



PROCEEDINGS

SEMINAR NASIONAL
ENERGI TERBARUKAN DAN
PRODUKSI BERSIH 2012



SENTER PROBE 2012

*Hotel Marcopolo
Bandar Lampung, 20 Juli 2012*

Diselenggarakan oleh:

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung



ISSN 0016087403

SUSUNAN PANITIA

Penanggung Jawab	: Harmen Burhanuddin, ST, MT	
Ketua	: Dr. Eng. Shirley Savetlana, M.Met	
Wakil Ketua	: Ir. Herry Wardono, MSc	
Sekretaris	: A. Yudi Eka Risano, ST, MSc	
Bendahara	: Ir. Arinal Hamni, MT	
Sie Pendanaan dan Sponsorship	: Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, MT Ahmad Yahya Teguh Panuju, ST, MT Drs. Sugiyanto, M.T. Mei Hartanto Agus Rantaujaya Dwi Andri Wibowo	[koor]
Sie Sekretariat dan Humas	: Dyan S, ST, MT Jorfri B. Sinaga, ST, MT Tarkono, S.T., M.T. Yusi Adiansyah Chikal Noviansyah	[koor]
Sie Acara dan Moderator	: Dr. Asnawi Lubis, MSc Dr. Gusri Akhiyar Dr. Yanuar Burhanuddin Dr. M. Badaruddin Lingga Aditya Rabiah Suryaningsih	[koor]
Seksi Perlengkapan	: Zulhanif, ST, MT Harnowo Supriadi, ST, MT Agus Sugiri, ST, MT Dadang Hidayat Nanang Trimono Tri Wibowo M.Todaro Galih Koritawa Purnomo Dwi Novriadi Agus Rantaujaya Rahmat Ramadhan	[koor]

Seksi Publikasi & Dokumentasi : Ahmad Suudi, ST, MT [koor]
Martinus, M.Sc.
Nafrizal, S.T., M.T.
Adi Nuryansyah
Rizal Ahmad Fadlil
Cecep Tarmansyah

Seksi Konsumsi : Novri Tanti, ST, MT [koor]
Anita Dewi
Anisa Rahman
Yayang Rusdiana
Bebi

KATA PENGANTAR

Selamat datang di Seminar Nasional Energi Terbarukan dan Produksi Bersih (SENTER PROBE 2012). Kami sangat senang sekali mendapatkan kehormatan sebagai tuan rumah dalam seminar ini. Seminar ini bertujuan menyatukan para akademisi, peneliti, dan praktisi untuk saling bertukar informasi dan membagi pengalaman-pengalaman, ide-ide, dan hasil penelitian mereka. Seminar ini diharapkan juga dapat memberi masukan bagi berbagai pihak terutama dalam bidang energi terbarukan dan produksi bersih. Dalam seminar ini juga diharapkan dapat menyemangati dan membangun kerjasama antara pihak akademik, peneliti, dan industri.

Panitia telah menyeleksi 102 makalah untuk dipresentasikan dari seluruh wilayah Indonesia. Tiga orang keynote speaker juga akan menyampaikan kuliah umum mengenai energi terbarukan dan produksi bersih yang akan memberikan atmosfer akademik yang baik dalam seminar ini.

Kami yakin dengan dukungan dari semua pihak, seminar ini berpotensi sebagai forum utama dalam kerjasama antara peneliti, akademisi, dan industri serta dapat memberikan masukan dalam masalah-masalah krisis energi dan produksi bersih di Indonesia. Kami berharap Bapak-bapak dan Ibu-ibu akan mengalami waktu yang menyenangkan selama berkunjung di Lampung ini. Kurang lebihnya jika ada yang yang tidak berkenan atas penyelenggaraan kami, kami dari panitia SENTER PROBE 2012 memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Terima Kasih,

Salam Kami,

Dr.Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met.

DAFTAR ISI

Susunan Panitia
Kata Pengantar
Daftar Isi

A. Keynote Speech

Produksi Bersih untuk Meningkatkan Efisiensi dan Mencegah Pencemaran

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA 1

B. Pemakalah

Pengaruh Perlakuan *Spheroidized Anneal* 810°C dan *Quench Temper* 600°C Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Perkakas Tuang Untuk Aplikasi Otomotif

Abdul Aziz 4

Optimalisasi Produksi Enzim Selulase oleh *Aspergillus niger* pada Limbah Berlignoselulosa

Adam 12

Kaji Prospek Pemanfaatan Turbin Angin Kecepatan Rendah untuk Pembangkit Energi Listrik di Desa Langi Kepulauan Simeulue

Anan Niazi 15

Optimasi Desain Alat Pengering Ikan Air Tawar dengan Kapasitas 20 kg Memanfaatkan Energi Surya

Anhar Khalid 19

Pengaruh Kualitas Briket Penyala dan Pasokan Udara terhadap Waktu Tahan Temperatur Tinggi pada Pembakaran Briket

Anton Irawan 24

Kajian Awal Pengolahan Sekam Padi sebagai Bahan Bakar untuk Ketahanan Energi Nasional melalui Proses Torefaksi

Anton Irawan 29

Optimasi Desain Pembangkit Listrik Tenaga Air Mikrohidro dengan Daya Nominal 12 kW dengan Memanfaatkan Arus Sungai Selatan, Propinsi Kalimantan Selatan

Budi Hartadi 33

Mechanical Design of Pressure Vessel for Three Phase Separator Using PV Elite Software

Cokorda Prapti Mahandari 37

Karakteristik Perpindahan Panas Peleburan Parafin-Al₂O₃ Sebagai Material Penyimpan Panas

Dailami 42

Analisa Proses Perlakuan Panas terhadap Kekerasan dan Mikrostruktur Bush 25 OEM & 25SH OEM

Frendy Lumban Batu 47

Kajian Potensi Penggunaan Lumpur Lapindo sebagai Perekat Briket Arang Kayu sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan

Gabriela Amanda Gita Aristia 50

Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan Angin dengan Kapasitas 350 W untuk Rumah Tangga

Idzani Muttaqin 54

Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian Purwarupa Turbin Aliran Aksial Untuk Pembangkit Energi Listrik Mikro Hidro Head Rendah di Aceh

Irwansyah 61

Increasing Life-Time and Maintainability of Chain at Two Wheeled Vehicle with Using Chain Tighter

Isman Harianda 66

Pengaruh Temperatur Tuang serta Ukuran Ayakan Pasir terhadap Cacat Porositas dan *Blowhole* Coran Al-Si₇ yang Dicor dengan Metode *Evaporative*

Ivan Junaidy 71

Studi Pemanfaatan Kulit Buah Naga Sebagai Materi Sel Surya Dengan Metode *Dye Sensitized Solar Cell*

Jennis Fitria 74

Mendukung Penyediaan Energi dengan Pemanfaatan Sumber-Sumber Terbarukan untuk Mendukung Pembangunan di Sulawesi Tenggara

Ridway Balaka 78

Perancangan Mesin Conveyer Belt Berbasis PLC

Sulis Yulianto 85

The Constraint Of Introduction Of Nuclear Power Plant In Indonesia

Tjipta Suhaemi 90

Evaluasi Resiko *Overpressure* Ketel Uap pada Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Pabrik Gula Kebon Agung, Malang, Jawa Timur

Wahyunanto Agung Nugroho 94

Penerapan Briket Kokas Lokal Hasil Penelitian Guna Bahan Bakar Dalam Proses Pengecoran Logam

Dwi Aries Himawanto 100

Perbandingan Perjalanan Menggunakan Sepeda Motor dan *Park & Ride* untuk Sistem Transportasi Pedesaan Jