0.0025 \text{ mol L}^{-1}$ ethylene diamine-tetra acetic acid (EDTA) menggunakan indikator murexide (0.5 g bubuk murexide/ammonium purpurate, 0.15 g bubuk methyleneblue dan 40 g NaCl, dicampur, ditumbuk halus dan homogen, lalu disimpan dalam desikator). Penentuan kadar air ubi kayu menggunakan metode pengeringan dengan menggunakan oven konveksi (AOAC,1990).

Penentuan kadar Protein kasar metode semimikro Kjeldhal (AOAC, 1990) dengan prinsip bahwa senyawa nitrogen diubah menjadi amonium sulfat oleh H_2SO_4 pekat. Amonium sulfat yang terbentuk diuraikan dengan NaOH. Amoniak yang dibebaskan diikat dengan asam borat dan kemudian dititar dengan larutan baku asam (H_2SO_4 0.1N). Kadar protein (%)= %N x 6.25

Analisis pati dilakukan dengan metode ekstraksi asam perklorat dan pengukuran Spectrophotometer, prinsipnya bahwa sesudah tahap penghilangan gula bebas dengan cara ekstraksi dengan etanol 80%, residu pati yang diperoleh di *digest* dengan asam perklorat 52% (v/v). Gula hasil *digest* ditetapkan kadarnya dengan metode Anthrone, sehingga kadar pati sampel dapat diketahui. (Larutan Antrone: larutkan 1 g Antrone kedalam 1L larutan yang mengandung 760mL 76%- H_2SO_4 , dibuat waktu akan digunakan). Penetapan kadar amilosa dan amilopektin dilakukan menurut metode IIRI dalam Apriyantono (1989) prinsipnya bahwa amilosa akan berwarna biru bila bereaksi dengan senyawa Iod. Intensitas warna biru akan berbeda tergantung dari kadar amilosa dalam bahan. Kadar amilopektin= kadar pati-kadar amilosa. Penampakan mikroskopis granula pati ditentukan menurut metode McMaster (1964) dengan pengamatan langsung sebagai berikut, 0.5% suspensi pati diteteskan pada kaca slide dan ditutup dengan kaca penutup, selanjutnya diletakkan dibawah mikroskop Leica mikroskop optik menggunakan ocular graduasi. Pengamatan dengan pembesaran 10x100 dan dilakukan pemotretan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Pada Gambar 1a dan 1b terlihat bahwa sel *S.cerevisiae* dapat tumbuh dalam suspensi pati selama 48 jam pada suhu ruang (30°C) dan penambahan *S.cerevisiae* pada proses pengendapan suspensi pati menghasilkan perubahan-perubahan kimia yang lebih baik dibanding pengendapan pada pembuatan pati ubikayu umumnya. Hal ini dapat dilihat dari nilai pH suspensi pati ubikayu yang ditambah *S.cerevisiae* yang tidak terlalu rendah (5-6), dan pH tersebut dapat mengurangi bau yang ditimbulkan dari limbah cair pembuatan pati. Kondisi substrat (suspensi ubi kayu) dengan pH 5-6 dan keasaman rendah membantu sel yeast dapat bertahan hidup. Selain itu kadar gula reduksi substrat yang rendah terjadi karena adanya hidrolisis pati menjadi gula-gula sederhana yang selanjutnya digunakan sebagai sumber karbon utama oleh sel yeast untuk pertumbuhannya. Hasil penelitian ini mendukung penelitian Vijayagopal dan Balagopalan (1988) yang menggunakan imobilisasi sel *S.cerevisiae* Starin 2177 untuk fermentasi hidrolisat pati ubikayu dan menyatakan bahwa selama fermentasi terjadi percepatan penurunan kandungan gula reduksi dan pertumbuhan sel. Pertumbuhan *S.cerevisiae* dalam substrat yang mengandung zat pati dalam penelitian ini juga mendukung penelitian yang dilakukan Nurhayani dkk., (2001); Oboh, G. (2006); Uboh dan Akindahunsi (2003).

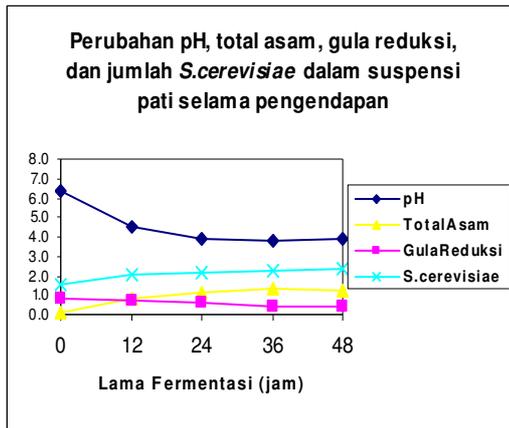
Kadar protein, rendemen pati, Kadar pati, amilosa, dan amilopektin. Hasil analisis kandungan protein pati yang dihasilkan (Tabel 1) menunjukkan bahwa penambahan *S.cerevisiae* meningkatkan kadar protein yang signifikan. Pati ubikayu dengan proses pembuatan tanpa penambahan *S.cerevisiae* mengandung protein 0.28%, sedang protein tertinggi dalam pati dengan penambahan *S.cerevisiae* tertinggi adalah 2.06% pada lama fermentasi 24jam. Lama fermentasi mempunyai pengaruh terhadap kadar protein bahan. Meningkatnya protein dalam pati kemungkinan disebabkan oleh dua hal yaitu (1) meningkatnya biomasa yeast (MBP) dan (2) meningkatnya sel yeast yang berfungsi sebagai agensia protein sel tunggal (PST), karena komposisi kimia *S.cerevisiae* terdiri atas protein kasar 50-52%, karbohidrat 30-37%, lemak 4-5% dan mineral 7-8% (Reed dan Nagodhawithana, 1988). Hasil penelitian ini mendukung hasil

penelitian Uboh dan Akindahansi (2003) bahwa kadar protein fermentasi tepung ubikayu menggunakan *S.cerevisiae* meningkat menjadi 10.9%. Fermentasi kulit ubikayu dengan *S.cerevisiae* meningkatkan kadar protein 21.5% dari kadar protein kulit ubikayu tanpa fermentasi 8.2% (Obloh, G. 2006). Soccol dkk., (1994) kadar protein fermentasi padat ubikayu kukus dengan *Rhizopus oligosporus* meningkat dari 1.75% menjadi 11.3%. produk pati ubikayu terfermentasi yang memiliki kandungan protein cukup tinggi sangat baik untuk bahan pangan substitusi terigu.

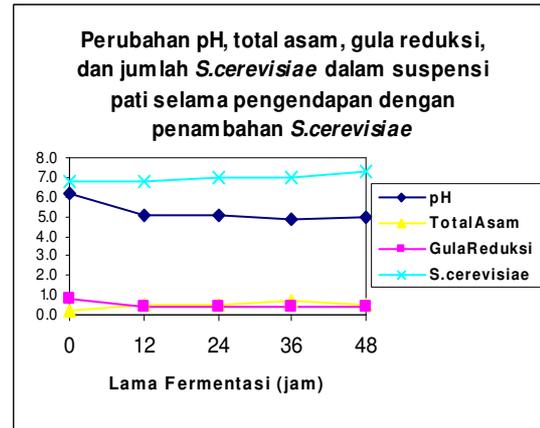
Rendemen pati sangat berhubungan erat dengan kadar pati yang terkandung dalam ubi kayu. Hasil analisis rendemen pati menunjukkan bahwa (Tabel 1) penambahan *S.cerevisiae* dan lama perendaman menurunkan rendemen pati. Proses ekstraksi merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap mutu rendemen pati yang dihasilkan, yaitu misalnya hilangnya pati dari *slurry* pada tahap ekstraksi karena masih terikatnya sebagian pati pada onggok. Selain itu pertumbuhan *S.cerevisiae* dalam suspensi pati melakukan aktivitas hidrolisis pati yang kemungkinan juga menyebabkan menurunnya rendemen pati. Hasil analisis terhadap kadar pati, amilosa, dan amilopektin menunjukkan bahwa penambahan *S. cerevisiae* menurunkan kadar pati, amilosa dan amilopektin, terutama pada lama perendaman 36 jam (Tabel 1). Penurunan kandungan pati ini kemungkinan disebabkan dua hal yaitu karena pati ikut terlarut dalam air perendaman, dan selain itu pati digunakan oleh mikroba untuk pertumbuhannya. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Oyewole dan Afolami (2001) pada produksi lafun secara fermentasi. Kadar pati dan amilopektin dalam pati ubikayu terfermentasi tertinggi pada fermentasi selama 12 jam. Sedang amilosa pada pati ubikayu terfermentasi lebih rendah dari pada pati ubikayu tanpa fermentasi, dan kadar amilosa paling rendah pada fermentasi selama 36 jam. Selama fermentasi yeast *S. cerevisiae* memproduksi enzim ekstraseluler amylase dan protease (Rosi, 1993). Dari hasil ini terlihat bahwa dalam pati, amylase terutama α -amylase melakukan amilolisis yaitu degradasi pati sempurna dan segera menjadi maltosa dan maltotriosa. Tahap amilolisis ini merupakan hasil kerja enzim secara acak memotong ikatan-ikatan glikosidik 1,4-glikosida, akibatnya rantai lurus glikosidik lebih pendek, amilopektin meningkat. Meningkatnya amilopektin ditandai dengan penurunan kekentalan serta kemampuan menyerap iodium dengan sangat cepat. Pati dengan karakteristik demikian mempunyai sifat kelarutan tinggi.

Hasil analisis kadar air pati ubi kayu (Tabel 1), menunjukkan bahwa kadar air pati tidak dipengaruhi oleh penambahan *S.cerevisiae* maupun lama perendamannya. Kadar air pati dengan penambahan *S.cerevisiae* pada proses pembuatannya, yaitu 10% dan kadar air pati dari proses pembuatan tanpa penambahan *S.cerevisiae* yaitu 10,63%. Standar mutu menurut (SNI, 1994) nilai kadar air pati ubi kayu maksimal 17%. Kadar air pati umumnya dipengaruhi oleh dua hal yaitu bertambahnya umur panen dan proses pengeringan (Widyani dan Suciati 2008).

Granula pati. Tepung tapioka adalah granula pati yang banyak terdapat di dalam sel ketela pohon. Granula-granula pati tapioka terletak di dalam sel umbi dengan ukuran 5-35 mikron dan mempunyai sifat birefringent yang kuat. Dari hasil pengamatan pada Gambar 1a dan b, bahwa granula pati dengan penambahan *S.cerevisiae* pada proses pembuatannya mempunyai permukaan yang tidak rata atau ter-erosi, sedang permukaan granula pati ubikayu tanpa *S.cerevisiae* tampak licin. Tanda-tanda kerusakan permukaan granula ini disebabkan oleh yeast yang menempel dan mengkolonisasi di permukaan granula. Selanjutnya *S.cerevisiae* memproduksi enzim α -amylase yang melakukan amilolisis yang ditandai oleh erosi permukaan granula. Pati dengan granula yang ter-erosi mempunyai sifat kelarutan yang tinggi sehingga mudah untuk dicerna. Hasil ini mendukung penelitian (Parada dkk., 1996) pada profil mikrobiologi fermentasi cassava starch, bahwa pada pengamatan elektron mikroskop sel bakteri dan yeast menempel pada granula dan menyebabkan erosi.



Gambar 1a. Perubahan pH, total asam, gula reduksi, jumlah *S.cerevisiae* selama pengendapan pati tanpa penambahan suspensi pati dengan penambahan *S.cerevisiae*.



Gambar 1b. Perubahan pH, total asam, gula reduksi, jumlah *S.cerevisiae* selama pengendapan pati dengan penambahan suspensi pati dengan penambahan *S.cerevisiae*.

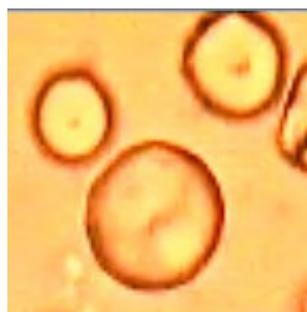
Tabel 1. Perubahan biokimia yang terdapat pada pati ubikayu yang dibuat dengan penambahan

Parameter yang dianalisa	Pati dengan penambahan <i>S.cerevisiae</i> , dengan lama perendaman (jam)			Tanpa penambahan <i>S.cerevisiae</i>
	12	24	36	
Protein (%)	1.1	2.060	1,91	0.28
Rendemen pati(%)	14.19	12.10	11.16	14.78
Pati (%)	81.650	80.700	78.220	79.810
Amilosa (%)	28.190	28.330	27.260	28.57
Amilopektin (%)	53.460	52.370	50.960	51.24
Kadar air(%)	11.267	10.100	10.000	10.653

S.cerevisiae.



Gambar 2a. Granula pati ubikayu dengan penambahan *S.cerevisiae*.



Gambar 2b. Granula pati ubikayu tanpa penambahan *S.cerevisiae*

KESIMPULAN

Saccharomyces cerevisiae dapat tumbuh dalam suspensi pati ubikayu dan menyebabkan perubahan-perubahan kimia dalam suspensi pati dan dalam pati yang dihasilkan. Perubahan dalam suspensi pati yaitu pH lebih tinggi dan kadar gula reduksi lebih rendah, dibandingkan suspensi pati tanpa penambahan *S.cerevisiae*. Perubahan dalam pati yaitu meningkatkan protein, amilopektin, dan menyebabkan erosi granula pati, tetapi tidak berpengaruh pada kadar air dan amilosa. Lama fermentasi menurunkan rendemen pati. Penambahan *Saccharomyces cerevisiae*

dapat digunakan untuk memodifikasi pati ubikayu yaitu melalui fermentasi suspensi pati pada suhu ruang. Oleh karena itu, pati ubikayu yang dibuat dengan menambahkan *S.cerevisiae* dengan karakteristik tersebut dapat diterapkan sebagai bahan baku produk pangan sesuai dengan fungsinya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dikti-DP2M tahun anggaran 2009 yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of The association of Official Analytical Chemist. Washington D.C.
- Apriyantono, dkk. 1989. Analisis Pangan. Dirjen Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB.
- Ardhana, M. dan G.H. Fleet.1989. The microbial ecology of tape ketan fermentation, Int.J. Food Microbiol., 9, 157.
- Badan Pusat Statistik. 2006. *Lampung Timur Dalam Angka*. PT. Jaya Wijaya. BPS Kabupaten Lampung Timur. 3-112.
- De Mot, R.1990. Conversion of starch by yeasts, in Yeasts Biotechnology and Biocatalysis, Verachtert, H. and De Mot R., Eds., Marcel Dekker, New York, 163.
- Dewan Standardisasi Nasional. 1994. SNI. Lampung. 9 Halaman.
- Fleet, G.H. 2006. Yeasts in Food and Beverages. (Eds) A Querol, G.H. Fleet. 2006. VIII,453. 52 Illus., 2 in color, hard cover. ISBN: 978-3-540-28388-1.
- Kato,K.,K.Kuswanto, I.Banno dan T.Harada.1976. J.Fermen Technol. 54:831-837.
- Lodder, J.1970. The Yeasts: A Taxonomi Study, North Holland Publishing Co.
- McCann, A.K. dan J.A. Barnett. 1986. The utilization of starch by yeast, "Yeast" 2:109-115.
- McMaster, M.M. 1964. Microscopic techniques for determining starch granule properties. In L.R. Whistler, J.R.Smith&N.J. BeMiller (Eds), Methods in carbohydrate chemistry (pp 233-240). London Academic Press.
- Nurhayani, H.M., J. Nuryati, I.N.P. Aryatha. 2001. Peningkatan kandungan protein kulit umbi kayu melalui proses fermentasi. JMS Vol 6(1):1-12.
- Oboh, G. (2006). Nutrient enrichment of cassava peels using a mixed culture of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus spp* solid media fermentation techniques. J of Biotechnol 9(1):
- Parada, J.L., E.Zapata., S.V.DeFabrizio., A.Martinez. 1996. Microbiological and technological aspects of cassava-starch fermentation. World J of Microbiol and Biotechnol 12(1):53-56.
- Peppler,H.J. 1991. Yeasts extracts, in Fermented Food Economic Microbiology. Vol 7, Rose, A.H. Eds. Academic Press London. 293.
- Reed,G danT.W. Nagodhawithana, 1988. Technology of yeast usage in winemaking. Am. J. Enol. Vitic. 39:83-85
- Rose, A.H and J.S. Harrison, 1993. The yeasts. Volume 5, Yeast technology.Second edition. Academic Press. London.
- Soccol, C.R., B.Marlin, M. Raimbault., J.M. Lebeault. 1994. Breeding and growth of *Rhizopus* in raw cassava by solid state fermentation. Appl Microbiol Biotechnol 41:330-336.
- Uboh, G dan A.A. Akindahunsi. 2003. Biochemical changes in cassava products(flour and gari) subjected to *Saccharomyces cerevisiae* solid media fermentation.
- Vijayagopal, K and C.Balagopalan. 1988. Fermentation of cassava starch hydrolysate with immobilized cells of *S.cerevisiae*. An Article, Central Tuber Crops Research Institute (Indian Council of Agricultural Research), Kerala, India.

ANALISIS JEMBATAN SCHERING SEBAGAI PENGKONDISI SINYAL SENSOR KAPASITANSI DIELEKTRIK SUATU KAPASITOR

Sri Wahyu Suciwati, M.Si. Akhmad Dzakwan
JURUSAN FISIKA FMIPA UNIVERSITAS LAMPUNG
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145
email : suciwati@unila.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis terhadap rangkaian jembatan Schering (jembatan arus bolak balik) yang dipakai sebagai pengkondisi sinyal dari rangkaian sensor kapasitansi dielektrik kapasitor. Adapun kapasitornya dibuat dari plat kuningan yang diletakkan dalam sebuah kotak plastik sehingga dapat memuat bahan dielektrik (dalam hal ini menggunakan sampel biji jagung). Sensor kapasitansi dielektrik (kotak dengan kedua bagian sisinya plat kuningan) dihubungkan dengan salah satu lengan jembatan Schering menggantikan salah satu kapasitor yang seharusnya terhubung di lengan tersebut. Nilai keluaran rangkaian keseluruhan berupa nilai tegangan yang diukur menggunakan voltmeter dengan catu tegangan menggunakan trafo 12 volt. Tegangan keluaran rata-rata yang terukur menunjukkan adanya penurunan nilai tegangan apabila sampel (biji jagung) dikeringkan yaitu 9,72V (biji belum dikeringkan dengan oven), 8,12V (dikeringkan selama 2 jam), dan 2,08V (dikeringkan selama 16 jam). Nilai ini selanjutnya dipakai dalam rumusan nilai konstanta dielektrik bahan yang menghasilkan nilai-nilai, 0,26; 0,31 dan 1,23. Sebagai nilai kapasitansi bahan dielektrik (biji jagung) diperoleh nilai-nilai, 12,90; 14,92 dan 61,53. Nilai kapasitansi ini berbanding terbalik dengan nilai tegangan dan ini sesuai dengan teori, sehingga dapat disimpulkan bahwa jembatan Schering telah mampu bertindak sebagai rangkaian yang bertugas mengkondisikan sinyal keluaran sensor kapasitansi.

Kata Kunci: jembatan schering, sensor kapasitansi dielektrik, pengkondisi sinyal

PENDAHULUAN

Latar Belakang. Suatu benda jika dialiri listrik, maka benda tersebut akan memiliki suatu muatan listrik yang selanjutnya akan membentuk suatu medan listrik. Medan listrik di sekitar muatan listrik positif akan menjauhi muatan tersebut, sedangkan di sekitar muatan listrik negatif arah medan menuju muatannya. Implementasi dari prinsip ini salah satunya adalah kapasitor plat sejajar yang diletakkan terpisah sejauh d . Medan listrik terasa lebih kuat jika jarak antar plat dibuat lebih kecil daripada luas plat (Wangness, 1986).

Kapasitor adalah piranti elektronika yang mampu menyimpan muatan listrik (kapasitansi). Umumnya, nilai kapasitansi sebuah kapasitor ditentukan oleh bahan dielektrik yang digunakan. Bahan dielektrik bisa apa saja, termasuk biji-bijian yang apabila diletakkan di antara kedua plat kapasitor keping sejajar akan mempengaruhi nilai kapasitansi dari kapasitor tersebut. Hal tersebut telah dibuktikan oleh para ilmuwan yang telah melakukan penelitian di bidang ini, antara lain Hartana dkk pada tahun 2001 melakukan penelitian untuk mengamati karakteristik sifat-sifat dielektrik beras dengan menggunakan kapasitor plat sejajar yang terbuat dari tembaga yang disusun secara paralel dengan rangkaian RC sebagai sumber arus persegi. Pada tahun 2004, Arustiarso dkk membuat alat ukur kadar air biji padi dan kedelai dalam bentuk fungsi logaritmik dan eksponensial dan pada tahun 2005, Putra melakukan penelitian untuk mengamati nilai kerentanan (suseptometer) listrik untuk bahan anisotrop (Alumunium, besi, kayu dan air) dengan menggunakan prinsip kerja kapasitor keping sejajar.

Untuk mengetahui nilai kapasitansi kapasitor secara elektronik, dibutuhkan elemen yang dapat mengkonversikan variabel fisis yang diukur ke dalam bentuk sinyal listrik yaitu *sensor*. Dengan sensor ini (sensor kapasitif), proses pengendalian dapat dilakukan secara elektronik. Sensor sebagai suatu elemen sistem instrumentasi dan pengendali elektronik, memerlukan sebuah rangkaian pengkondisi sinyal yang dapat melakukan proses pengkondisian sinyal masukan ke dalam suatu format tertentu. Rangkaian pengkondisi sinyal yang dapat dipakai secara luas untuk pengukuran kapasitansi adalah rangkaian *jembatan schering* (jembatan bolak-balik). Penelitian tentang penggunaan rangkaian jembatan sebagai pengkondisi sinyal telah dilakukan sebelumnya, antara lain oleh Khaeruddin di tahun 2008 membuat prototipe detektor asap yang menggunakan jembatan Wheatstone sebagai pengkondisi sinyalnya dan Yesi Yosephine di tahun 2008 yang memanfaatkan jembatan searah (DC) Wheatstone untuk mengukur konduktifitas larutan KCl. Ketidaktepatan pengukuran larutan terjadi ketika faktor kebasahan mempengaruhi kinerja sensor dalam hal ini plat keping sejajar.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, maka perlu dilakukan analisis mengenai pengkondisi sinyal yang tepat untuk mengukur nilai kapasitansi dielektrik kapasitor. Jembatan Schering dipilih karena jembatan ini termasuk jenis jembatan arus bolak balik yang mengukur nilai induktansi dan kapasitansi bahan. Bahan dielektrik yang digunakan adalah biji jagung dikarenakan tanaman jagung merupakan komoditi tanaman pangan kedua terpenting setelah padi dan di daerah Lampung Timur (Metro) budidaya tanaman jagung dilakukan secara intensif karena kondisi tanah yang sangat mendukung untuk pertumbuhannya.

Tujuan Penelitian. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai:(a). Menggunakan plat kuningan sebagai sensor kapasitif yang selanjutnya dihubungkan ke rangkaian jembatan schering sebagai rangkaian pengkondisi sinyal kapasitansi. (b). Menganalisis hubungan antara kapasitansi sensor kapasitif (plat kuningan) terhadap bahan dielektrik biji jagung, ketika biji jagung diletakkan di antara kedua plat kuningan sebagai dasar analisis fungsionalitas rangkaian jembatan Schering.

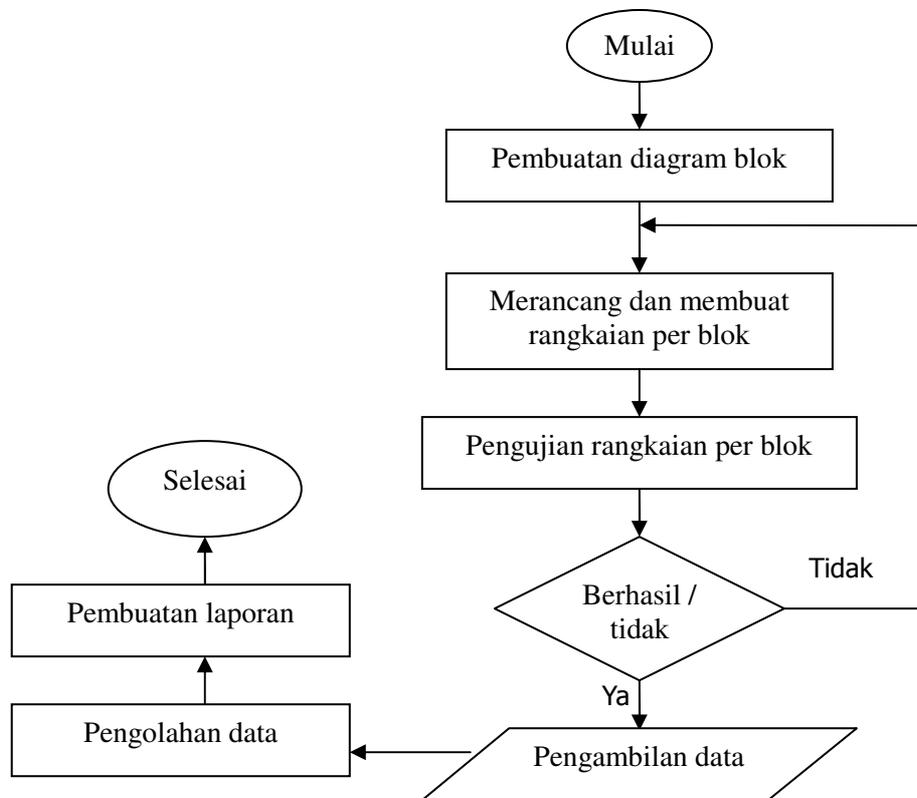
BAHAN DAN METODE

Alat. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah. (a). Multimeter digital MASDA 12B. Bor listrik, solder listrik, dan penyedot timah, (b). Oven listrik, digunakan untuk pengeringan biji jagung dalam metode pengukuran secara gravimetri. (c). Neraca Ohaus, digunakan untuk pengukuran berat kering dan berat basah biji jagung dalam metode pengukuran secara gravimetri.

Bahan. Bahan (sampel) yang digunakan untuk pengujian alat ukur kadar air biji ini adalah biji jagung jenis *flint corn*. Sedangkan bahan komponen elektroniknya adalah: (a). Resistor ($R_1 = 10\text{ K}\Omega$, $R_2 =$ resistor variabel ($100\text{ K}\Omega$), $R_3 = 1\text{ K}\Omega$). Kapasitor ($C_1 = 50\text{ nf}$, $C_2 = 100\text{ nf}$). (b). Sensor kapasitif, yang terbuat dari: Kotak Plastik ($6 \times 7\text{ cm}$), Plat kuningan ($6 \times 7\text{ cm}$), dan Lem kontak adevise. (c). PCB (*Printed Circuit Board*), kawat timah, spidol permanent, air dan larutan FeCl_3 , digunakan untuk membuat rangkaian pengkondisi sinyal jembatan schering. (d). Trafo CT (*Current Transformer*) 1 Ampere, digunakan sebagai sumber tegangan masukan (V_{in}). (e). Kabel pelangi dan penjepit, digunakan sebagai kabel penghubung. (f). Gelas kaca kecil + tutup, digunakan sebagai wadah biji jagung yang akan dikeringkan ke dalam oven.(g). Lampu LED, digunakan sebagai lampu indikator on/off.(h). Saklar toggle, digunakan sebagai saklar on/off. (i). Kotak box, digunakan sebagai tempat untuk rangkaian pengkondisi sinyal jembatan schering.

Langkah Kerja Penelitian. Adapun langkah kerja (Gambar 1) dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut. (a). Merancang dan membuat rangkaian per blok Rancangan yang pertama dibuat adalah sensor kapasitif (Gambar 2), dengan memperhatikan luas dari kedua plat (A), dan jarak antara kedua plat (d), karena akan mempengaruhi besarnya kapasitansi. Rancangan kedua adalah membuat rangkaian pengkondisi sinyal kapasitansi yaitu rangkaian jembatan *schering* (Gambar 3).(b). Pengujian rangkaian per blok Setelah rancangan rangkaian dibuat, rangkaian tersebut diuji dengan meletakkan jagung dalam medan listrik yang ditimbulkan oleh dua plat logam kuningan sensor kapasitansi. Untuk menghasilkan medan listrik (E) yang lebih

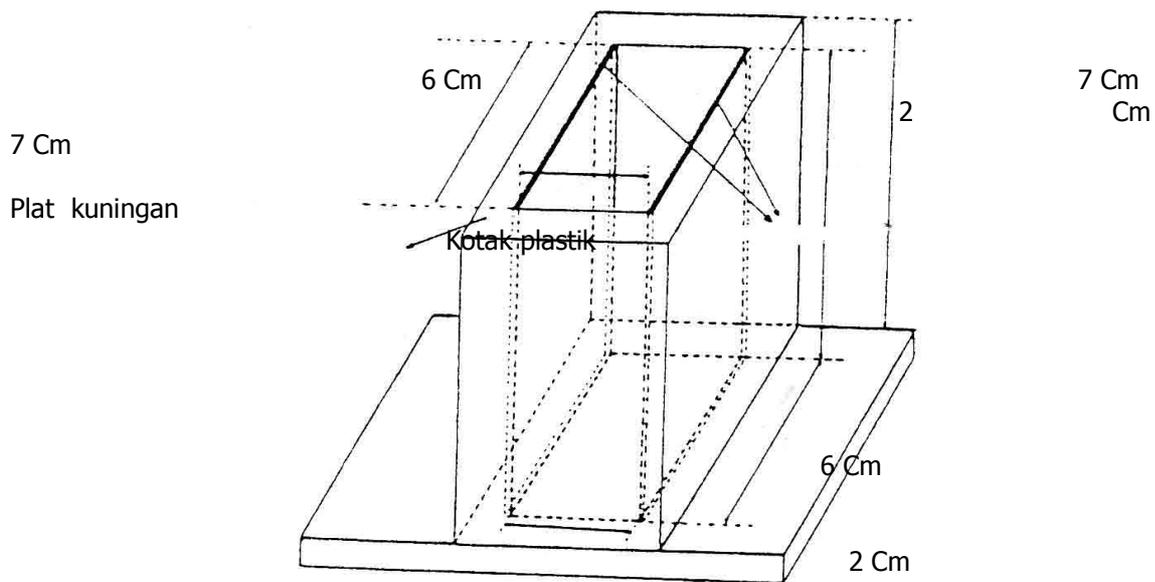
kuat, maka jarak antara plat logam harus dibuat jauh lebih kecil dari pada luas plat (Wangsness, 1986). (f). Pengambilan dan pengolahan data Pengambilan data dilakukan setelah pembuatan dan pengujian rangkaian dilakukan. Kemudian data (beberapa kali pengukuran) yang diperoleh tersebut diolah sesuai dengan rumusan yang terkait dengan jembatan Schreing.



Gambar 1. Flow Chart Penelitian.

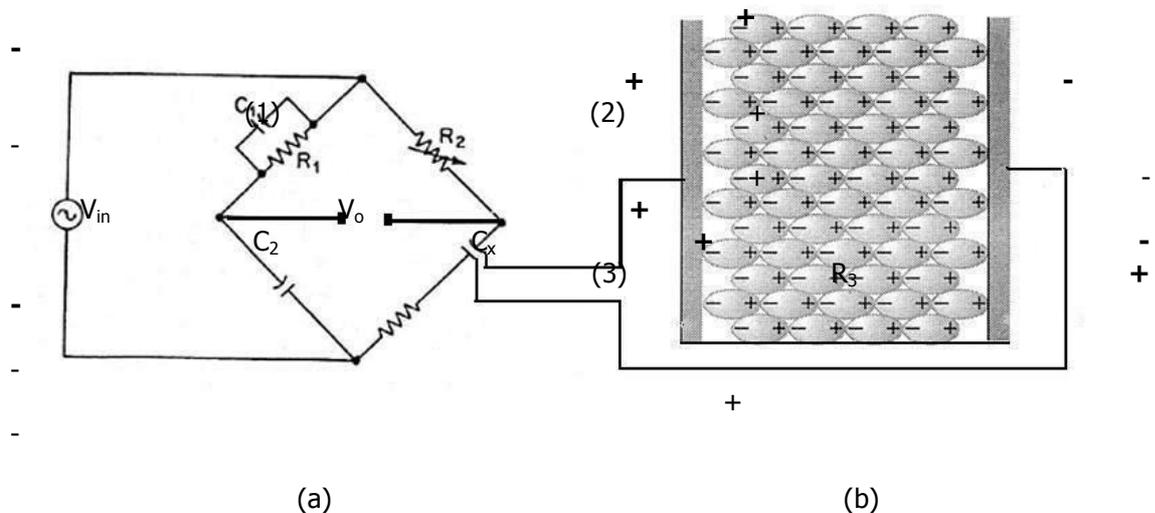
Rancangan Sensor Kapasitif. Sensor kapasitif yang dibuat, dirancang untuk mendapatkan ketepatan pengukuran bahan dielektrik yang dikaitkan dengan kadar air yang dimiliki oleh sampel yang dipakai. Sensor kapasitif yang akan dirancang, terbuat dari:

- Kotak plastik yang memiliki ketebalan 0,5 mm
- Plat kuningan yang memiliki ketebalan 0,5 mm, merupakan campuran dari tembaga dan seng yang bersifat non-magnetik dan mempunyai daya hantar listrik dan panas yang baik, serta tahan terhadap korosi.



Gambar 2. Dimensi sensor kapasitif (Arustiarso, dkk. 2004).

Rancangan Sistem Sistem yang dibuat terdiri dari rangkaian pengkondisi sinyal jembatan Schering yang dihubungkan ke sensor kapasitif yang telah dirancang, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian sistem (a) rangkaian jembatan Schering dan (b) Sensor kapasitansi

Langkah kerja dari sistem yang dibuat (Gambar 3) sebagai berikut:

1. Rangkaian jembatan *schering* (Gambar 3a) dihubungkan ke sumber tegangan AC dan voltmeter. Disini, digunakan trafo CT 1A sebagai sumber tegangan inputnya dan Voltmeter sebagai sumber tegangan outputnya.
2. Selanjutnya sensor kapasitif (Gambar 2) dihubungkan ke rangkaian jembatan *schering* sebagai pengganti dari kapasitansi C_x . Nilai tegangan sebelum biji jagung dimasukkan yang terlihat pada voltmeter sebagai nilai tegangan pada kapasitor keping sejajar (V_0).
3. Ketika biji jagung dimasukkan ke dalam sensor kapasitif, maka diperoleh nilai tegangan (V_d) yang terbaca pada voltmeter sebagai nilai tegangan pada bahan (biji jagung) yang terpolarisasi.
4. Nilai kapasitansi (C_0) akan diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$C_0 = C_2 \frac{R_1}{R_2} \quad (1)$$

Sedangkan nilai kapasitansi C_d (berbahan dielektrik jagung) diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$C_d = k \cdot C_0$$

$$C_d = \left(\frac{V_0 \cdot d_1}{V_d \cdot d_0} \right) \left(C_2 \frac{R_1}{R_2} \right) \quad (2)$$

5. Nilai konstanta dielektrik sampel (k) diperoleh dari persamaan 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memperoleh hasil penelitian, dilakukan 3 tahap pengukuran sampel dengan alat hasil rancangan, yaitu:

- Pengukuran sampel biji jagung sebelum dikeringkan dengan oven (V_{d1}),
- pengukuran sampel biji jagung setelah dikeringkan dengan oven selama 2 jam (V_{d2}),
- pengukuran kadar air biji jagung setelah dikeringkan dengan oven selama 16 jam (V_{d3}).

Masing-masing pengukuran dilakukan 5 kali, menggunakan nilai-nilai d_0 (jarak antara kedua plat) = 2 cm, d_1 (tebal bahan) = 2 cm dan C_0 (kapasitansi sebelum biji jagung dimasukkan) = 50 nf.

Pengukuran kapasitansi biji jagung *flint corn*

Pengukuran kapasitansi biji jagung sebelum dikeringkan dengan oven. Hasil pengukuran sebelum biji jagung dimasukkan ke dalam sensor kapasitif, dihasilkan keluaran nilai tegangan (V_0) 2,5 Volt. Setelah biji jagung yang belum dikeringkan (basah) dimasukkan ke dalam sensor kapasitif, dihasilkan keluaran nilai tegangan (V_d) 9,7 Volt. Keseluruhan hasil pengukuran kadar air biji jagung sebelum dikeringkan dengan oven dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran kadar air biji jagung *flint corn* sebelum dikeringkan dengan oven.

Pengulangan	V_0	V_d	$d1=d0$	C_0	C_d	K
1	2.5	9.7	2	50	12.89	0.26
2	2.6	9.8	2	50	13.27	0.27
3	2.4	9.6	2	50	12.50	0.25
4	2.6	9.8	2	50	13.27	0.27
5	2.5	9.7	2	50	12.89	0.26
Rata-rata	2.5	9.7	2	50	12.96	0.26

Pengukuran kadar air biji jagung setelah dikeringkan dengan oven selama 2 jam dengan suhu 105°C.

Tabel 2. Hasil pengukuran kadar air biji jagung *flint corn* setelah dikeringkan dengan oven selama 2 jam.

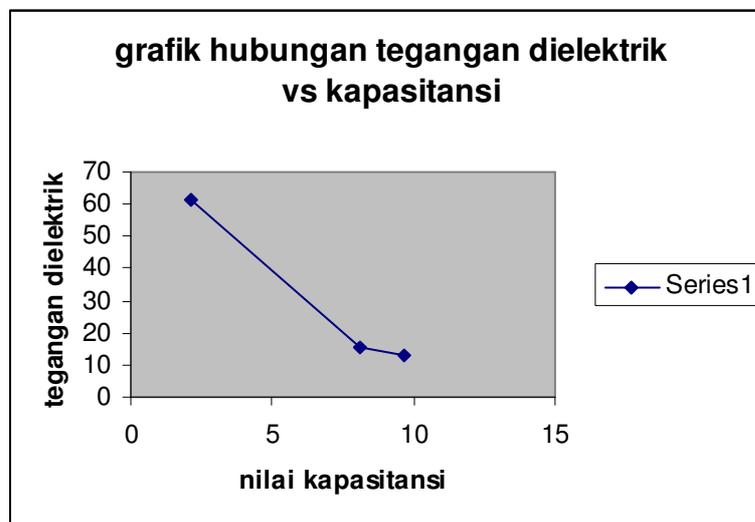
Pengulangan	V_0	V_d	$d1=d0$	C_0	C_d	K
1	2.5	8.1	2	50	15.44	0.31
2	2.6	8.2	2	50	15.86	0.32
3	2.4	8.0	2	50	15.00	0.30
4	2.6	8.2	2	50	15.86	0.32
5	2.5	8.1	2	50	15.44	0.31
Rata-rata	2.5	8.1	2	50	15.52	0.31

Pengukuran kadar air biji jagung setelah dikeringkan dengan oven selama 16Jam, dengan suhu 105°C.

Tabel 3. Hasil pengukuran kadar air biji jagung *flint corn* setelah eringkan dengan oven selama 16 jam.

Pengulangan	V_0	V_d	$d1=d0$	C_0	C_d	K
1	2.6	2.1	2	50	61.91	1.24
2	2.6	2.1	2	50	61.91	1.24
3	2.4	2.0	2	50	60.00	1.2
4	2.6	2.1	2	50	61.91	1.24
5	2.6	2.1	2	50	61.91	1.24
Rata-rata	2.6	2.1	2	50	61.53	1.23

Dari Tabel 1 sampai dengan Tabel 3, dapat diketahui hubungan antara nilai tegangan yang dihasilkan setelah biji jagung dimasukkan (V_d) terhadap nilai kapasitansi biji jagung, yang digambarkan seperti gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan tegangan bahan (V_d) vs Kapasitansi (C_d)

Kapasitor keping sejajar sebagai sensor kapasitif. Kapasitor yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapasitor keping sejajar. Kapasitor tersebut dibuat menggunakan plat kuningan yang dimasukkan ke dalam kotak plastik yang memiliki ketebalan 0,5 mm dan berukuran 6 cm x 7 cm yang dipasang sejajar dengan jarak 2 cm. Kapasitor ini berfungsi sebagai sensor kapasitif yang dapat mengubah besaran fisis yang berupa (kadar air) menjadi besaran elektris tegangan. Batas maksimal tegangan keluaran $V_0 = 2,6$ Volt. Sedangkan batas minimal tegangan keluaran V_0 dan V_d adalah 2,4 Volt.

Sensor kapasitif tersebut merupakan sensor jenis pasif yang tidak dapat menghasilkan tegangan sendiri, tetapi dapat menghasilkan perubahan nilai kapasitansi apabila mengalami perubahan terhadap materi yang diukur. Sehingga, perubahan nilai kapasitansi tersebut yang digunakan untuk menentukan nilai kapasitansi dari biji jagung yang dimasukkan ke dalam sensor kapasitif.

Sensor kapasitif ini dikonfigurasi untuk dapat mendeteksi kapasitansi biji jagung dengan tingkat kekeringan antara 40 % (sebelum biji jagung dikeringkan) sampai 0 % (setelah biji jagung dikeringkan ≥ 16 jam). Sensor ini memiliki parameter bahwa setiap penurunan tingkat kekeringan biji jagung, maka tegangan yang terukur keluarannya (V_d) akan menurun dari tegangan awal (V_0) sebelum biji jagung dimasukkan.

Plat kuningan yang digunakan sebagai plat kapasitor keping sejajar dari sensor kapasitif, mempunyai daya hantar listrik (*electrical conductivity*) yang kecil dan tahanan listrik (*electrical resistance*) yang besar dibandingkan dengan plat tembaga ($17,5 \times 10^{-9} \Omega\text{m}$) dan aluminium ($28,5 \times 10^{-9} \Omega\text{m}$) yaitu $75 \times 10^{-9} \Omega\text{m}$ (Linsley, 2004). Sehingga sifat dari plat kuningan tersebut tidak akan mempengaruhi pengukuran kapasitansi sampel dengan variasi tingkat kekeringan, karena faktor pengeringan akibat daya hantar listrik tidak akan mempengaruhi biji jagung yang dimasukkan ke dalam sensor kapasitif. Hal ini akan meminimalisasi kesalahan pengukuran tegangan keluaran.

Rangkaian Pengkondisian sinyal jembatan *schering*. Rangkaian pengkondisian sinyal sangat diperlukan untuk mengadaptasikan besaran elektrik dari sensor menuju penyiapan sinyal digital atau untuk proses pengendalian sinyal analog (Warsito dan Yuliansyah, 2004). Tugas pengkondisian sinyal yang sering dilakukan adalah penguatan (*amplification*). Sinyal-sinyal lemah dari sensor dikuatkan untuk meningkatkan resolusi pengukuran. Rangkaian pengkondisian sinyal yang digunakan, disesuaikan dengan jenis sensor yang digunakan. Pada umumnya, perubahan kapasitansi dapat diukur dengan sebuah rangkaian jembatan (Sugiharto, 2002). Rangkaian jembatan tersebut berfungsi untuk membandingkan nilai komponen yang tidak diketahui dengan komponen yang nilainya diketahui secara pasti (Jones, 1995).

Penelitian ini mengaplikasikan rangkaian jembatan schering sebagai rangkaian pengkondisian sinyal. Rangkaian ini berfungsi untuk menerima sinyal masukan dari sensor kapasitif dan menghasilkan sinyal keluaran berupa nilai tegangan (V_d) yang diukur dengan voltmeter. Gambar 3 menunjukkan keseluruhan rangkaian pengkondisi sinyal jembatan schering dengan komponen-komponen yang digunakan adalah $R_1 = 10 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 20 \text{ K}\Omega$, dan $R_3 = 1 \text{ K}\Omega$. Resistor R_2 adalah potensiometer $100 \text{ K}\Omega$, yang berfungsi sebagai detektor untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai tegangan keluaran yang dihasilkan terhadap perubahan nilai R_2 yang kemudian akan berpengaruh terhadap nilai kapasitansi yang dihasilkan.

Jika nilai R_2 diperbesar, nilai tegangan keluaran (V_0) pada voltmeter semakin kecil dan sebaliknya jika nilai R_2 diperkecil, nilai tegangan keluaran (V_0) pada voltmeter semakin besar. Hal ini dikarenakan nilai suatu tahanan (resistor) pada suatu rangkaian jika diperbesar, akan semakin memperkecil arus listrik yang mengalir pada rangkaian tersebut dan jika diperkecil akan semakin memperbesar arus listrik yang mengalir pada rangkaian tersebut (Linsley, 2004). Dalam hal ini tidak berlaku persamaan Hukum Ohm, yang menyatakan nilai tegangan sebanding dengan nilai tahanannya ($V = I \cdot R$). Hal ini dikarenakan nilai tahanannya adalah nilai tahanan kapasitif, yang dinyatakan dengan X_C . Reaktansi kapasitif (X_C) merupakan komponen yang bersifat melawan arus listrik bolak-balik dalam rangkaian kapasitif. Sedangkan nilai komponen kapasitor yang digunakan adalah $C_1 = 50$, $C_2 = 100 \text{ nf}$ dan nilai C_x diperoleh dengan rumus. Tegangan trafo 12 volt digunakan sebagai sumber tegangan arus bolak-balik (AC) dan tegangan keluarannya diukur dengan voltmeter. Batas maksimum nilai tegangan keluaran (V_0) yang digunakan adalah 2,4 sampai 2,6 volt. Nilai tegangan keluaran (V_0) tersebut dihasilkan lebih kecil dari tegangan inputnya (12 Volt). Hal tersebut dikarenakan pada lengan 4 rangkaian jembatan schering (Gambar 3) terdapat rangkaian resistor (R_3) dan kapasitor (C_x) yang terhubung secara seri. Arus listrik yang mengalir melalui komponen resistor dan kapasitor yang dihubungkan secara seri akan mengakibatkan jatuh tegangan V_R dan V_C . Tegangan V_R akan sefasa dengan arus, sedangkan tegangan V_C akan terbelakang terhadap arus sebesar 90° (Linsley, 2004).

Pengukuran kapasitansi biji jagung *flint corn* dengan variasi kekeringan

Pengukuran sebelum dikeringkan (basah) dengan oven Pada setiap pengukuran, biji jagung yang telah dihaluskan dimasukkan ke dalam sensor kapasitif, sehingga biji jagung tersebut terletak di antara kedua plat kuningan. Nilai tegangan V_d yang dihasilkan di antara ke dua plat kuningan tersebut ditentukan oleh ketebalan atau kepadatan dari materi dielektrik yang diukur (Linsley, 2004). Dalam penelitian ini dielektrik yang digunakan adalah biji jagung. Oleh karena itu biji jagung yang akan dimasukkan ke dalam sensor kapasitif harus dihancurkan terlebih dahulu agar tidak terjadi rongga udara di antara kedua plat kuningan, sehingga biji jagung menjadi padat ketika dimasukkan ke dalam sensor kapasitif. Besarnya nilai kapasitansi yang dihasilkan di antara kedua plat kapasitor sejajar, tergantung dari bahan dielektrik yang digunakan, luas dari kedua plat, dan jarak antara kedua plat (Nolan, 1993). Oleh karena itu, biji jagung yang dimasukkan ke dalam

sensor kapasitif harus terisi penuh karena akan mempengaruhi nilai tegangan V_d dan nilai kapasitansi akibat kehadiran dielektrik (C_d). Ketika biji jagung (basah) diletakkan di antara kedua plat kuningan, kadar air yang terkandung dalam biji jagung yang dimasukkan ke dalam sensor kapasitif tersebut, mempunyai molekul-molekul air yang bersifat polar, yang dapat segera menempel baik pada ion positif maupun pada ion negatif plat kuningan pada sensor kapasitif. Hasilnya, akan terdapat suatu muatan terikat pada permukaan dielektrik, yang mengakibatkan molekul-molekul dielektriknya tidak dapat bergerak seperti halnya muatan-muatan bebas dalam keping-keping konduktor plat kuningan (Giancolli, 2001).

Jika air diletakkan di antara ke dua plat kapasitor sejajar, nilai tegangan yang dihasilkan di antara ke dua plat kapasitor tersebut akibat kehadiran dielektrik air, akan memperbesar nilai tegangan awal (V_0) sebelum kehadiran dielektrik. Hal tersebut dikarenakan, air mempunyai kekuatan dielektrik atau daya isolasi yang tinggi karena adanya daya listrik diantara ion-ion (Garret, 1986). Pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa nilai tegangan (V_d) yang terlihat pada voltmeter ketika biji jagung yang belum dikeringkan (basah) dimasukkan ke dalam sensor kapasitif, menunjukkan nilai yang lebih besar dari nilai tegangan awal (V_0) sebelum biji jagung dimasukkan. Hal ini dikarenakan, banyaknya kadar air yang terkandung dalam biji jagung tersebut yang mempengaruhi nilai tegangan dielektriknya. Gambar 4 menunjukkan hubungan antara nilai tegangan dielektrik (V_d) yang dihasilkan dengan kadar air (variasi tingkat kekeringan). Hal serupa juga terjadi setelah biji jagung *flint corn* yang telah dihaluskan dikeringkan menggunakan oven selama 2 jam, dan 16 jam dengan suhu 105°C terjadi peningkatan nilai tegangan keluaran V_d . Hal ini dikarenakan biji jagung yang dimasukkan ke dalam sensor kapasitif tersebut masih mengandung air (Tabel 2 dan Tabel 3).

Kemampuan kapasitor dalam menyimpan suatu muatan listrik disebut kapasitansi (C). Kapasitansi ini diukur berdasarkan besar muatan yang dapat disimpan pada suatu kenaikan tegangan. Banyaknya muatan listrik yang terdapat pada kapasitor sebanding dengan tegangan yang diberikan oleh sumber dan nilai dari kapasitansi kapasitor tersebut selalu berbanding terbalik dengan nilai tegangan yang dihasilkan (Tipler, 1991). Hal ini berarti, banyaknya kadar air yang terkandung dalam biji jagung yang dimasukkan ke dalam sensor kapasitif (yang terletak di antara ke dua plat kuningan), sebanding dengan nilai tegangan V_d yang dihasilkan dan nilai kapasitansi (C_d) yang dihasilkan selalu berbanding terbalik dengan nilai tegangan V_d yang dihasilkan.

Dari Tabel 1 dan Tabel 2, nilai kapasitansi dielektrik (C_d) yang dihasilkan, selalu berbanding terbalik dengan nilai tegangan dielektriknya. Nilai kapasitansi yang dihasilkan semakin meningkat dari nilai kapasitansi sebelum biji jagung dikeringkan dengan oven dan nilai tegangan dielektrik (V_d) menurun dari nilai tegangan V_d sebelum biji jagung dikeringkan dengan oven, sesuai dengan terjadinya penurunan nilai kadar air yang terkandung dalam biji jagung yang dimasukkan ke dalam sensor kapasitif.

Sebuah sensor adalah instrumen yang bersifat lebih spesifik, yaitu mengubah besaran fisis yang berupa kadar air menjadi besaran elektrik berupa tegangan. Sehingga, dapat diketahui bahwa sensor kapasitif yang telah dirancang memberi perubahan nilai tegangan (V_d), jika pada biji jagung yang dimasukkan ke dalam sensor kapasitif tersebut mengandung kadar air. Jika biji jagung yang dimasukkan ke dalam sensor kapasitif tidak mengandung kadar air, maka sensor tersebut tidak mengalami perubahan nilai tegangan.

SIMPULAN

(a). Sensor kapasitif (mengukur nilai kapasitansi) dapat mengubah besaran fisis yang berupa kadar air menjadi besaran listrik berupa tegangan. Penelitian ini mencatat bahwa batas maksimum tegangan keluaran (V_0) yang digunakan adalah 2,4 sampai 2,6 Volt. (b). Sensor kapasitif menghasilkan perubahan nilai kapasitansi jika dilakukan perubahan pada bahan yang diukur dalam hal ini tingkat kekeringan bahan. (c). Rangkaian jembatan schering dapat difungsikan sebagai rangkaian pengkondisian sinyal tegangan terhadap perubahan nilai kapasitansi dielektrik bahan yang dihasilkan, sesuai dengan persamaan :

$$C_d = \left(\frac{V_0 \cdot d_1}{V_d \cdot d_0} \right) \left(C_2 \frac{R_1}{R_2} \right)$$

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan setulus hati, penulis berterimakasih pada sdri. Firdiati yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2008. *Konstanta Dielektrik*. ([http://id.wikipedia.org/wiki/konstanta dielektrik](http://id.wikipedia.org/wiki/konstanta_dielektrik)). 10 Mei 2008.
- Arustiarso., R. Handoyo., Sutiarso, Lilik. 2004. *Rancang-Bangun Alat Ukur Kadar Air Biji-bijian Tipe Kapasitif*. Jurnal Agrosains, Vol. 17(1). Januari 2004.
- Cooper, W.D. 1994. *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran, Edisi ke-2*. Erlangga, Jakarta.
- Giancolli, D.C. 2001. *Fisika Jilid 2, Edisi ke-5*. Erlangga. Jakarta.
- Hartana, A., Dahlan, K., Pramudito, S., Juansah, J., Suharsono dan Runtuuwu, S.D. 2001. *Karakteristik Sifat-Sifat Dielektrik Beras*. Fisika-FMIPA, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Halliday, D dan Resnick, R., 1986. *Fisika Jilid 2, Edisi ke-3*. Erlangga, Jakarta.
- Penerjemah : Pantor Silaban, Ph.D dan Drs. Erwik Sucipto.
- Holman J.P.1985. *Metode Pengukuran Teknik*. Erlangga, Jakarta.
- Jones, L.D., Chin, A.Foster. 1995. *Elektronik Instruments and Measurements, Second Edition*. Prentice-Hall International, Singapore.
- Khaeruddin, 2008. *Aplikasi Jembatan Wheatstone sebagai Pengkondisi Sinyal pada Detektor Asap menggunakan Sensor LDR*. Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
- Linsley, T. 2004. *Instalansi Listrik Dasar, Edisi ke-3*. Erlangga, Jakarta.
- Nolan, P. J. 1993. *Fundamentals of College Physics*. State University, New York.
- Putra, Y. 2005. *Studi dan Realisasi Prototipe Alat Ukur Kerentanan Listrik (Suseptometer) Bahan Anisotrop Dengan Menggunakan Kapasitor Keping Sejajar*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Sarwate, V.V. 1990. *Electromagnetic Field and Waves*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Sears and Zemansky. 1971. *Handbook of Chemistry and Physics 26th edition*. John Wiley and Sons,nc., New York
- Soedarsono.1974. *Masalah Pengeringan Benih*. Proc.Kursus Singkat Pengujian Benih IPB, Bogor.
- Sugiharto, A. 2002. *Penerapan Dasar Transduser dan Sensor*. Kanisius, Yogyakarta.
- Sutopo, L. 2002. *Teknologi Benih, Edisi Revisi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Tipler, P. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik, Edisi ke-3; Jilid 2*. Erlangga, Jakarta.
- Wangsness, R.K. 1986. *Electromagnetics Fields*. John Wiley and Sons, Inc.,New York.

- Warsito. 2004. *Sistem Instrumen Elektronika Dalam Industri: Tinjauan Umum*. Dalam : Workshop Sistem Instrumentasi dan Kontrol. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, Bandar Lampung
- Warsito dan Yuliansyah, D. 2004. *Desain dan Realisasi Prototip Sistem Conveyer Yang Dikendalikan Oleh Sebuah PC Berbasis PPI8255*. Jurnal Informatika Volume 2 Nomor 1, Juni 2004. STMIK Darmajaya, Bandar Lampung
- Yosephine, Y., 2008. *Sistem Pendeteksi Konduktivitas Larutan Berbasis Mikrokontroler AT89S52*. Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

UJI EFIKASI INSEKTISIDA SISTEMIK TERHADAP KELULUSHIDUPAN HAMA BISUL DADAP (*QUADRSTICHUS ERYTRINAE* KIM.)

Nismah, Endang L. Widiastuti dan Aldian J. Hanggara¹

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35145
email: nismah@unila.ac.id

ABSTRAK

Tanaman dadap merupakan tanaman yang dipakai sebagai tiang panjat (tajar) oleh sebagian besar (75%) petani lada di Lampung. Pada tahun 2005 telah terjadi ledakan hama bisul (*Q. erythrinae*) yang menyerang sebagian besar tiang panjat dadap disentra perkebunan lada Provinsi Lampung, dengan tingkat serangan 60 - 90 % areal pertanaman lada. Dalam konsep Pengendalian Hama Terpadu, pemakaian insektisida sintetik dianjurkan untuk mempercepat penurunan populasi hama apabila terjadi ledakan hama. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan terdiri atas 3 insektisida sistemik yang mengandung bahan aktif dimehipo, fibronil, dimetoat dan kontrol, dengan konsentrasi untuk masing-masing perlakuan sesuai dengan dosis anjuran dimehipo 0.75 mL/L, dimetoat 2 mL/L, dan fipronil 2 mL/L. Data kelulushidupan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam untuk mencari nilai tengah dan galat. Kemudian diuji lanjut dengan uji BNT pada taraf signifikansi 5 %. Uji regresi dilakukan untuk melihat hubungan antara pertambahan diameter bisul dengan lama waktu perkembangan larva. Hasil penelitian menunjukkan persentase kelulushidupan larva *Q. erythrinae* yang diperlakukan dengan ketiga jenis insektisida sistemik tidak berbedanya, tetapi ke tiga perlakuan sangat berbedanya dengan control. Persentase kelulushidupan larva *Q. erythrinae* berturut-turut pada control sebesar 93.00 ± 3.74 %, dimehipo 3.00 ± 2.00 %, dimetoat 4.00 ± 1.87 %, dan fipronil 6.00 ± 1.87 %. Pertambahan ukuran diameter bisul pada control berkorelasi positif dengan waktu perkembangan larva ($r = 0,99$). Sebaliknya korelasi negatif terjadi pada perlakuan dengan insektisida sistemik dengan koefisien korelasi untuk dimehipo = 0.19, dimetoat = 0.03, dan fibronil = 0.89.

Kata kunci : Hama bisul, *Quadrastichus erythrinae*, insektisida sistemik, kelulushidupan.

PENDAHULUAN

Akibat ledakan hama bisul dadap jenis *Quadrastichus erythrinae* yang menyerang tiang panjat (tajar) lada disentra perkebunan lada di Provinsi Lampung menyebabkan lada banyak yang roboh dan mati sehingga menurunkan produksi lada hingga 60 -90 %, dan kerugian yang diderita petani mencapai milyaran rupiah (Nismah, dkk 2009). Kondisi ini juga berdampak pada produksi lada secara Nasional, karena Lampung merupakan penghasil lada hitam utama di Indonesia. Beberapa tahun terakhir ini, kontribusi total lada (Hitam dan Putih) Indonesia di pasar dunia semakin menurun. Kontribusi ekspor lada Indonesia pada kurun waktu 2003 – 2007 berkisar antara US \$ 93.445.000 – 132.495.000. Saat ini, posisi Indonesia dari urutan no.2 menjadi urutan no. 3 dunia negara eksportir lada setelah Vietnam dan Brazil (Departemen Pertanian, 2008).

Ledakan hama bisul dadap ini tidak saja terjadi disentra-sentra produksi lada di Provinsi Lampung, namun dilaporkan juga terjadi di beberapa negara seperti; Taiwan yang terjadi pada tahun 2003, sehingga menyebabkan kerusakan yang parah pada 5 jenis tanaman, di Singapore, Mauritius dan Reunion juga dilaporkan terjadi kerusakan yang hebat pada tanaman dadap (Yang, *et al.*, 2004). Di Hawai'i tanaman dadap lokal yang disebut *wiliwili* juga terserang hama bisul yang mematikan

sejak tahun 2004, dengan tingkat serangan mencapai 70% sehingga dapat mengancam keberadaan hutan *wiliwili* (low drayland ecosystem) Hawai'i (Wong, 2007). Sampai saat ini usaha pengendalian hama bisul yang menyerang tanaman dadap yang sudah dilakukan di Lampung masih terbatas pada penggantian tajar yang roboh/mati dengan tajar lain yang tahan terhadap serangan hama ini seperti kapok randu dan gamal (Nismah, dkk 2009), tapi usaha ini kurang ekonomis karena membutuhkan biaya yang cukup besar yaitu sekitar 10.000.000 juta rupiah dibutuhkan investasi untuk menanam 1 ha tanaman lada (Mughtar, 2005). Penyemprotan dengan insektisida sistemik juga sudah dilakukan petani, tetapi hasilnya belum memuaskan karena selain belum diketahuinya jenis dan dosis insektisida yang tepat, insektisida yang sudah digunakan pun tidak bisa menyerap ke dalam jaringan utama karena sudah rusak berat membentuk bisul, sementara serangga yang akan dibasmi berada dalam jaringan (Gates, 2001; Mardianingsih dan Wahyuno, 2005; Nukmal, dkk 2007).

Karena telah terjadi ledakan hama bisul dadap dan banyaknya kerugian yang ditimbulkannya, maka sangat perlu dilakukan pengendalian hama ini secara terpadu dan ramah lingkungan. Untuk mempercepat menurunkan populasi hama, pemakaian insektisida sintetik dianjurkan dalam konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT). PHT merupakan suatu sistem pengelolaan populasi hama dengan menggunakan semua teknik yang sesuai dan seefisien mungkin untuk mengurangi populasi hama dan mempertahankannya pada batas yang tidak merugikan (Hendayana, 2003), bukan menghilangkan hama 100 %, apabila hal ini terjadi maka akan mengakibatkan kerusakan ekosistem yang lebih rumit dan susah diatasi (Susilo, 2007). Penggunaan insektisida sistemik dilakukan untuk mengurangi populasi hama bisul dengan cepat (Chairi, 2006), karena penerapan teknik pertanian yang ramah lingkungan seperti menggunakan pengendali biologi tidak dapat mengatasi serangan hama tersebut dengan cepat jika terjadi ledakan hama (Suprpto, 2005a,b).

Penelitian ini dilakukan untuk menguji efek insektisida sistemik dengan tiga jenis bahan aktif yang berbeda (dimehypo, fibronil, dimetoat) terhadap kelululushidupan hama bisul dadap. Insektisida sistemik paling tepat digunakan untuk mengendalikan hama yang hidup dan berkembang dalam jaringan tanaman seperti hama bisul dadap ini. Insektisida sistemik akan menyerap merlalui celah alami tanaman seperti; pori, stomata dan celah lain yang berada pada permukaan akar, batang dan daun tanaman, kemudian masuk ke sistem pengangkut tanaman dan meninggalkan residu pada sel yang dilaluinya (Tarumingkeng, 1992).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di pelataran Jurusan Biologi FMIPA Unila dari bulan Februari sampai Maret 2008. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 perlakuan (dimehypo, dimetoat, fibronil dan kontrol) dengan 5 kali ulangan. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis ragam untuk mencari nilai tengah dan galat. Kemudian apabila terjadi perbedaan untuk tiap perlakuan dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5 %. Analisis data menggunakan program SPSS versi 10.

Daun muda dan kuncup dari stek tanaman dadap licin (*Erythrina lithosperma*) berumur 2 bulan yang di tanam pada *polybag* ukuran 2 kg diinfestasi dengan 10 pasang hama bisul dadap (*Q. erythrinae*) hasil pemeliharaan laboratorium. Pemilihan daun muda didasarkan pada hasil penelitian terdahulu dimana bagian tanaman dadap licin yang banyak diserang oleh *Q. erythrinae* adalah bagian tunas dan daun muda (Yang dkk, 2004; Anonim, 2005; Heu dkk, 2006; Nismah dkk, 2009). Hama yang sudah diinfestasikan dikurung dengan menggunakan kain tile dan dipelihara sampai menimbulkan bisul. Setelah timbul bisul pada permukaan daun dadap licin tempat hama diinfestasikan, dilakukan pemberian insektisida sistemik untuk setiap tanaman uji sebanyak 100 ml dengan 5 tahapan penyemprotan. Konsentersasi yang digunakan sesuai dosis anjuran yaitu; dimehypo 0.75 mL/L, dimetoat 2.00 mL/L, dan fipronil 2.00 mL/L dan 1 kontrol. Penyemprotan dilakukan setiap 2 hari sekali sejak munculnya bisul. Volume insektisida yang disemprotkan untuk masing-masing tanaman adalah 20,00 mL untuk setiap tahap penyemprotan.

Pengamatan dilakukan pada hari ke-20 setelah investasi hama, yang didasarkan pada hasil penelitian Heu,dkk (2004); Nukmal, dkk (2007), rentang waktu perkembangan telur sampai menjadi imago adalah 16-20 hari, pada hari ke-20 telah muncul generasi berikutnya. Parameter yang diamati adalah bisul yang terbentuk dan diameter bisul yang diamati 2 hari sekali setelah dilakukan penyemprotan insektisida. Uji efikasi jenis insektisida yang digunakan ditentukan dari kelulushidupan larva hama bisul dadap yang mencapai stadium imago pada masing-masing perlakuan. Sepuluh bisul yang memiliki diameter 2,5-2,7 mm pada setiap perlakuan dijadikan sampel kelulushidupan, dari hasil studi awal diketahui bisul yang memiliki diameter yang hampir sama memiliki jumlah larva yang sama.

Kelulushidupan larva dihitung dengan membandingkan jumlah larva awal percobaan dengan jumlah kelulushidupan larva sampai fase imago dengan menggunakan rumus ;

$$SR = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

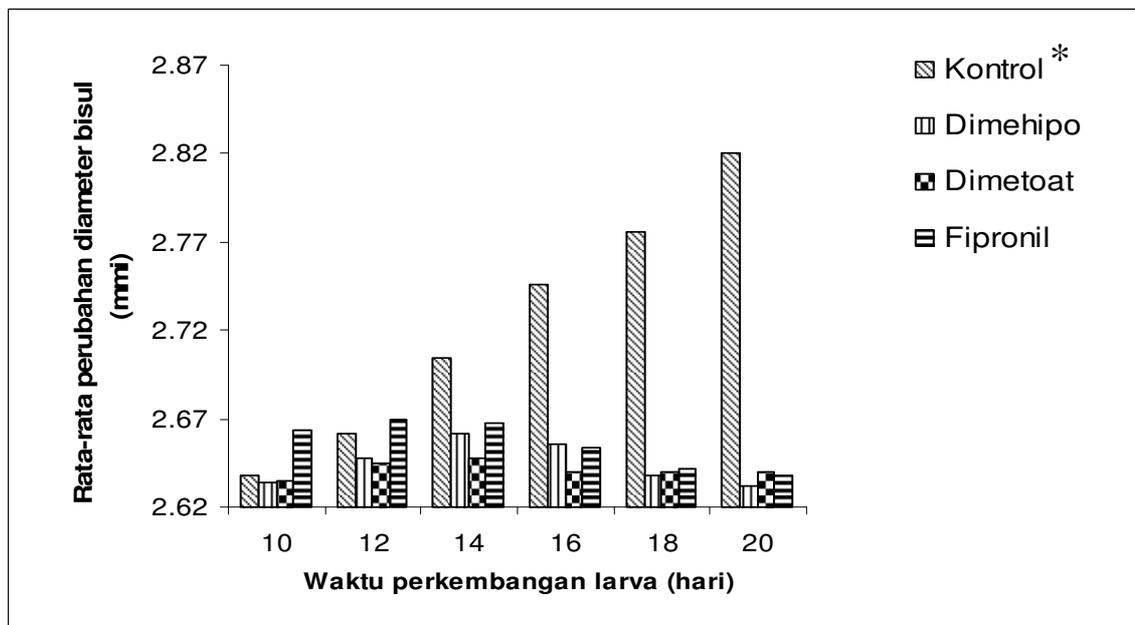
SR = kelulushidupan (%)

N_t = jumlah larva pada akhir percobaan

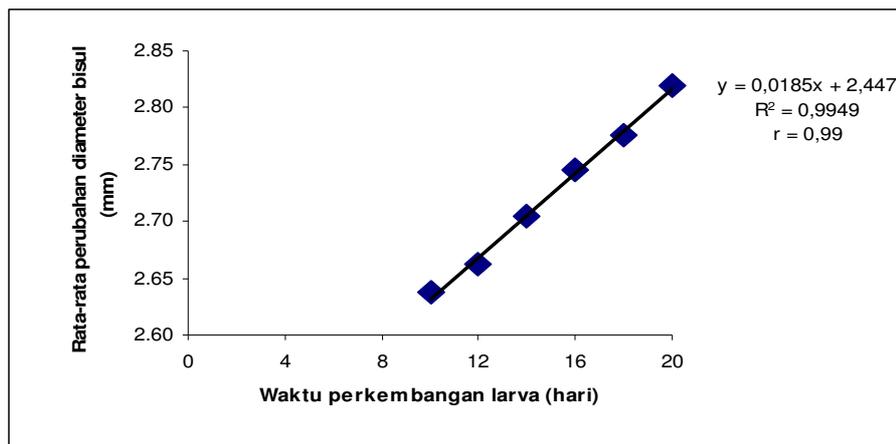
N_o = jumlah larva pada awal percobaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketiga jenis insektida sistemik dengan bahan aktif berbeda (dimehipo, dimetoat dan fibronil) mempunyai kemampuan yang sama dalam mematikan hama bisul dadap (*Q. erythrinae*). Kematian larva di dalam bisul berpengaruh terhadap diameter bisul. Hasil analisis ragam dan uji lanjut BNT pada $\alpha = 5\%$, menunjukkan bahwa rata-rata perubahan diameter bisul setelah diperlakukan dengan ketiga insektisida sistemik (dimehipo, dimetoat, dan fipronil) tidak berbeda nyata, tetapi ketiga perlakuan tersebut berbeda nyata jika dibandingkan dengan kontrol pada setiap pengamatan (Gambar 1). Adapun korelasi antara rata-rata perubahan diameter bisul dengan waktu perkembangan larva hama bisul pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Gambar 2 - 5.



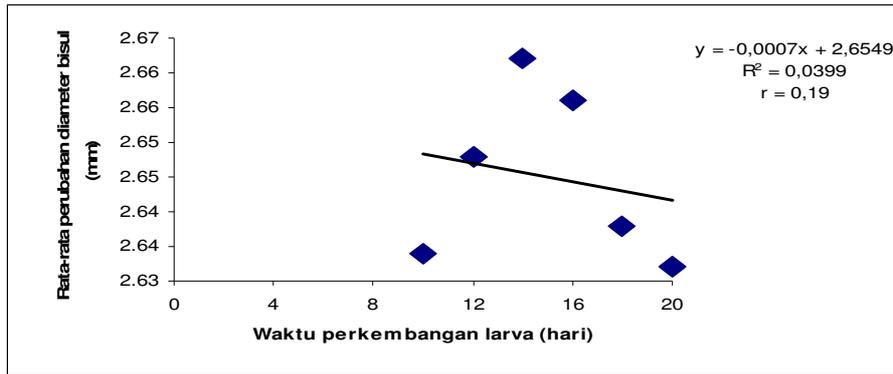
Gambar1. Rata-rata perubahan diameter bisul pada setiap pengamatan dari masing-masing perlakuan (* berbeda nyata dengan uji BNT $\alpha = 5\%$)



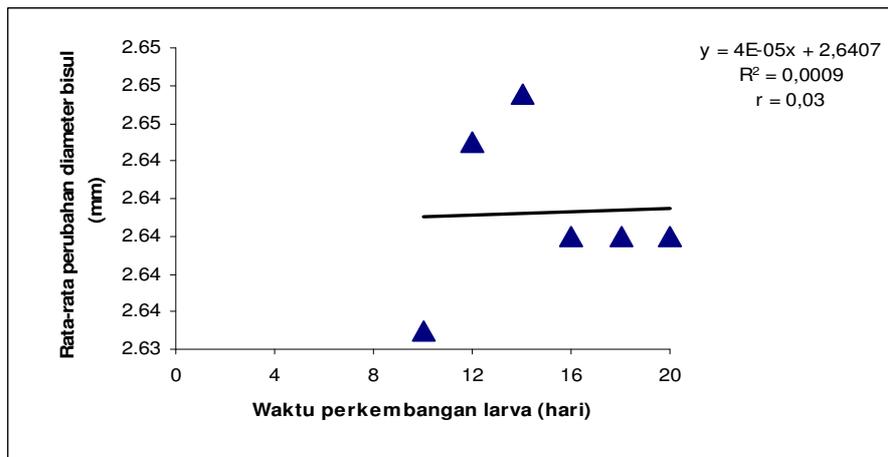
Gambar 2. Korelasi antara rata-rata pertumbuhan diameter bisul dengan waktu perkembangan larva hama bisul dadap (*Q. erytrinae*) pada kontrol.

Pada kontrol terlihat adanya korelasi positif antara pertumbuhan diameter bisul dengan waktu perkembangan larva hama bisul dadap ($r = 0,99$), dengan rata-rata pertumbuhan diameter bisul sebesar 0.0185 mm/hari (Gambar 2). Hal ini menunjukkan adanya perkembangan larva hama bisul sampai stadium imago yang diindikasikan dengan bertambahnya diameter bisul karena tidak terkena pengaruh insektisida sehingga pertumbuhan larva tidak terganggu. Pernyataan ini sesuai dengan hasil penelitian yang ditemukan Nukmal, dkk (2007), bahwa perkembangan larva dari stadium telur sampai imago menyebabkan bertambahnya diameter bisul. Diameter bisul yang diperlakukan dengan insektisida sistemik mengalami perubahan yang terjadi dalam dua fase. Fase pertama yaitu pada hari ke-10 sampai ke-14 diameter bisul mengalami pertumbuhan, tetapi proses pertumbuhan diameter bisul berlangsung lambat jika dibandingkan dengan kontrol (Gambar 1). Hal ini diduga karena larva hama bisul yang berada di dalam bisul sudah mulai terhambat pertumbuhannya karena pengaruh insektisida yang diperlakukan. Fase kedua terjadi pada hari ke-14 sampai ke-20 yaitu pada saat diameter bisul mengalami penurunan yang diduga disebabkan karena larva yang berada di dalam bisul telah mati.

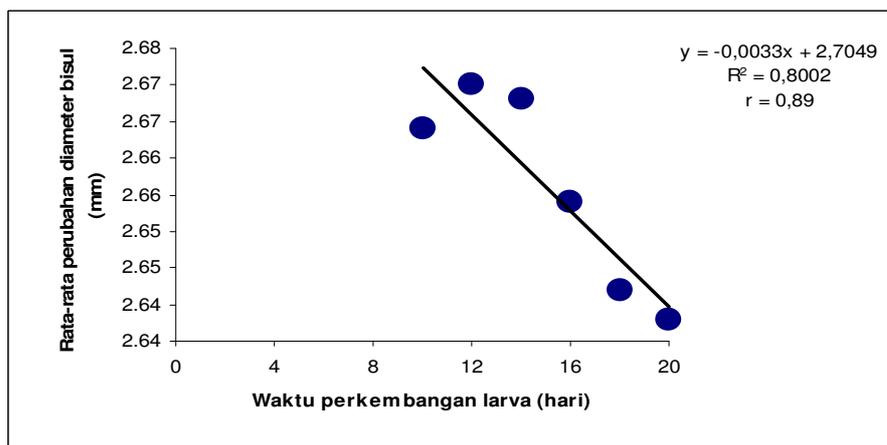
Insektisida sistemik dimehipo, dimetoat, dan fipronil memberikan pengaruh negatif terhadap diameter bisul. Hal ini terlihat dari diameter bisul yang cenderung menurun dengan bertambahnya waktu perkembangan larva hama bisul (Gambar 3 – 5). Perlakuan dengan insektisida sistemik dimehipo, dimetoat, dan fipronil mengakibatkan penurunan diameter bisul berturut-turut sebesar 0.0007 mm/hari, 0.00005 mm/hari, dan 0.0033 mm/hari. Pertumbuhan pada serangga terjadi pada stadium pradewasa, karena pada stadium tersebut serangga mengalami proses metamorfosis yang dicirikan dengan pergantian kulit (*molting*). Proses ini memerlukan peningkatan tekanan darah dan energi dalam jumlah yang besar (Susilo, 2007). Energi yang diperlukan untuk proses pergantian kulit diperoleh larva dari jaringan daun dadap yang dimakannya. Jika larva memakan jaringan daun dadap yang mengandung residu insektisida maka pertumbuhan larva tersebut akan terganggu, bahkan akan menyebabkan larva mati. Kematian larva yang berada di dalam bisul diduga sebagai penyebab terjadinya penurunan diameter bisul.



Gambar 3. Korelasi rata-rata pertambahan diameter bisul dengan waktu perkembangan larva hama bisul dadap (*Q. erythrinae*) yang diperlakukan dengan insektisida dimehipo



Gambar 4. Korelasi rata-rata pertambahan diameter bisul dengan waktu perkembangan larva hama bisul dadap (*Q. erythrinae*) yang diperlakukan dengan insektisida dimetoat



Gambar 5. Korelasi rata-rata pertambahan diameter bisul dengan waktu perkembangan larva hama bisul dadap (*Q. erythrinae*) yang diperlakukan dengan insektisida fibronil

Hasil analisis ragam dan uji lanjut dengan BNT pada taraf signifikansi 5 % terhadap kelulushidupan larva hama bisul dadap yang diperlakukan dengan ketiga jenis insektisida sistemik ini, tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap kelulushidupan larva hama bisul dadap, tetapi ketiga perlakuan tersebut berbeda nyata dengan kontrol. Walaupun ketiga jenis insektisida tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kelulushidupan larva hama bisul dadap, namun bila ditinjau dari keefektifitasan berdasarkan jumlah insektisida yang digunakan,

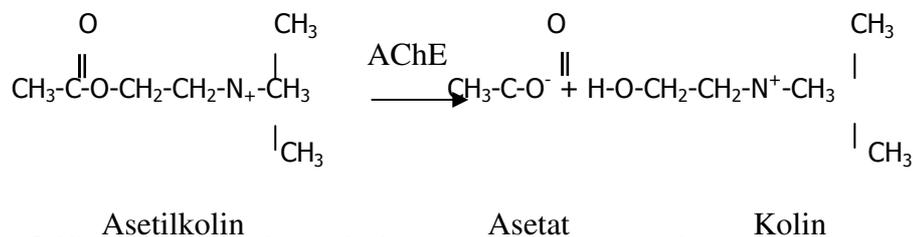
insektisida dimehipo lebih efektif jika dibandingkan dengan insektisida dimetoat dan fipronil untuk mengurangi jumlah larva hama bisul pada dadap licin. Hal ini terlihat dari persentase kelulushidupan larva hama bisul yang menggunakan insektisida dimehipo berkurang antara 1,5 – 2 kali lebih banyak dibandingkan dengan insektisida dimetoat dan fipronil, sedangkan jumlah insektisida yang digunakan hanya 3/8 dari volume insektisida dimetoat dan fibronil. Dengan kata lain, 0,75 mL/L insektisida dimehipo telah mampu mengurangi larva uji sampai 97 % (Tabel 1). Namun bila dilihat dari penurunan diameter bisul, insektisida fibronil sangat berpengaruh terhadap penurunan diameter bisul dengan $r = 0,89$ dibandingkan dimehipo ($r = 0,19$) dan dimetoat ($r = 0,03$) (Gambar 3 – 5).

Tabel 1. Persentase kelulushidupan larva hama bisul dadap (*Q. erythrinae*) pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Volume Insektisida (mL/L)	Persentase rata-rata kelulushidupan larva ± SE
Kontrol	0,00	93,00 ± 3,74 a
Dimehipo	0,75	3,00 ± 2,00 b
Dimetoat	2,00	4,00 ± 1,87 b
Fipronil	2,00	6,00 ± 1,87 b

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada $\alpha = 5\%$ uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

Lebih efektifnya insektisida dimehipo dibandingkan insektisida dimetoat dan fibronil, mungkin disebabkan karena insektisida dimehipo mempunyai struktur yang khas sehingga mempunyai kemampuan lebih cepat untuk bereaksi dengan enzim asetilkolinesterase dibandingkan kedua insektisida yang lain. Reaksi yang terjadi berakibat kepada perubahan struktur makromolekul reseptor, sehingga menimbulkan perubahan fisiologis normal yang disebut respon biologis (Soekardjo dan Siswandono, 1995). Respon biologi yang ditimbulkan oleh adanya ikatan antara insektisida dengan enzim asetilkolinesterase pada larva hama bisul dadap menyebabkan terhambatnya kerja enzim asetilkolinesterase sehingga asetilkolin tidak dapat dihidrolisis menjadi asetat dan kolin (Gambar 6.), hal ini akan mengganggu pertumbuhan larva hama bisul dadap. Menurut Widiastuti dan Agustrina (2000), senyawa yang bukan substrat tetapi mempunyai kemampuan untuk bereaksi dengan enzim dapat berperan sebagai kompetitor dengan cara berikatan dengan sisi aktif enzim sehingga substrat tidak bisa berikatan dengan enzim dan efektif pada konsentrasi yang rendah.

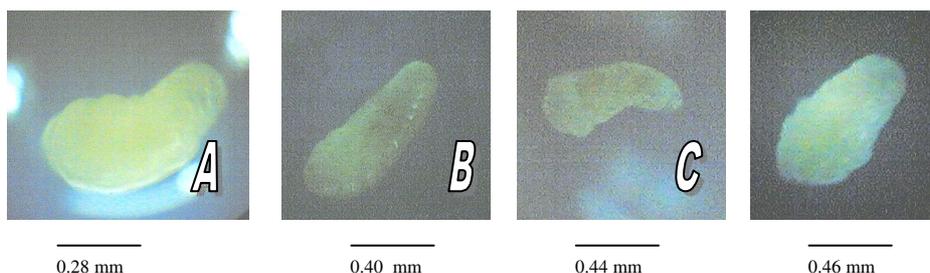


Gambar 6. Hidrolisis asetilkolin menjadi asetat dan kolin oleh enzim asetilkolinesterase (Darmono, 2006)

Insektisida dimehipo memiliki mekanisme kerja sama dengan insektisida dimetoat, yaitu sama-sama menyerang sistem saraf serangga, karena dimetoat merupakan insektisida yang tergolong ke dalam kelompok organofosfat yang bekerja menyerang sistem saraf (Lubis, 2002; Anonim 2008). Sebagai racun saraf, kedua insektisida ini diduga menyerang sistem saraf pada serangga dengan cara bereaksi dengan enzim asetilkolinesterase melalui proses fosforilasi bagian ester anion dari asetilkolinesterase. Ikatan fosfor yang terbentuk sangat kuat dan bersifat *irreversible*, sehingga kerja enzim asetilkolinesterase akan tetap terhambat sampai terbentuk

enzim yang baru (Lubis, 2002). Jika kerja enzim asetilkolinesterase dihambat akibatnya tidak akan terjadi repolarisasi, karena kanal ion Na^+ terus terbuka sedangkan kanal ion K^+ tetap tertutup. Pada batas tertentu kanal ion Na^+ akan tertutup sedangkan kanal ion K^+ tetap tertutup. Hal ini akan mengakibatkan impuls tidak dapat diteruskan, sehingga semua sistem yang ada pada tubuh larva hama bisul dadap akan mengalami gangguan, karena sistem saraf merupakan pusat koordinasi yang mengatur semua proses yang terjadi didalam tubuh mahluk hidup. Sedangkan Asetilkolin merupakan neurotransmitter yang membuka kanal ion Na^+ pada membran sel. Masuknya ion Na^+ ke dalam sel mengakibatkan terjadi depolarisasi pada sel, sehingga muatan di dalam sel akan lebih positif dibandingkan dengan di luar sel. Jika depolarisasi melewati batas ambang akan mengakibatkan terjadinya potensial aksi (Widiastuti, 2002; Campbell dkk., 2004). Mekanisme kerja insektisida fipronil berbeda dengan mekanisme kerja insektisida dimehipo dan dimetoat. Insektisida fipronil mengganggu sistem saraf pada serangga dengan menghambat transfer ion klorida melalui reaksi dengan reseptor asam gamma aminobutirat (GABA), GABA merupakan inhibitor pada sistem saraf pusat (Wikipedia, 2008), yang akan menyebabkan hiperpolarisasi membran dengan cara membuka kanal ion yang menyebabkan membran lebih permeabel terhadap ion K^+ yang keluar dari sel atau ion Cl^- yang masuk ke dalam sel, karena perbedaan gradien konsentrasi yang besar (Campbell dkk., 2004). Jika terjadi reaksi antara fipronil dengan reseptor GABA yang terdapat pada membran sel, maka GABA tidak dapat berikatan dengan reseptornya. Akibatnya proses hiperpolarisasi membran tidak terjadi, karena kanal ion Cl^- dan K^+ tidak terbuka yang menyebabkan kedua Ion tersebut tidak dapat masuk atau meninggalkan sel. Kondisi ini akan mengakibatkan sel tidak akan mengalami hiperpolarisasi. Hiperpolarisasi dibutuhkan sel dalam mempersiapkan potensial aksi berikutnya. Sel saraf akan mengalami periode refraktori setelah potensial aksi, yaitu periode pada saat sel tidak akan terdepolarisasi (Widiastuti, 2002; Campbell dkk., 2004). Jika sel tidak mengalami hiperpolarisasi ataupun refraktori akibatnya tubuh tidak dapat memberikan tanggapan terhadap impuls selanjutnya. Jika terjadi gangguan pada sistem koordinasi pada serangga akan mengakibatkan semua proses yang terjadi pada serangga akan terganggu

Gangguan pada sistem saraf akan mengakibatkan terganggunya proses penyerapan glukosa dan masuknya oksigen ke dalam tubuh serangga. Sehingga proses pembentukan ATP akan terhambat. Sementara ATP diperlukan serangga dalam proses metamorfosis dan pertumbuhan. Gangguan pada produksi ATP dan kerja sintesis hormon juvenil dan ecdison, akan mengakibatkan proses metamorfosis dan pertumbuhan serangga akan mengalami gangguan, bahkan terhenti. Hal inilah diduga penyebab ukuran tubuh larva setelah perlakuan dengan insektisida sistemik dimehipo, dimetoat, dan fipronil lebih kecil dibandingkan dengan kontrol (Gambar 7)



Gambar 7 . Perbandingan ukuran larva hama bisul (*Q. erythrinae*) antara kontrol (A) dan setelah pemberian insektisida dimetoat 2.00 mL/L (B) ; setelah pemberian insektisida fipronil 2.00 mL/L dan Larva uji setelah pemberian insektisida mehipo 0.75 mL/L (D)

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian uji efikasi tiga jenis insektisida sistemik terhadap kelulushidupan hama bisul dadap (*Q. erythrinae*) pada dadap licin (*E. lithosperma*) dapat disimpulkan bahwa Ketiga jenis insektisida mempunyai pengaruh yang tidak berbeda terhadap kelulushidupan larva hama bisul. Namun bila dilihat dari segi efektifitasnya, insektisida dimehypo merupakan insektisida yang lebih efektif dibandingkan dengan insektisida dimetoat dan fipronil, karena membutuhkan jumlah yang lebih sedikit yaitu 0,75mL/L (3/8 dari volume insektisida dimetoat dan fibronil) insektisida dimehypo mampu mematikan larva uji sebesar 97 % atau 1 % lebih banyak dari insektisida dimetoat dan 3 % lebih banyak dari insektisida fipronil.

Untuk mengendalikan hama bisul dadap di lapangan dapat direkomendasikan kepada petani untuk menggunakan insektisida sistemik yang berbahan aktif, dimehypo dengan menggunakan konsentrasi anjuran yaitu 0,75 mL/L untuk mengatasi serangan hama *Q. erythrinae* dengan cara disemprotkan ke tanaman dadap. Dalam konsep PHT pemakaian insektisida sintetik yang berwawasan lingkungan diperlukan untuk mengatasi ledakan hama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DP2M Dikti yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Bersaing XV, tahun 2007, dan semua pihak yang telah membantu dan memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008. *Mixture of Indoxacarb and Dimehypo*. Diakses 6 Juni 2008. Pukul 10.15 WIB. <http://www.freepatentsonline.com/WO2007081845.html>
- Campbell, N. A, Reece, J. B, Mitchell, L. G. 2004. *Biologi* (alih bahasa) Jilid 3. Erlangga Jakarta.
- Chairi,Z. 2006. *Pengaruh Penggunaan Pestisida Terhadap Lingkungan Hidup Di Kecamatan Sei Bengel (Desa Pasar VI Kwala Mencirim) Kabupaten Langkat*. Skripsi Universitas Sumatera Utara. Medan
- Darmono. 2006. *Toksitas Pestisida*. Diakses 27 Maret 2008. Pukul 10.00 WIB. http://www.geocities.com/kuliah_farm/farmasi_forensik/Pestisida.doc
- Departemen Pertanian. 2008. *Pedoman Umum Pelaksanaan Kegiatan Rehabilitasi / Perluasan Lada Tahun 2009*. Direktorat Jendral Perkebunan Jakarta.
- Gates, M.W. 2001. *Eurytomidae Biology*. <http://www.selbare.usd.gov/hyd/hym/chalchid/eurytomid/eurotom.html>. Dikunjungi Jumat 17 Maret 2004. Pukul 1:19 WIB.
- Hendayana, R. 2003. *Perspektif Penerapan Pengendalian Hama Terpadu Dalam Usaha Tani Lada*. Balai Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (BP2TP). Bogor.
- Heu, R. A., D. M. Tsuda, W. T. Nagamine, J. A. Yalamar, dan T. H. Suh. 2006. *Erythrina gall wasp, Quadrastichus erythrinae Kim (Hymenoptera: Eulophidae)*. State of Hawaii Department of Agriculture, New Pest Advisory No. 05-03. available at. www.hawaiiag.org/hdoa/npa/npa05-03-EGW.pdf. Diakses 18 November 2007. Pukul 17.40 WIB.
- Lubis, H.S. 2002. *Deteksi Dini dan Penatalaksanaan Keracunan Pestisida Golongan Organofosfat Pada Tenaga Kerja*. Laporan Penelitian USU. Medan
- Mardingsih, T.L. dan D.Wahyuno. 2005. *Serangan organisme berbentuk puru pada tanaman dadap (Erythrina spp), Tajar Lada (Piper nigrum) di Lampung*. Prosiding Lokakarya Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Kering. Bandar Lampung 20 -21 September 2005. 285 – 288.
- Muchtar, S. 2005. *Hasil kunjungan lapangan mengenai adanya serangan hama pada tanaman*

- dadap yang menjadi tajar (penyanga) tanaman lada*. Laporan khusus Dinas Perkebunan Kabupaten Lampung Barat.
- Nismah, E.L. Widiastuti dan Dasimah. 2009. *Pilihan Pakan dan Tempat Bertelur Hama Bisul Dadap *Quadrastichus erythrinae*. Kim Pada Tajar Lada*. Makalah Seminar Nasional Biologi XX. Malang 24 – 25 Juli 2009.
- Nukmal, N. Suprpto dan E.L. Widiastuti. 2007. *Pengendalian Hama Bisul Dadap Secara Terpadu dengan Memanfaatkan Musuh Alami*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing XV. Universitas Lampung. 35 p
- Soekardjo, B. dan Siswandono. 1995. *Kimia Medisinal*. Airlangga University Press. Surabaya.
- Suprpto. 2005a. *Penyebab Kematian Tanaman Dadap dan Usaha Pengendaliannya*. Makalah Tanggapan laporan Khusus. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung.
- Suprpto. 2005b. *Serangan Hama Penegak Lada Jenis Dadap (*Erytrina spp.*) dan Usaha Pengendaliannya*. Prosiding Lokakarya Nasional Pengembangan Pertanian lahan Kering. Bandar Lampung 20-21 September 2005.
- Susilo, FX. 2007 *Pertumbuhan dan Perkembangan Serangga in: Pengantar Entomologi Pertanian*. 127 p.
- Tarumingkeng, R. 1992. *Insektisida; Sifat, Mekanisme Kerja dan Dampak Penggunaannya*. UKRIDA Press. 250 p.
- Widiastuti, E. L. dan Agustina, R. 2000. *Bahan Ajar Biologi Sel*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Widiastuti, E.L. 2002. *Bahan Ajar Fisiologi Hewan 1*. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Wikipedia. 2008. *Fibronil*. Wikipedia. [http:// en.wikipedia.org/fibronil/](http://en.wikipedia.org/fibronil/). Diakses. 15 April 2008. Pukul 14.15 WIB.
- Wong, S.K. 2007. *Whither the wiliwili? Will a tiny waps spell extinction for one of Hawai'i's native tree?* <http://www.Oha.org/pdf/kwoob/06041/11.pdf>. Dikunjungi: 1 Juni 2007, Pukul 14:06 WIB.
- Yang, M.M., G.S. Tung, J. La Salle, dan M.L. Wu. 2004. *Outbreak of erythrina gall wasp on *Erythrina* spp. (Fabaceae) in Taiwan*. Majalah proteksi tanaman.

HIPOFISASI IKAN LELE DUMBO (*Clarias sp.*) DENGAN EKSTRAK KELENJAR HIPOFISIS IKAN PATIN (*Pangasius hypophthalmus*)

Rakhmawati¹
Politeknik Negeri Lampung

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari kemungkinan hipofisasi ikan lele dumbo (*Clarias sp.*) dengan menggunakan ekstrak kelenjar hipofisis ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*), yang merupakan limbah dari usaha pembuatan fillet ikan patin di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ekstrak kelenjar hipofisis ikan patin terhadap derajat pemijahan, masa laten, derajat pembuahan, derajat penetasan, dan kelangsungan hidup larva selama 7 hari. Metode yang digunakan adalah hipofisasi, dengan menggunakan lima perlakuan dosis yang berbeda dan tiga ulangan serta kontrol sebagai pembanding. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan terhadap derajat pemijahan dan masa laten ikan lele dumbo. Perlakuan penyuntikan 1 dosis ekstrak kelenjar hipofisis ikan patin menghasilkan derajat pemijahan 100% dan masa laten 6,74 jam. Sedangkan derajat pemijahan kontrol 33% dan masa laten 12,40 jam. Sementara hipofisasi ikan lele dumbo dengan ekstrak hipofisis ikan patin dengan dosis yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap derajat pembuahan, derajat penetasan, dan tingkat kelangsungan hidup larva.

Kata kunci: hipofisasi, lele dumbo, ekstrak kelenjar hipofisis ikan patin

PENDAHULUAN

Latar Belakang Pemanfaatan daging ikan patin sebagai bahan baku pembuatan *fillet* telah dilakukan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Usaha ini membutuhkan ikan patin sebanyak satu setengah sampai tiga ton setiap minggu (bergantung kepada permintaan). Dengan berat rata-rata ikan patin satu kg tiap ekor, berarti ada sekitar 1500-3000 kepala ikan patin yang tidak dimanfaatkan setiap minggunya. Padahal pada kepala ikan patin tersebut terdapat kelenjar hipofisis yang sangat potensial untuk hipofisasi dan harganya relatif murah. Sementara itu bisnis lele dumbo hingga sekarang masih terhitung cerah seiring karena banyak orang suka terhadap ikan lele dan kebutuhan orang akan protein hewani yang harganya murah. Namun salah satu kendala yang dihadapi para petani ikan lele dumbo adalah kadang kala pemijahannya belum dapat dilakukan secara alami, sehingga perlu dilakukan suatu upaya agar dapat dilakukan pemijahan secara buatan, salah satunya adalah dengan hipofisasi.

Hipofisasi adalah penyuntikan ekstrak kelenjar hipofisis dari ikan tertentu (donor) kepada ikan tertentu (resipien) yang matang kelamin agar mempercepat pematangan gonad baik pada jantan maupun betina sehingga terjadi pemijahan. Hipofisasi ini dapat dilakukan dengan memakai ekstrak kelenjar hipofisis ikan yang sejenis (*homoplastik*) maupun tidak sejenis (*heteroplastik*). Beranjak pada kasus ini maka muncul keinginan untuk mempelajari kemungkinan hipofisasi ikan lele dumbo dengan memanfaatkan kelenjar hipofisis ikan patin, spesies yang masih dekat hubungan kekerabatannya yaitu sama-sama termasuk pada golongan lele-lelean.

Tujuan Penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh ekstrak hipofisis ikan patin terhadap derajat pemijahan ikan lele dumbo, derajat pembuahan, penetasan telur, dan kelangsungan hidup larvanya.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat. Penelitian ini dilaksanakan di Stasiun Lapang Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, dan laboratorium Pengembangbiakan dan Genetika Ikan, Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor dari akhir bulan Juli sampai akhir September 2007.

Bahan dan Alat. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan lele dumbo betina yang matang telur sebanyak delapan belas ekor dan ikan lele dumbo jantan yang siap memijah sebanyak delapan belas ekor pula dengan berat rata-rata satu kg per ekor, ekstrak hipofisis ikan patin, aseton, larutan biru metilen, larutan fisiologis, dan air. Alat yang diperlukan antara lain botol, penggerus, cawan petri, penyerok, alat suntik, pinset, pisau, talenan, tisu, *stopwatch*, timbangan, gunting, hapa, bak beton, akuarium, wadah dari kaca serabut, kakaban, *blower*, dan sentifuse.

Prosedur Penelitian.

Rancangan Perlakuan. Percobaan ini terdiri dari tiga perlakuan untuk betina dan dua perlakuan untuk jantan dengan tiga kali ulangan. Perlakuan yang diberikan adalah sebagai berikut: (a). Jantan tanpa penyuntikan dipijahkan dengan betina tanpa penyuntikan (kontrol). (b). Jantan tanpa penyuntikan dipijahkan dengan betina 1 dosis. (c). Jantan tanpa penyuntikan dipijahkan dengan betina 2 dosis. (d). Jantan 1 dosis dipijahkan dengan betina tanpa penyuntikan (e). Jantan 1 dosis dipijahkan dengan betina 1 dosis. Jantan 1 dosis dipijahkan dengan betina 2 dosis

Persiapan Ikan Uji. Ikan betina (0,9 – 1,2 kg) dan jantan (0,9 – 1,2 kg) yang siap memijah dimasukkan ke dalam bak beton yang telah terisi air untuk diadaptasikan. Sebelum dilakukan penyuntikan, ikan dipuasakan selama satu hari. Penempatan ikan uji terpisah antara betina dan jantan.

Pengangkatan dan Pembuatan Ekstrak Hipofisis. Langkah-langkah pengangkatan dan pembuatan ekstrak hipofisis ikan patin adalah sebagai berikut:

- Setelah kepala ikan patin dipotong, bagian atasnya dibuang, hingga rongga tengkoraknya terbuka dan otak kelihatan.
- Otak tersebut diangkat dengan menggunakan pinset dan akan kelihatan kelenjar hipofisis berwarna putih dengan diameter 1 mm di bawah otak.
- Hipofisa itu diambil dan dimasukkan ke dalam wadah stok (botol) yang berisi aseton.
- Aseton tersebut dibuang setelah delapan jam, diganti dengan aseton baru dan hipofisis itu direndam selama 24 jam.
- Kemudian aseton diganti lagi dengan yang baru.
- Apabila hendak digunakan, kelenjar hipofisis itu digerus sampai hancur dan diencerkan dengan satu sampai dua ml larutan fisiologis.
- Suspensi dipindahkan ke tabung sentifuse untuk diputar selama tiga menit dengan kecepatan 2500 rpm.
- Semua suspensi diambil dengan *sprit* untuk disuntikkan kepada ikan uji dan endapannya ditinggalkan.

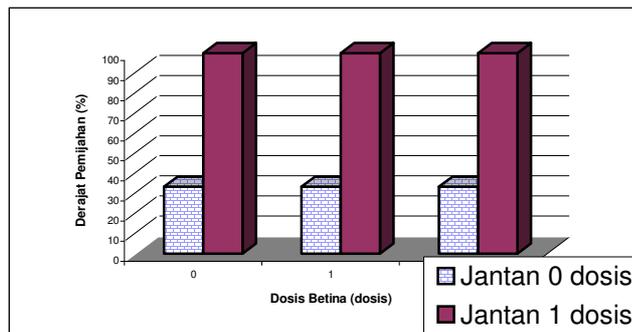
Penyuntikan. Ikan betina dan jantan yang sudah dipersiapkan sebelumnya, diambil dari hapa dengan penyerok. Penyuntikkan dilakukan pada otot punggung (intra muskuler), arah jarum miring 45° ke arah kepala. Penyuntikkan dilakukan pada petang hari antara pukul tiga dan setengah empat.

Pemijahan. Setelah disuntik, kedua ikan tersebut dimasukkan ke dalam wadah dari kaca serabut yang di dasarnya ditaruh kakaban sebagai tempat penempelan telurnya. Setelah terjadi pemijahan dan pembuahan, kakaban diangkat pada pagi hari antara pukul enam dan tujuh. Sampel telur diambil dengan memotong kakaban dengan ukuran 10 cm x 10 cm untuk kemudian dimasukkan ke dalam akuarium berukuran 30 x 30 x 30 cm³.

Analisis Data. Data yang diperoleh disusun dalam bentuk tabel dan gambar serta dianalisis secara statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Derajat pemijahan. Berikut ini adalah grafik derajat pemijahan yang diperoleh dari data pada Tabel 1

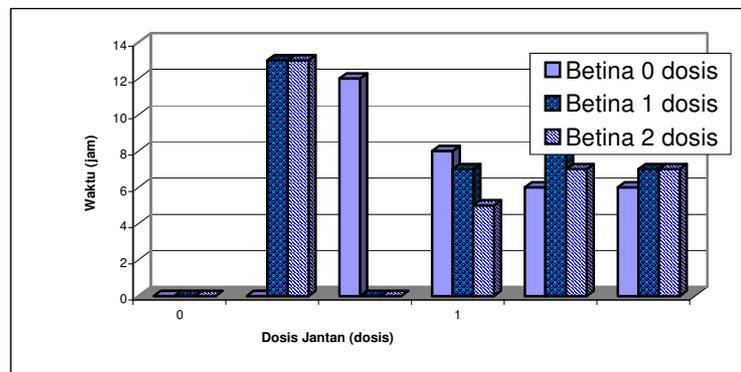


Gambar 1. Derajat pemijahan ikan lele dumbo setelah disuntik dengan ekstrak kelenjar hipofisis ikan patin

Ada perbedaan yang sangat nyata pada perlakuan pemberian suntikan 1 dosis pada jantan terhadap betina tanpa penyuntikan, 1 dosis, maupun 2 dosis ($\alpha = 0,01$) untuk derajat pemijahan. Pemberian suntikan 1 dosis pada jantan menghasilkan derajat pemijahan 100% terhadap betina tanpa penyuntikan, 1 dosis maupun 2 dosis. Sedangkan perlakuan tanpa penyuntikan pada jantan hanya menghasilkan derajat pemijahan 33,33% terhadap betina tanpa penyuntikan, 1 dosis, maupun 2 dosis.

Analisis sidik ragam tersebut juga menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata pada perlakuan tanpa penyuntikan, 1 dosis maupun 2 dosis pada betina terhadap jantan tanpa penyuntikan dan penyuntikan 1 dosis. Begitu juga pada interaksi antara perlakuan tanpa penyuntikan dan 1 dosis maupun 2 dosis pada betina terhadap jantan tanpa penyuntikan dan 1 dosis.

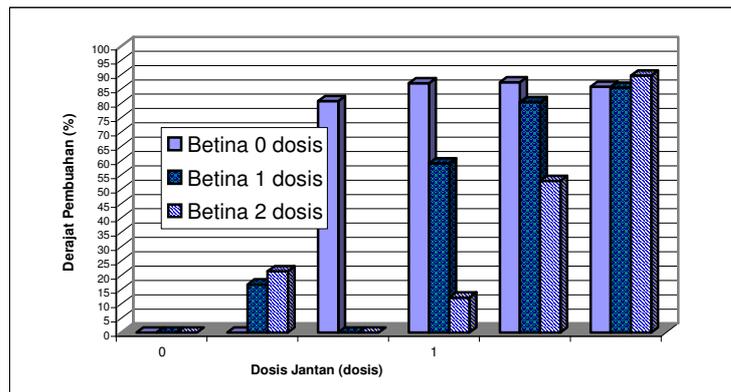
Masa laten. Berikut ini adalah grafik masa laten yang diperoleh dari data pada Tabel 2.



Gambar 2. Masa laten untuk pemijahan ikan lele dumbo yang disuntik dengan ekstrak kelenjar hipofisis ikan patin

Ada perbedaan yang sangat nyata ($\alpha = 0,01$) pada perlakuan pemberian suntikan 1 dosis pada jantan terhadap betina tanpa penyuntikan, 1 dosis, maupun 2 dosis untuk masa laten. Hal ini diperjelas dengan uji lanjutan yaitu pada perlakuan pemberian suntikan 1 dosis pada jantan, masa laten rata-ratanya adalah 6,47 jam terhadap betina tanpa penyuntikan, 1 dosis, maupun 2 dosis. Sedangkan perlakuan tanpa penyuntikan pada jantan, masa laten rata-ratanya adalah 12,40 jam. Analisis sidik ragam tersebut juga menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata pada perlakuan tanpa penyuntikan, 1 dosis maupun 2 dosis pada betina terhadap jantan tanpa penyuntikan dan 1 dosis. Begitu juga pada interaksi antara perlakuan tanpa penyuntikan dan 1 dosis maupun 2 dosis pada betina terhadap jantan tanpa penyuntikan dan 1 dosis.

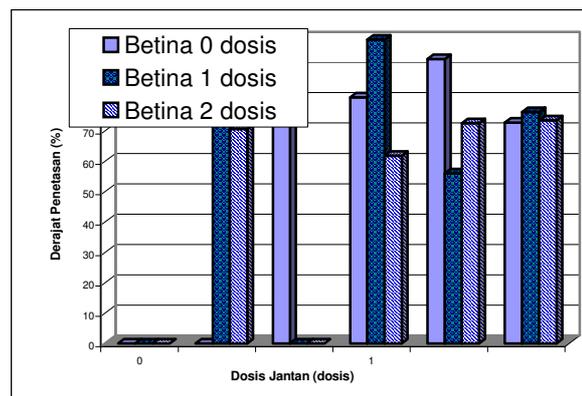
Derajat pembuahan. Berikut ini adalah grafik derajat pembuahan yang diperoleh dari data pada Tabel 3



Gambar 3. Derajat pembuahan telur ikan lele dumbo yang disuntik dengan ekstrak kelenjar ikan patin

Tidak ada perbedaan yang nyata pada perlakuan tanpa penyuntikan, 1 dosis maupun 2 dosis pada betina terhadap jantan tanpa penyuntikan dan 1 dosis untuk derajat pembuahan. Begitu juga sebaliknya serta pada interaksi antara perlakuan tanpa penyuntikan dan 1 dosis maupun 2 dosis pada betina terhadap jantan tanpa penyuntikan dan 1 dosis.

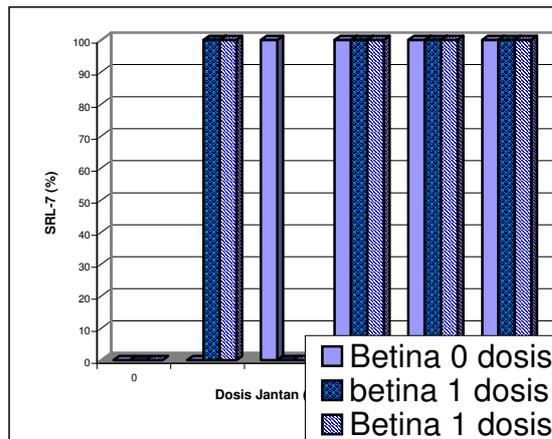
Derajat penetasan. Berikut ini adalah grafik derajat penetasan yang diperoleh dari data pada Tabel 4.



Gambar 4. Derajat penetasan setelah masa inkubasi 48 jam

Tidak ada perbedaan yang nyata pada perlakuan tanpa penyuntikan, 1 dosis maupun 2 dosis pada betina terhadap jantan tanpa penyuntikan dan 1 dosis untuk derajat penetasan. Begitu juga sebaliknya serta pada interaksi antara perlakuan tanpa penyuntikan dan 1 dosis maupun 2 dosis pada betina terhadap jantan tanpa penyuntikan dan 1 dosis.

Derajat kelangsungan hidup larva hari ke-7.. Berikut ini adalah grafik derajat kelangsungan hidup larva hari ke-7 yang diperoleh dari data pada Tabel 5.



Gambar 5. Derajat kelangsungan hidup larva pada hari ke-7

Tidak ada perbedaan yang nyata pada perlakuan tanpa penyuntikan, 1 dosis maupun 2 dosis pada betina terhadap jantan tanpa penyuntikan dan 1 dosis untuk derajat kelangsungan hidup larva hari ke-7. Begitu juga sebaliknya serta pada interaksi antara perlakuan tanpa penyuntikan dan 1 dosis maupun 2 dosis pada betina terhadap jantan tanpa penyuntikan dan 1 dosis.

Pembahasan. Keberhasilan pemijahan pada pasangan yang disuntik 1 dosis pada jantan mencapai 100%. Adapun hal yang mempengaruhi keberhasilan dari pemijahan dengan pemberian suntikan 1 dosis pada jantan ini adalah adanya peran dari hipofisis ikan patin yang menghasilkan *FSH* dan *LH*. Kedua hormon ini secara langsung mempengaruhi perkembangan gonad, proses spermatogenesis, karakteristik seks sekunder dan tingkah laku seks. *FSH* mengaktifkan proses spermatogenesis dan *LH* merangsang sel-sel interstitial (*Leydig*) sehingga menghasilkan androgen (terutama testosteron). Androgen ini berfungsi menghantarkan testosteron ke dalam testes. Hal ini akan menyebabkan pematangan spermatozoa dalam tubuli seminiferi, setelah itu ikan jantan menampilkan tingkah laku seksnya sehingga terjadilah pemijahan.

Sebelum fase pemijahan, ikan jantan diduga mengeluarkan feromon yang menjadi stimulus ikan betina untuk melakukan pemijahan. Hal ini sejalan dengan pendapat Van Den Hurb dan Resink, 1992 dalam Redding dan Patino, 1993 yang menyatakan bahwa feromon yang dikeluarkan oleh ikan jantan berfungsi untuk menarik respon seksual ikan betina.

Sedangkan untuk betina, tidak ada perbedaan pengaruh baik perlakuan tanpa penyuntikan, 1 dosis maupun 2 dosis terhadap jantan tanpa penyuntikan dan 1 dosis karena hasil yang diperoleh sama. Untuk pasangan yang tidak memijah dalam pengamatan selama 48 jam, telur yang ada di perut betina dikeluarkan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa telur-telur tersebut telah mengalami proses pematangan akhir yang ditandai dengan berpindahannya inti sel ke tepi telur dan melebur pada membran inti (*germinal vesicle breakdown*).



Gambar 6. Sel telur dari betina yang tidak melakukan pemijahan

Ketidakberhasilan pemijahan pada pasangan jantan tanpa penyuntikan terhadap betina tanpa penyuntikan, 1 dosis maupun 2 dosis secara sempurna (hanya 33,33%), diduga disebabkan kurang terangsangnya induk jantan untuk memijah. Hal ini terlihat dari gerakannya yang kurang lincah dalam mengejar induk betina ataupun gerakan-gerakan lain yang menunjukkan induk jantan akan melakukan pemijahan. Hal ini pun menunjukkan bahwa pengeluaran telur ikan lele dumbo betina tidak disertai dengan pengeluaran feromon.

Selang waktu antara penyuntikan dan terjadinya pemijahan dinamakan juga dengan masa laten. Pemijahan pasangan yang jantannya disuntik 1 dosis berlangsung lebih cepat dari perlakuan selainnya. Kecepatan masa laten ini bergantung kepada pada kecepatan jantan dalam melakukan pemijahan. Semakin cepat terjadi pemijahan, semakin singkat masa latennya.

Kuantitas sperma bergantung pada ukuran ikan jantan (Tang dan Affandi,2000). Kuantitas sperma ini berhubungan dengan motilitas spermatozoa, yaitu semakin rendah konsentrasi sperma semakin tinggi motilitas spermatozoa karena spermatozoa memperoleh makanan yang cukup dari plasma sperma. Sebaliknya konsentrasi sperma yang tinggi dapat menghambat aktifitas spermatozoa, karena berkurangnya daya gerak sehingga spermatozoa sukar menemukan atau menembus mikrofil sel telur yang mengakibatkan rendahnya fertilitas spermatozoa (Aas dkk.,1991).Proses penetasan didukung oleh keberhasilan proses embriogenesis. Telur yang dibuahi akan menetas bila proses embriogenesis berlangsung dengan baik. Proses embriogenesis dipengaruhi oleh kerja hormon yang dikeluarkan oleh embrio, volume kuning telur, suhu, oksigen terlarut, pH, salinitas dan intensitas cahaya.

Tingkat kelangsungan hidup larva sampai hari ke tujuh dipengaruhi oleh sisa makanan pada kuning telur setelah melalui proses embriogenesis dan metamorfosa; pakan; dan faktor lingkungan. Ukuran telur yang besar menghasilkan kelangsungan hidup yang besar. Hal ini terkait dengan ketersediaan cadangan makanan. Telur yang besar memiliki cadangan kuning telur lebih banyak. Dengan demikian tidak ada kekhawatiran larva akan kekurangan energi hingga larva tersebut dapat menangkap makanan dari luar.

Pada hari ketiga setelah menetas, sisa makanan pada kuning telur diperkirakan habis sehingga larva diberi artemia sampai berumur tujuh hari. Artemia merupakan sumber protein yang baik bagi larva, baik dari segi ukuran maupun kandungannya. Ukuran artemia sesuai dengan bukaan mulut larva sedangkan kandungan protein yang terdapat pada artemia adalah sekitar 58% (Irmasari, 2002)

KESIMPULAN

(a). Pemberian suntikan ekstrak hipofisa 1 dosis pada jantan berpengaruh pada derajat pemijahan dan masa latennya.(b). Hipofisasi ikan lele dumbo dengan ekstrak kelenjar hipofisis ikan patin dengan dosis yang berbeda tidak memberikan pengaruh terhadap derajat pembuahan, derajat penetasan dan derajat kelangsungan hidup larva hari ke tujuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Aas, G.H., T. Refstie and B. Gjerbe. 1991. Evaluation of milt quality of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 95 : 125 – 132.
- Agus, G.T.K., et. al. 2001. *Lele*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Aninomos. 1989. *Budidaya ikan lele dumbo secara intensif*. Seri Perikanan. No. 002/kan/80 - 90. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Butet, S.R. 1995. Fekunditas, kelenjar hipofisa dan hipofisasi homoplastik pada ikan nila merah (*Oreochomis* sp.), skripsi. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor
- Djojosebagio, S. *Fisiologi Kelenjar Endokrin*. Volume I. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. IPB. Bogor.
- Effendi, M.I. 1978. *Biologi perikanan*. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.

- Ginzburg, F.W. 1972. *Fertilization in fishes and the problem of polyspermy*. T.A. Detlaf (Ed.). Israel program for Scientific Translation. Jerusalem.
- Goetz, F.W. 1983. Hormon control of oocyte final maturation and ovulation in fishes. *In Fish Physiology*. By W.S. Hoar, D.J. Randall, E.M. Donaldson. Volume IX B. Academic Press INC.
- Hardjamulia A dan S. Atmawinata. 1980. Teknik hipofisasi beberapa jenis ikan air tawar. Dalam *Prosiding Lokakarya Tehnologi Tepat Guna Bagi Pengembangan Perikanan Budidaya Air Tawar*. Balai Penelitian Perikanan dan Pengembangan Pertanian.
- Harvey, B. J. and W. S. Hoar. 1979. The theory and practice of induced breeding in fish. IDRC-TS 2 le. Ottawa.
- Irmasari, D. Pengaruh artemia yang diperkaya dengan kadar vitamin C berbeda terhadap pertumbuhan, kelangsungan, hidup dan daya tahan larva udang windu (*Penacus monodon* Fab), Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.
- Jhingran, V.G. 1975. *Fish and fisheries of India*. Hindustan Publishing Corporation (India), Jaweber Mager, Del 1.
- Kazakov, R.V. 1981. Peculiarities of sperm production by anadromous and Atlantic salmon (*salmo salar*) and fish cultural characteristics such sperm. *J. Fish Biol.* 18 (1) : 1 – 8.
- Lam, T.J. 1985. *Induce spawning in fish*. Reproduction and Culture of Milkfish. The Oceanic Institut and Tungkang Marine Laboratory.
- Muir, J.F. and R.J. Roberts. 1985. *Recent Advances in Agiculture*. Volume 2. Croom Helm London and Sydney.
- Nagahama, Y. 1987. Endocrin control of oocyte maturation. *In Amphibians, and Reptile*. By David E.N and R.E. Jones, Plenum Press New York.
- Nikolsky, G.W. 1963. *The Ecology of Fishes*. Academic Press. New York.
- Najiyati, S. 2001. *Memelihara lele dumbo di kolam taman*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Padmosudirdjo, A.B. 1987. *Memelihara ikan lele dumbo*. Badan Penerbit Karya Bani. Jakarta.
- Perry, E.J. 1986. *The Artificial insemination on farm*. 4 th Ed. Oxford and IBH Publishing Co. New Dehli.
- Prihartono, R.E, J.Rasidik dan U.Arie. 1996. *Mengatasi permasalahan budidaya lele dumbo*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Rahmantara, A. 1991. Fenomena proses pembuahan di luar tubuh (Fertilisasi eksternal) pada ikan, skripsi. Fakultas Kedokteran Hewan. Institut Pertanian Bogor.
- Redding, J.M dan R.Patino. 1993. Reproductive physiology. *In The physiology of fishes*. By David H. Evans. CRC Press. Florida.
- Soetomo, M.M.A. 1987. *Teknik budidaya ikan lele dumbo*. Cetakan I. Penerbit C.V, Sinar Baru. Bandung.
- Sumantadinata, K. 1981. *Pengembangan ikan-ikan peliharaan di Indonesia*. Sastra Hudaya. Jakarta.
- Suyanto, S.R. 1987. *Ikan mas (Common carp)*. Bagian I. Nomor ISSN 0215-2126. Direktorat Jenderal Perikanan bekerjasama dengan International Development Research Centre. 1991. *Budidaya ikan lele*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Tang, U.M. dan R. Affandi. 1999. Biologi reproduksi ikan. PT. Kanisius. 110 hal.
- Turner D.C. dan J.T. Bagnara. 1988. *Endocrinologi umum*. Edisi keenam. Airlangga University press. Yogyakarta.
- Viveen, W.J.A., C. J.J. Richter, R.P.W. J. Van Oordt, J.A.L. Jansen, A. Huisman. 1987. Practical Manual for The Culture of The African Catfish (*Clarias gariepinus*). Diterjemahkan oleh Suyanto, S.R. Direktorat Jendral Perikanan bekerjasama dengan International Depeloment Research Centre.
- Woynarovich, E and L. Horvath. 1980 *The artificial propagation of warm-water finfishes –a manual for extension*. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome.

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI BAHAN KATALIS $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ DAN UJI KUALITATIF AKTIVITASNYA PADA FRUKTOSA

Richa Agustine dan Rudy Situmeang
Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Lampung
Jln. Prof. Soemantri Brodjonegoro No 1 Bandar Lampung 35145
Email address : situmeang@unila.ac.id

ABSTRAK

Bahan katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ ($x=0,06$; $0,5$; dan $0,94$) telah dipreparasi dengan metode sitrat melalui tahapan pencampuran, penguapan, sol – gel dan kalsinasi. Selanjutnya, bahan katalis dikarakterisasi fasa kristalin yang terbentuk dengan instrumen difraksi sinar-X, keasaman situs aktif diidentifikasi melalui metode gravimetri dan spektrofotometri infra-merah, dan densitas serta porositas diukur menggunakan metode Archimedes. Sedangkan hasil uji kualitatif aktivitas konversi fruktosa dianalisis dengan spektrometer massa Tandem (MS-MS). Hasil difraksi sinar-X bahan katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ ($x=0,06$; $0,5$; dan $0,94$) menunjukkan bahwa fasa kristalin yang terbentuk masing-masing adalah $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_4$; $\text{La}_2\text{CrNiO}_6$; dan LaCrNiO_3 . Keasaman situs aktif katalis adalah asam Brønsted – Lowry pada bilangan gelombang $1350 - 1500 \text{ cm}^{-1}$ dan asam Lewis pada bilangan gelombang $1500 - 1600 \text{ cm}^{-1}$. Densitas menurun tetapi porositas bertambah dengan bertambahnya kadar nikel dalam senyawa $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$. Selanjutnya, uji kualitatif aktivitas katalis pada konversi fruktosa menunjukkan bahwa bahan katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ aktif.

Keywords : Dekomposisi fruktosa, aktivitas $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$, situs asam Lewis dan asam Brønsted-Lowry

PENDAHULUAN

Gula monosakarida banyak digunakan dalam industri makanan dan minuman sebagai pemanis. Pemilihan gula monosakarida sebagai pemanis dalam bahan makanan dan minuman menjadi sangat penting karena dampak yang ditimbulkan seperti kerusakan gigi, penyakit diabetes, dan lainnya (Delbaere et al., 2007; dan Khadom et al., 2009). Maka, gula alkohol seperti xylitol, manitol, sorbitol atau maltitol menjadi pilihan aditif makanan dan minuman, kosmetika, dan bahan kesehatan. Indonesia, sebagai produsen gula tentunya harus dapat mengubah gula glukosa dan fruktosa menjadi gula alkohol lainnya sebagai cara diversifikasi hasil bumi dan mendapatkan nilai tambah ekonomis. Usaha konversi gula (glukosa dan fruktosa) menjadi xylitol, manitol, sorbitol atau maltitol menjadi sangat menarik dan penting. Penelitian tentang konversi gula (glukosa dan fruktosa) telah banyak dilakukan dengan menggunakan bahan katalis berbasis nikel, ruthenium, zirconium, molibdenum dan lainnya (US Patents; dan Gangwal and Subramani, 2009) dan hasil konversinya bervariasi, berkisar 15 - 98%.

Berdasarkan kajian literatur tersebut, pada kesempatan ini telah dilakukan penelitian pendahuluan tentang konversi fruktosa menjadi mannitol melalui preparasi bahan katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ menggunakan metode sitrat. Selanjutnya, karakterisasi bahan katalis telah dilakukan seperti penentuan fasa kristalin bahan katalis dianalisis dengan menggunakan difraktometer sinar x, keasaman situs aktif katalis dianalisis dengan menggunakan metode spektrofotometri IR dan gravimetri, sedangkan porositas dan densitas diuji dengan prinsip Archimedes. Serta uji aktivitas konversi fruktosa dilakukan pada temperatur 70°C selama 15 menit dan hasilnya dianalisis secara kualitatif dengan alat MS-MS.

METODE PERCOBAAN

Preparasi Bahan Katalis. Bahan katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ dipreparasi dengan bahan baku $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, dan $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, yang masing – masing dilarutkan dalam larutan asam sitrat (produk Mercks dengan kemurnian ~99,9%) yang selanjutnya dicampurkan ketiga larutan sesuai perbandingan yang diinginkan. Tahapan preparasi meliputi pencampuran, evaporasi dan kalsinasi. Kalsinasi dilakukan pada 600°C selama 6 jam dengan laju 2°C min^{-1} . Padatan hasil kalsinasi dihaluskan sebelum digunakan.

Uji fasa kristalin bahan katalis dengan difraktometer sinar-X. Sejumlah kecil cuplikan bahan katalis (~ 50 – 100 mg) diletakkan sebagai lapisan tipis pada spesimen difraksi sinar X . Selanjutnya, alat difraktometer tipe PW1710 dengan anoda Cu, $K_\alpha = 1,54245 \text{ \AA}$ dipola pada sudut 2θ ($5 - 80^\circ$, *step size* $0,02^\circ$ dengan waktu 1detik) dan *scan* secara kontinyu dijalankan untuk mencatat data difraktogram.

Uji keasaman secara gravimetri dan spektrofotometri infra merah. Setelah pemanasan pada 120°C , cuplikan bahan katalis dimasukkan ke dalam desikator yang telah divakumkan. Selanjutnya ammonia cair dialirkan ke dalam cawan yang telah ditempatkan di dalam desikator tersebut. Setelah 24 jam waktu kontak, cuplikan bahan katalis tersebut dikeluarkan dari desikator dan dianginkan selama 2 jam. Cuplikan selanjutnya ditimbang dan sebagian kecil dicampur dengan bubuk KBr dan sampel kemudian diletakan pada sel kuartz FTIR (Shimadzu) untuk pencatatan spektra infra merah.

Uji densitas dan porositas dengan metode Archimedes (Australian Standard. 1989). Sejumlah massa sampel kering ditimbang sebagai M_k . Kemudian sampel dibuat tablet dan dimasukkan ke dalam gelas piala yang berisi air lalu direbus selama 1 jam. Setelah itu didiamkan selama 1 malam agar sampel mengalami penjuhan. Massa sampel penjuhan tersebut ditimbang dan dicatat sebagai M_b . Sampel M_b diikat dengan menggunakan kawat (M_{ka}) yang telah ditimbang dan dicatat sebagai M_g . Densitas sampel dihitung dengan menggunakan *bulk density* dengan rumus:

$$\rho = \frac{M_k}{M_b - (M_g - M_{ka})} \times \rho_m$$

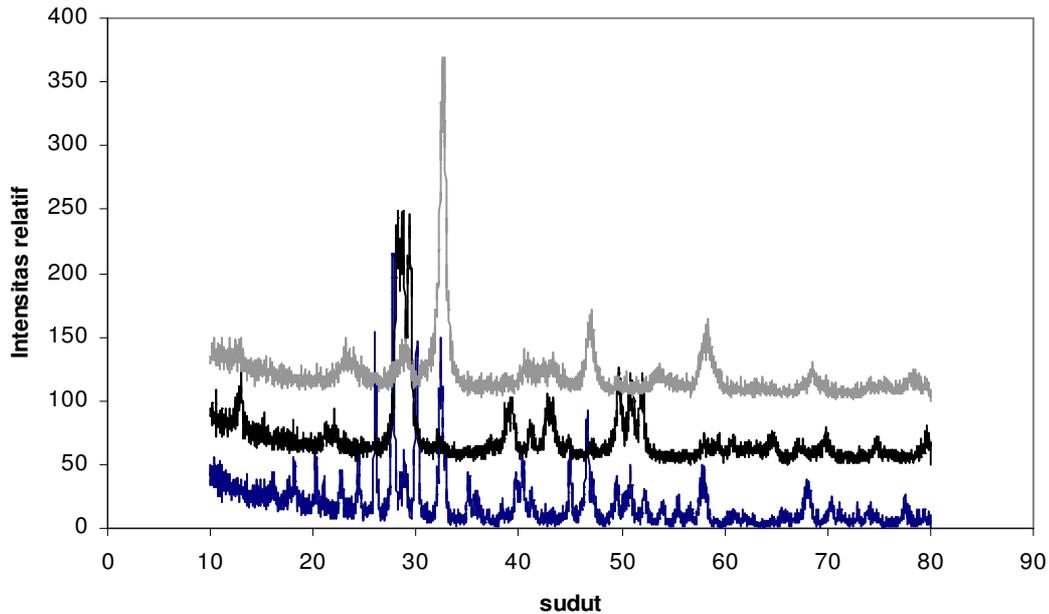
Sedangkan porositas sampel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\% P = \frac{M_b - M_k}{M_b - (M_g - M_{ka})} \times 100 \%$$

Uji kualitatif katalis untuk konversi fruktosa. Sampel 10 mL larutan fruktosa 0,5 M, dipanaskan hingga temperatur 70°C dicapai. Selanjutnya ditambahkan katalis sebanyak 0,25 gram, sambil dialiri gas H_2 dengan kecepatan 10 mL per menit. kemudian reaksi ditahan pada temperatur tersebut selama 15 menit, Sampel hasil reaksi sebanyak 20-50 μL diinjeksikan pada instrumen MS-MS (*Tandem Mass-Spectrometry*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Difraksi Sinar-X bahan katalis. Dalam preparasi bahan katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ ($x = 0,06 ; 0,5 ; 0,94$) pada temperatur kalsinasi 600°C , diperoleh difraktogram seperti terlihat pada Gambar 1 di bawah ini. Hasil analisis pada difraktogram (a), ternyata diperoleh beberapa fasa kristalin, yakni fasa kristalin $\text{LaCr}_{0,94}\text{Ni}_{0,06}\text{O}_4$, yang puncak difraktogramnya muncul pada 2θ : 26,0166 (54,98%); 27,7502 (100%) dan 30,083 (64,71%).



Gambar 1. Difraktogram bahan katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ {(a). $\text{LaCr}_{0,94}\text{Ni}_{0,06}\text{O}_{3\pm\delta}$, (b) $\text{LaCr}_{0,5}\text{Ni}_{0,5}\text{O}_{3\pm\delta}$, (c). $\text{LaCr}_{0,06}\text{Ni}_{0,94}\text{O}_{3\pm\delta}$ }

Puncak-puncak tersebut bersesuaian dengan puncak representatif dari senyawa LaCrO_4 yang dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya fasa $\text{LaCr}_{0,94}\text{Ni}_{0,06}\text{O}_3$ muncul pada 2θ : 32,3676 (61,16%); 46,5985 (37,44%) dan 57,915 (22,04%). Puncak-puncak tersebut bersesuaian dengan puncak representatif dari senyawa LaCrO_3 yang dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan, fasa kristalin dari NiO , Cr_2O_3 , dan La_2O_3 tidak tampak.

Difraktogram (b), ternyata mengandung fasa kristalin $\text{La}_2\text{CrNiO}_6$ atau $\{\text{LaCr}_{0,5}\text{Ni}_{0,5}\text{O}_3\}_2$, yang puncak difraktogramnya muncul pada 2θ 28,1319 (93,63%); 28,732 (100%) dan 29,3634 (91,81%). Puncak-puncak tersebut bersesuaian dengan puncak representatif dari senyawa La_2CrO_6 yang dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan fasa kristalin LaCrNiO_3 tidak muncul karena hanya terwakili oleh 2 puncak representatif dan intensitasnya rendah, yakni pada 2θ : 32,3805 (4,24%) dan 57,9511 (7,1%). Selanjutnya, difraktogram (c) menunjukkan bahwa fasa kristalin yang terbentuk adalah $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_3$ yang puncak difraktogramnya muncul pada 2θ 23,2442 (8,35%); 32,5252 (100%); 47,007 (22,49%) dan 58,2791 (16,44%). Puncak-puncak tersebut merupakan puncak representatif dari senyawa LaNiO_3 dan senyawa LaCrO_3 yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Standar JCPDF (Bayliss, 1976) sebagai rujukan $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$

No	Fasa Kristalin	2 θ dan Intensitasnya
1.	LaCrO_3 JCPDF: 33-0701	32,434; (65%) 32,568 (100%); 32,653 (90%); 46,684 (70%) dan 46,786; 57,951; 58,228 (60%).
2.	LaCrO_4 JCPDF : 36-0093	25,977 (60%); 27,703 (100%); 30,087 (75%) dan 44,964 (35%).
3.	LaNiO_3 JCPDF : 33-0710	23,082 (70%); 32,776 (100%); 40,432 (80%) dan 46,991; 58,434 (90%).
4.	Cr_2O_3 JCPDF : 38-1479	24,494 (73%); 33,597 (100%); 36,196 (93%) dan 54,82 (87%)
5.	NiO JCPDF : 47-1049	37,249 (60%); 43,287 (100%); 62,854 (30%) dan 62,914 (25%)
6.	La_2O_3 JCPDF: 05-0602	29,959 (100%); 39,525 (58%); 46,082 (63%) dan 52,130 (52%)
7.	La_2CrO_6 JCPDF : 26-0817	28,126 (100%); 28,680 (90%); 29,257(85 %) dan 49, 727; 50,794 (35%).

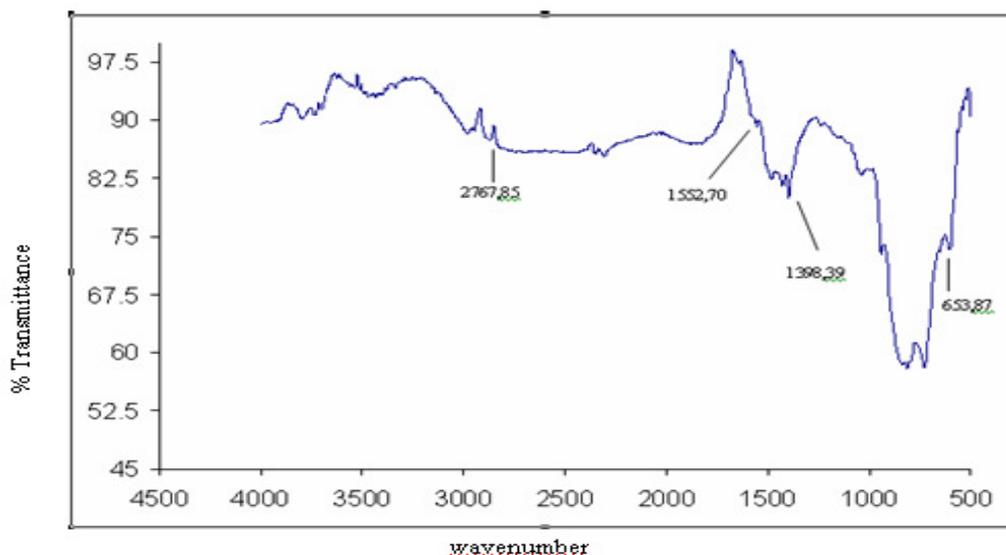
Keasaman bahan katalis secara gravimetri dan spektrofotometri infra merah. Keasaman katalis ditentukan secara kuantitatif dengan metode gravimetri dan situs asam bahan katalis ditentukan secara kualitatif dengan metode spektrofotometri IR. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode gravimetri diperoleh data keasaman bahan katalis seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Keasaman Katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$

No	Katalis	Temperatur kalsinasi	Keasaman (mmol/gram)
1.	$\text{LaCr}_{0,94}\text{Ni}_{0,06}\text{O}_{3\pm\delta}$	600°C	0,295
2.	$\text{LaCr}_{0,5}\text{Ni}_{0,5}\text{O}_{3\pm\delta}$	600°C	6,739
3.	$\text{LaCr}_{0,06}\text{Ni}_{0,94}\text{O}_{3\pm\delta}$	600°C	0,794

Katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ yang dikalsinasi pada temperatur 600°C, ternyata memiliki nilai keasaman tertinggi pada $\text{LaCr}_{0,5}\text{Ni}_{0,5}\text{O}_{3\pm\delta}$ sebesar 6,739 mmol/gram. Fenomena ini dapat dijelaskan bahwa fasa kristalin yang terbentuk pada $\text{LaCr}_{0,5}\text{Ni}_{0,5}\text{O}_{3\pm\delta}$ ($\text{La}_2\text{CrNiO}_6$) mempunyai kesiapan logam (-M-O-M-O-) yang relatif lebih baik dalam mengikat NH_3 .

Kontak situs aktif katalis dengan basa amoniak, NH_3 diamati lebih lanjut dengan spektrofotometer inframerah melalui puncak serapan $-\text{NH}_3$ dan $-\text{NH}_4^+$ yang mengindikasikan adanya masing-masing situs asam Brønsted-Lowry dan Lewis pada permukaan katalis. Situs asam Brønsted-Lowry pada spektra infra merah ditunjukkan pada daerah bilangan gelombang 1350–1500 cm^{-1} dan situs asam Lewis pada daerah bilangan gelombang 1550-1650 cm^{-1} .



Gambar 2. Spektra inframerah katalis $\text{LaCr}_{0,94}\text{Ni}_{0,06}\text{O}_{3\pm\delta}$ dengan setelah mengadsorpsi amonia

Hasil analisis spektra inframerah untuk bahan katalis $\text{LaCr}_{0,94}\text{Ni}_{0,06}\text{O}_{3\pm\delta}$ (Gambar 2) menunjukkan bahwa situs asam Brønsted-Lowry muncul pada bilangan gelombang $1398,9\text{ cm}^{-1}$ dan situs asam Lewis muncul pada bilangan gelombang $1552,70\text{ cm}^{-1}$.

Selanjutnya, bahan katalis $\text{LaCr}_{0,5}\text{Ni}_{0,5}\text{O}_{3\pm\delta}$ memiliki situs asam Brønsted-Lowry muncul pada bilangan gelombang $1483,26\text{ cm}^{-1}$ dan situs asam Lewis muncul pada bilangan gelombang $1610,56\text{ cm}^{-1}$. Sedangkan, spektra inframerah $\text{LaCr}_{0,06}\text{Ni}_{0,94}\text{O}_{3\pm\delta}$ memiliki situs asam Brønsted-Lowry pada bilangan gelombang $1489,05\text{ cm}^{-1}$ dan situs asam Lewis muncul pada bilangan gelombang $1581,63\text{ cm}^{-1}$. Jelas terlihat penambahan Nikel pada struktur $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ meningkatkan keasaman melalui pergeseran bilangan gelombang ke angka yang relatif lebih besar.

Uji porositas dan densitas bahan katalis. Densitas dan porositas merupakan salah satu karakterisasi katalis yang dapat digunakan untuk melihat besar pori dan kerapatan bahan katalis. Pada Tabel 3 ditunjukkan besarnya nilai densitas dan porositas dari katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$.

Tabel 3. Besarnya densitas dan porositas dari katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$

No	Katalis	Temperatur kalsinasi	Densitas (ρ)	Persen Porositas (%P)
1.	$\text{LaCr}_{0,94}\text{Ni}_{0,06}\text{O}_{3\pm\delta}$	600°C	1,384	16,148
2.	$\text{LaCr}_{0,5}\text{Ni}_{0,5}\text{O}_{3\pm\delta}$	600°C	1,045	17,609
3.	$\text{LaCr}_{0,06}\text{Ni}_{0,94}\text{O}_{3\pm\delta}$	600°C	0,970	18,120

Penurunan nilai densitas ini ternyata dipengaruhi oleh meningkatnya kadar Ni dalam bahan katalis. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut: ion nikel masuk dalam struktur LaCrO_3 atau LaCrO_4 sehingga parameter satuan sel a, b dan c yang menunjukkan jarak antara atom relatif bertambah. Selain itu juga fenomena ini dapat diimplikasikan bahwa ion nikel ada dalam struktur utama LaCrO_3 atau LaCrO_4 .

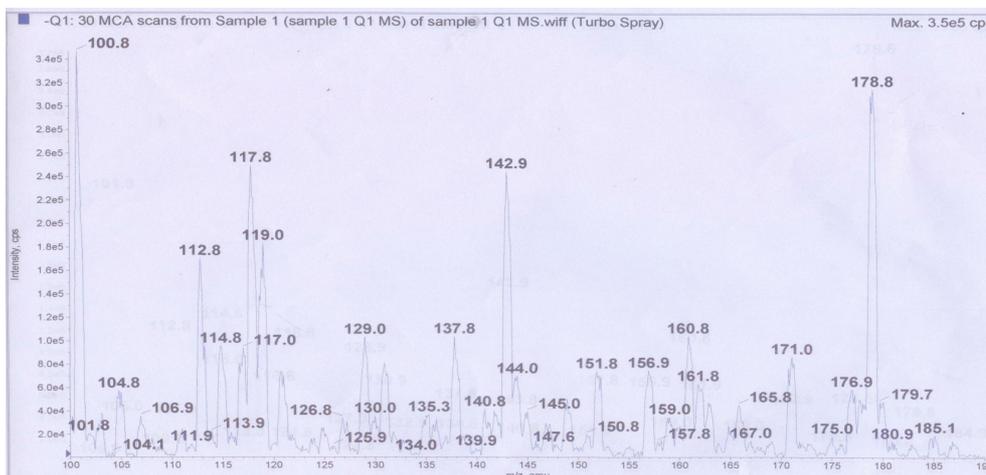
Uji kualitatif katalis pada konversi fruktosa. Pada proses analisis hasil uji konversi fruktosa dengan bahan katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 4 di bawah ini. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan dalam reaksi katalitik fruktosa, mula-mula dilakukan analisis sampel, fruktosa dan mannitol murni dengan instrumen MS-MS. Pola spektra m/z dari fruktosa dan anaknya muncul pada (m/z) menghasilkan pola spektra massa (m/z) pada 178,8

dengan anakan 101; 112,8; 114,8; 117,8; 118,8 dan 142,9 sedangkan pola spektra m/z dari manitol dan anakannya muncul pada (m/z) pada 181,1 dengan anakan 160,9; 162,9; 164,9; 165,9e; 170,9 dan 185,1.

Tabel 4. Nilai BM Hasil Konversi Fruktosa Menjadi Manitol

No	Eksperimen	Ion Molekular (m/z) yang terbentuk	
	Sampel Murni	Fruktosa	Manitol
1.	Fruktosa	178,8 dengan anakan 101; 112,8; 114,8; 117,8; 118,8 dan 142,9	-
2.	Manitol	-	181,1 dengan anakan 160,9; 162,9; 164,9; 165,9; 170,9 dan 185,1
	Reaksi konversi dengan katalis	Ion Molekular (m/z) yang terbentuk	
1.	LaCr _{0,94} Ni _{0,06} O _{3±δ}	178,8 dengan anakan 100,8; 112,8; 114,8; 117,8; 119 dan 142,9	180,9 dengan anakan 160,8; 165,8; 171 dan 185,1
2.	LaCr _{0,5} Ni _{0,5} O _{3±δ}	178,8 dengan anakan 101; 112,8; 114,8; 118; 118,8 dan 142,9	180,8 dengan anakan 160,8; 163 dan 170,9
3.	LaCr _{0,06} Ni _{0,94} O _{3±δ}	178,8 dengan anakan 101,3; 112,8; 114,8; 117,6 dan 142,9	anakan yang muncul adalah 160,8; 163; 170,9; 185

Sedangkan data analisis MS-MS dari reaksi katalitik fruktosa dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Spektra MS-MS hasil reaksi konversi fruktosa dengan katalis LaCr_{0,94}Ni_{0,06}O_{3±δ}

Dengan demikian, berdasarkan anakan m/e yang ditunjukkan dapat dikatakan bahwa bahan katalis LaCr_{1-x}Ni_xO_{3±δ} mampu mengkonversi fruktosa menjadi manitol.

KESIMPULAN

Bahan katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ ($x=0,06; 0,5; \text{ dan } 0,94$) yang dikalsinasi pada 600°C , masing – masing memiliki fasa kristalin $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_4$; $\text{LaCr}_{0,5}\text{Ni}_{0,5}\text{O}_{3\pm\delta}$ (La_2CrO_6) dan $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_3$. Peningkatan kadar nikel di dalam senyawa $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ ternyata meningkatkan keasaman, dan densitas bahan katalis. Selanjutnya, Situs aktif katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ yang dibuat memiliki sifat asam Bronsted–Lowry dan Lewis. Hasil uji kualitatif bahan katalis $\text{LaCr}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}_{3\pm\delta}$ menunjukkan bahwa katalis aktif untuk konversi fruktosa menjadi manitol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Harmoko S.Si, Direktorat Pengawasan dan Pengendalian Mutu Barang, Direktorat Jenderal Perdagangan Luar Negeri di Jakarta atas kesempatan untuk menggunakan alat spektroskopi massa (MS-MS) hingga analisis hasil konversi fruktosa dapat dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Australian Standard. 1989. *Refractories and Refractory Material Physica I Test Methode*: "The Determination of Density, Porosity, and Water Adsorption". 1774. Standard Australian.
- Bayliss, Peter. 1976. *X-Ray Diffraction Powder Data*. Department of Geology, University of Calgary. Canada
- Delbaere Louis T.J., Jennifer Puttick., Claire Vieille., Seung H. Song., Michel N. Fodje., and Pawel Grochulski. 2007. *Crystallization, Preliminary X-ray Diffraction and Structure Analysis of Thermotoga maritima Manitol Dehydrogenase*. Canadian Light Source [102], Activity Report.
- Gangwal, Santosh K., and Velu Subramani. 200?. *Hydrogenation of Glucose to Sorbitol over Nanoparticle Ni/Al₂O₃ Catalysts*.
- Khadom, Anees Abdullah., Muthanna J. Ahmed., and Abdul Amir H. Khadum. 2009. *Optimization Hydrogenation Process of D-glucose to D-sorbitol over Raney Nickel Catalyst*. European Journal of Scientific Research, Vol. 30(2), p. 294 – 304.
- US – Patents : No. 3.586.537 ; No. 4.008.285 ; No. 6.414.201 ; 6.124.443 ; and 3.963.788

PEMBANDINGAN HASIL UJI TETRAZOLIUM (UTZ) DAN UJI DAYA BERKECAMBAH (UDB) PADA BENIH KEDELAI (*GLYCINE MAX L.*) DAN JAGUNG (*ZEA MAYS L.*)
THE COMPARISON OF TETRAZOLIM TEST AND GERMINATION TEST RESULTS ON SOYBEAN (*GLYCINE MAX L.*) AND CORN (*ZEA MAYS L.*) SEEDS.

Eko Pramono
Jurusan Budidaya Pertanian, Fak. Pertanian Universitas Lampung
Jln. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
Email: eko_p@unila.ac.id; HP 08127912428

ABSTRACT

Soybean and corn are two food commodities that will always be developed in the future. Seed viability test to support seeds supply will always be done. In the future, seedmen in Indonesia have to understand that there is a quick test named tetrazolium than can be used to test seed viability as well as germination test. The objective of this experiment was to compare the results of tetrazolium test and germination test on soybean and corn seeds. This experiment was conducted in a complete design with four replicates. Tetrazolium test and germination test methods were used as two treatments in this experiment. Four variables observed were a) germinable seeds that could form normal seedling (GSCNS) in TZ test equivalent to normal seedlings (NS) in germination test, b) germinable seeds that could form abnormal seedling (GSCANS) in TZ test equivalent to abnormal seedlings (ANS) in germination test, c) non germinable seeds (NGS) in TZ test equivalent to dead seeds (DS) in germination test, and d) total viability (TV). The comparison of average value of TZ test and germination test used statistic value of *t*-student in the significant level of 5%. Results showed that the computed *t*-values < the tabular *t*-value. It was a mean that there was no significant different between TZ test results and germination test results either on soybean and on corn seeds respectively.

Keywords: corn, germination, seed, soybean, TZ test.

PENDAHULUAN

Viabilitas benih adalah daya hidup benih yang ditunjukkan oleh gejala metabolisme dan/atau gejala pertumbuhan (Sadjad, 1972; 1989; 1993; Sadjad dkk., 1999). Gejala metabolisme adalah gejala hidup yang ditunjukkan oleh adanya proses metabolisme, yaitu reaksi biokimia di dalam sel-sel hidup dari benih. Gejala pertumbuhan adalah gejala hidup yang ditunjukkan oleh adanya pertumbuhan dari sel-sel hidup dari benih itu.

Salah satu gejala metabolisme dari sel hidup adalah respirasi. Respirasi merupakan proses metabolisme yang melibatkan banyak reaksi dan melibatkan banyak enzim. Salah satu enzim yang terlibat dalam respirasi adalah dehidrogenase. Enzim ini berperan membantu melepaskan ion H⁺ dari suatu senyawa. Contoh, enzim isositrat dehidrogenase melepaskan ion H⁺ dari isositrat dan membentuk 2-oxoglutarat; enzim malat dehidrogenase melepaskan H⁺ dari malat menjadi oksaloasetat. Selanjutnya, ion H⁺ dapat diikat oleh senyawa lain, seperti NAD⁺ menjadi NADH. Adanya ion H⁺ di dalam sel ini menjadi indikator bahwa di dalam sel terdapat enzim dehidrogenase yang masih aktif. Gejala metabolisme sel itu dapat dideteksi dengan larutan garam 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride (TZ). Ion H⁺ bila bertemu dengan garam TZ akan membentuk HCl dan formazan. Senyawa formazan ini, yaitu senyawa tetrazolim tanpa Cl, berwarna merah. Sebaliknya, tetrazolium bila dikenakan pada sel mati tidak membentuk warna merah, karena sel mati tidak mengeluarkan ion H⁺ sehingga HCl maupun formazan tidak akan terbentuk. Jadi, sel-sel embrio benih yang masih viable (hidup) bila direndam dalam larutan TZ akan berwarna

merah, sel-sel embrio benih yang sudah mati tidak membentuk warna merah.

Sejak dikembangkan oleh Lakon pada tahun 1928, saat ini UTZ sudah digunakan di banyak laboratorium benih di beberapa negara untuk menguji viabilitas benih (Copeland dan McDonald, 1985). Di Indonesia, UTZ belum digunakan secara luas karena kemungkinan orang-orang benih di Indonesia belum meyakini apakah hasil UTZ sama dengan hasil uji daya berkecambah (UDB). Pada (UDB) benih dapat langsung melihat kecambah normal dari satu lot benih yang diuji, sehingga sampai sekarang orang-orang benih di Indonesia hanya dapat mempercayai hasil UDB. Benih kedelai, kecuali testanya, merupakan sel-sel hidup yang meliputi poros embrio dan kotiledon, yang bila bereaksi dengan larutan TZ akan membentuk warna merah (AOSA, 1983). Poros embrio terdiri dari bakal akar (radikel), bakal batang (hipokotil), dan bakal daun (plumula) (Gutormson, 1992). Benih kedelai mengandung lemak (15-20%) dan protein (35-40%) (Miller, 1931; Morrison, 1961). Kedelai di Indonesia (23 genotipe) berkandungan lemak 15.01-21.36%, dan protein 33.90-48.01% (Nugraha, 1992). Karena kandungan protein dan lemak yang tinggi tersebut, daya simpan benih kedelai tidak lebih dari 3 bulan (Nugraha, 1992). Pada RH 66%, rata-rata daya simpan benih kedelai mencapai 3.26 bulan (Pramono, 1991). Dalam penanganan benih kedelai, selain upaya meningkatkan daya simpan seperti dengan menambahkan bahan desikan ke dalam kemasan (Pramono, 2000), juga diperlukan pengujian viabilitas yang cepat secara berkala.

Benih jagung terdiri dari endosperm (85%), embrio (10%), dan perikarp (5%) (Wilson, 1981). Perikarp berkembang menjadi lapisan aleuron tipis yang membungkus benih, kira-kira 3% dari bobot benih (Inglett, 1987). Lapisan aleuron ini tersusun atas 10% protein (Mertz 1972). Embrio terdiri dari poros embrio dan skutelum. Poros embrio terdiri dari koleoptil, plumula, radikel, dan koleoriza (Gutormson, 1992). Bila sel-sel pada bagian embrio ini masih hidup, maka akan bereaksi dengan larutan TZ membentuk warna merah (AOSA, 1983) Percobaan ini bertujuan untuk membandingkan hasil uji viabilitas benih dengan uji tetrazolium (UTZ) dengan hasil uji viabilitas benih dengan uji daya berkecambah (UDB) pada benih kedelai dan jagung.

METODE PENELITIAN

Percobaan dilakukan di Laboratorium Benih, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada Desember 2007. Penelitian ini terdiri dari dua percobaan, yaitu percobaan pada benih kedelai dan pada benih jagung. Setiap percobaan menggunakan dua perlakuan, yaitu perlakuan uji tetrazolium (UTZ) dan uji daya berkecambah (UDB). Setiap perlakuan diulang empat kali, dan setiap ulangan menggunakan 25 butir benih. Perbandingan nilai tengah dari UTZ dan UDB menggunakan statistik uji *t-student* pada taraf nyata 5%, yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$t\text{-hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{n_1 S_y^2 + n_2 S_x^2}{n_1 + n_2}}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \quad \text{dengan}$$

$$S_y^2 = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1} \quad \text{dan} \quad S_x^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Jika $t\text{-hitung} \leq t\text{-tabel} (0,05)$ maka nilai tengah dari UTZ tidak berbeda dengan nilai tengah dari UDB.

Uji Tetrazolium (UTZ). Uji tetrazolium dilakukan dalam beberapa tahapan. Pertama, benih (kedelai dan jagung) diimbibisikan dalam kertas merang lembab selama ± 12 jam. Kedua, benih jagung dibelah membujur melalui bagian tengah embrio menggunakan silet, sedangkan benih kedelai tidak dibelah. Separuh bagian benih jagung digunakan untuk percobaan. Ketiga, benih (kedelai dan jagung) masing-masing dimasukkan ke dalam tabung hitam, direndam dengan larutan TZ 0,1%, dan ditutup. Keempat, benih dalam tabung tersebut dimasukkan dalam

inkubator bersuhu 35°C selama 1 jam. Kelima, benih dalam tabung dikeluarkan dari inkubator, dikeluarkan dari tabung, dicuci dengan air bersih, dan diletakkan di cawan petri. Keenam, setiap benih baik jagung dan kedelai diamati bagian-bagian embrionya, dan dievaluasi untuk menetapkan a) benih dapat berkecambah menjadi kecambah normal (BDBKN), b) benih dapat berkecambah menjadi kecambah abnormal (BDBKAN), c) benih tidak dapat berkecambah (BTDB), dan d) viabilitas total (VT = BDBKN + BDBKAN). Benih kedelai dinyatakan sebagai a) BDBKN bila empat komponen embrionya; yaitu radikel, hipokotil, plumula, dan kotiledon berwarna merah, b) BDBKAN bila satu atau lebih dari empat komponen embrionya tidak berwarna merah, dan c) BTDB bila keempat komponen embrionya tidak berwarna merah. Benih jagung dinyatakan sebagai a) BDBKN bila tiga komponen embrionya; yaitu radikel, plumula, dan skutelum berwarna merah, b) BDBKAN bila satu atau lebih dari tiga komponen embrionya tidak berwarna merah, dan c) BTDB bila ketiga komponen embrionya tidak berwarna merah.

Uji Daya Berkecambah. Uji daya berkecambah dilakukan dengan beberapa tahapan. Pertama, lembaran-lembaran kertas merang berukuran 22cm x 33cm dilembabkan dengan merendam dan meniriskannya, untuk digunakan sebagai medium perkecambahan. Kedua, medium perkecambahan disiapkan dengan susunan selebar plastik lalu 3 lembar kertas untuk lapisan bawah dan 2 lembar kertas merang untuk lapisan atas. Ketiga, benih kedelai atau jagung ditanam di atas lembaran kertas lapisan bawah dan ditutup dengan lembaran lapisan atas. Keempat, benih yang ditanam itu lalu digulung di dalam kertas merang mengikuti metode uji kertas digulung (UKD) (Sadjad, 1972) dan diletakkan dalam germinator Tipe IPB 73-2B. Kelima, pengamatan kecambah dilakukan pada 3x24jam (hitungan pertama) dan 5x24jam (hitungan kedua) untuk menevaluasi a) kecambah normal (KN), b) kecambah abnormal (KAN), c) benih mati (BM), dan d) viabilitas total (VT=KN+KAN).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi hasil pengamatan viabilitas benih jagung dengan UTZ dan dengan UDB disajikan pada Tabel 1. Perbandingan nilai tengah dari setiap peubah yang diukur menunjukkan bahwa hasil uji viabilitas benih jagung dengan UTZ dan dengan UDB berbeda tidak nyata. Pengamatan pada UTZ menunjukkan bahwa benih dapat berkecambah menjadi kecambah normal (BDBKN) diperkirakan mencapai 63%, dan pengamatan pada UDB menunjukkan KN sebesar 68%. Dengan nilai t-hitung 0,75, nilai tengah BDBKN dari UTZ (63%) berbeda tidak nyata dengan nilai tengah KN dari UDB. Hal serupa terjadi pada peubah BDBKAN dari UTZ dan KAN dari UDB, BTDB dari UTZ dan BM dari UDB, dan VT.

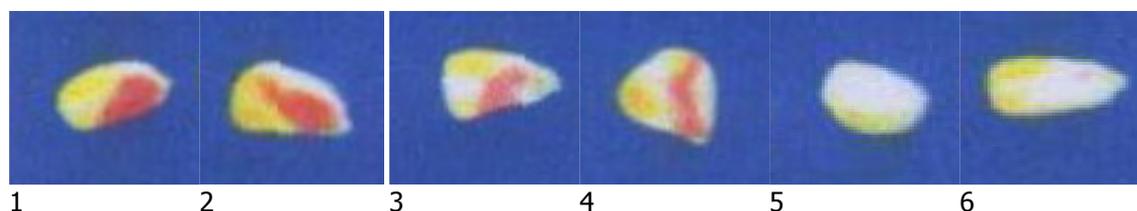
Tabel 1. Viabilitas benih jagung dari hasil uji tetrazolium (UTZ) dan dari uji daya berkecambah (UDB) (dalam satuan %)

ULANGAN	UTZ	UDB	UTZ	UDB	UTZ	UDB	UTZ	UDB
	BDBKN	KN	BDBKAN	KAN	BTDB	BM	VT	VT
1	56	60	24	12	20	28	80	72
2	68	72	12	4	20	24	80	76
3	60	60	12	4	28	36	72	64
4	68	80	20	12	12	8	88	92
Rata-rata	63	68	17	8	20	24	80	76
t-hitung	0,75 ^{tn}		2,06 ^{tn}		0,51 ^{tn}		0,51 ^{tn}	

Keterangan: BDBKN = benih dapat berkecambah menjadi kecambah normal, BDBKAN = benih dapat berkecambah menjadi kecambah abnormal, BTDB = benih tidak dapat berkecambah, KN = kecambah normal, KAN = kecambah abnormal, BM = benih mati, dan VT= viabilitas total, tn = tidak nyata pada taraf 0,05; t-tabel (db=6; □=0,05) = 2,45.

Perkiraan BDBKN dari UTZ (63%) lebih rendah daripada KN dari UDB (68%), dan juga perkiraan BTDB dari UTZ (20%) lebih rendah daripada BM dari UDB (24%). Data di atas menunjukkan bahwa benih-benih yang dinyatakan sebagai BDBKAN dari UTZ ternyata menghasilkan kecambah normal pada UDB, dan ada juga yang ternyata menjadi BM pada UDB. Menurut data pada Table 1 tersebut, benih yang dinyatakan BDBKAN dari UTZ (17%), sebagian (5%) menjadi kecambah normal (KN) pada UDB dan sebagian lagi (4%) menjadi benih mati (BM) pada UDB.

Hasil evaluasi viabilitas benih dengan UTZ yang berbeda, walaupun tidak nyata, dengan hasil evaluasi dengan UDB. Penyebab utama terjadinya perbedaan hasil tersebut adalah adanya pewarnaan yang kurang jelas pada komponen embrio benih jagung (Gambar 1). Beberapa kemungkinan yang membuat pewarnaan tidak jelas adalah a) periode perendaman 1 jam yang diterapkan pada percobaan ini kurang lama, atau b) konsentrasi larutan TZ 0,1% yang diterapkan pada percobaan ini kurang tinggi. Adanya pewarnaan yang tidak jelas ini memungkinkan benih nomor 3 atau 4 (Gambar 1) yang dinyatakan sebagai BDBKAN (pada UTZ) dapat menjadi KN (pada UDB). Penilaian untuk menyatakan benih sebagai BDBKN (benih nomor 1, dan 2) dan BTDB (benih nomor 5, dan 6) pada UTZ sudah sangat jelas (Gambar 1).



Gambar 1. Contoh pewarnaan pada UTZ benih jagung; No.1 dan 2 adalah benih dapat berkecambah menjadi kecambah normal (BDBKN); No. 3 dan 4 adalah benih dapat berkecambah menjadi kecambah abnormal (BDBKAN), dan No. 5 dan 6 adalah benih tidak dapat berkecambah (BTDB).

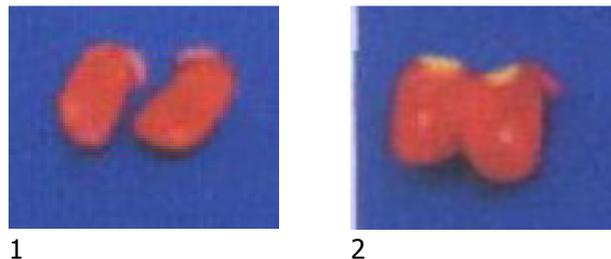
Rekapitulasi hasil pengamatan viabilitas benih kedelai dengan UTZ dan dengan UDB disajikan pada Tabel 2. Perbandingan nilai tengah peubah yang diukur dengan nilai t-hitung menunjukkan bahwa perbedaan antara hasil UTZ dan hasil UDB pada kedelai tidak nyata. Walaupun hasil UTZ dan UDB tidak nyata berbeda, namun perbedaan kecil itu dapat dijelaskan agak berbeda daripada yang terjadi pada penilaian benih jagung. Jumlah BDBKN (57%) dari UTZ lebih besar daripada KN (53%) dari UDB, nilai BDBKAN (14%) dari UTZ lebih besar daripada KAN (10%) dari UDB, dan BTDB dari UTZ (29%) lebih kecil daripada BM dari UDB (37%). Data tersebut menunjukkan bahwa ada benih-benih yang dinyatakan sebagai BDBKN (4%) dari UTZ yang ternyata menjadi KAN pada UDB, dan ada benih yang dinyatakan sebagai BDBKAN pada UTZ (8%) ternyata menjadi BM pada UDB.

Tabel 2. Viabilitas benih kedelai dari hasil uji tetrazolium (UTZ) dan dari uji daya berkecambah UDB (dalam satuan %)

ULANGAN	UTZ	UDB	UTZ	UDB	UTZ	UDB	UTZ	UDB
	BDBKN	KN	BDBKAN	KAN	BTDB	BM	VT	VT
1	68	60	8	4	24	36	76	64
2	64	68	12	8	24	24	76	76
3	56	52	20	12	24	36	76	64
4	40	32	16	16	44	52	56	48
Rata-rata	57	53	14	10	29	37	71	63
t-hitung	0,35 ^{tn}		0,95 ^{tn}		0,91 ^{tn}		0,91 ^{tn}	

Keterangan: BDBKN = benih dapat berkecambah menjadi kecambah normal, BDBKAN = benih dapat berkecambah menjadi kecambah abnormal, BTDB = benih tidak dapat berkecambah, KN = kecambah normal, KAN = kecambah abnormal, BM = benih mati, dan VT= viabilitas total, tn = tidak nyata pada taraf 0,05; t-tabel (db=6; $\alpha=0,05$) = 2,45.

Perbedaan itu dapat disebabkan oleh adanya pewarnaan yang tidak begitu jelas pada benih-benih tertentu seperti ditunjukkan pada (Gambar 2). Benih seperti nomor 1 pada Gambar 2 dinyatakan sebagai BDBKN walaupun ada sedikit warna putih pada bagian hipokotilnya, tetapi mungkin dapat menjadi kecambah abnormal (KAN) pada UDB. Begitu juga benih nomor 2 yang dinyatakan sebagai BDBKAN ternyata menjadi BDTB atau BM pada UDB. Penyebab kesalahan penilaian seperti ini adalah adanya pewarnaan yang kurang jelas. Sebagaimana juga dinyatakan dalam penilaian pada benih jagung di atas, pewarnaan yang kurang jelas tersebut kemungkinan dapat disebabkan oleh a) perendaman 1 jam yang dilakukan masih kurang lama, dan b) konsentrasi larutan tetrazolium 0,1% adalah kurang tinggi. Oleh sebab itu, ke depan percobaan untuk menguraikan tentang pengaruh lama perendaman benih dalam larutan tetrazolium dan konsentrasi tetrazolium terhadap kinerja pewarnaan dari UTZ pada beberapa jenis benih perlu dilakukan, terutama pada benih-benih tanaman penting dari pangan dan hortikultura.



Gambar 2. Contoh pewarnaan embrio benih kedelai pada UTZ yang membingungkan dalam penilaian; No.1 benih dinyatakan dapat berkecambah menjadi kecambah normal (BDBKN); No. 2 benih dinyatakan dapat berkecambah menjadi kecambah abnormal (BDBKAN).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan analisis data dari percobaan ini dapat disimpulkan bahwa hasil uji viabilitas benih kedelai dan benih jagung dengan uji tetrazolim (UTZ) dan dengan uji daya berkecambah (UDB) berbeda tidak nyata pada taraf 5% menurut uji t-student. Dengan demikian, hasil uji tetrazolium benih kedelai dan benih jagung dapat memberikan informasi viabilitas benih kedelai dan jagung yang tidak berbeda dengan viabilitas yang diberikan oleh uji daya berkecambah. Informasi tentang a) benih yang dapat berkecambah membentuk kecambah normal (BDBKN) dari UTZ setara dengan daya berkecambah (KN) dari UDB; b) benih yang dapat berkecambah membentuk kecambah abnormal (BDBKAN) dari UTZ setara dengan KAN dari UDB; c) benih tidak dapat berkecambah (BTDB) dari UTZ setara dengan benih mati (BM) dari UDB. Sebagai saran adalah lama inkubasi dan konsentrasi TZ perlu diteliti lebih lanjut, agar masalah ketidakjelasan pewarnaan dan kesalahan penilaian pada UTZ dapat dihilangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- AOSA. 1983. Seed Vigor Testing Handbook. No. 32. Association of Seed Analysts, USA.
- Copeland, L. O., and M. B. McDonald. 1985. *Principles of Seed Science and Technology*. Macmillan Publ. Co. New York. 322p.
- Gutormson, T.J. 1992. University Extension. Seed testing laboratory seed science centre. Iowa State University of Science and Technology.
- Inglett, G. E. 1987. Kernel, Structure, Composition and Quality. Ed. Corn: Culture. Processing and Products. Avi Publishing Company, Westport.
- Merts. 1972. Recent improvement in corn protein. In: G.E. Inglett. (Ed.). Symposium Seed Protein. The AVI Publ. Co. Inc. New York.
- Miller, E.C. 1931. Plant Physiology. McGraw-Hill Book Co. New York. 578 pp.
- Morrison, F.B. 1961. Feed and Feeding. Morrison Pub. Co. Ithaca. New York. pp. 661-640.
- Nugraha, U. S. 1992. Perbaikan Jalinan Arus Benih Antar Lapang untuk Menunjang Industri Benih Kedelai. Reflektor 5(1-2):12-21.
- Pramono, E. 1991. Penggunaan nilai delta dan nilai rasioviabilitas untuk menduga daya konservasi pratanam benih kedelai (*Glycine max* [L.] Merr.). Pesis Magister. Fakultas Pascasarjana IPB. Bogor. 103 hlm. Tidak dipublikasikan.
- Pramono, E. 2000. Efektivitas desikan arang kayu dalam mempertahankan vigor daya simpan benih kedelai (*Glycine max* [L.] Merr.). *Pros. Sem. Hasil-hasil Penelitian Dosen Univ. Lampung*. Bandar Lampung. Hlm. 85-94.
- Sadjad, S. 1972. Kertas merang untuk uji viabilitas benih di Indonesia. Disertasi. Fakultas Pascasarjana IPB. Bogor. 289 hlm. Tidak dipublikasikan.
- Sadjad, S. 1989. Konsepsi Steinbauer-Sadjad sebagai landasan matematika benih di Indonesia. Orasi Ilmiah. Institut Pertanian Bogor. 42 Hlm.
- Sadjad, S. 1993. *Dari Benih Kepada Benih*. PT Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta. 144 hlm.
- Sadjad, S., E. Murniati, S. Ilyas. 1999. *Parameter Pengujian Vigor Benih; dari Komparasi ke Simulasi*. PT Grasindo bekerjasama dengan PT Sang Hyang Seri. Jakarta. 185 Hlm.
- Wilson, C.M. 1981. Variations in soluble endosperm proteins of corn (*Zea mays* L.) in breeds as detected by disc gel electrophoresis. *Cereal Chem.* 58(5):401-408.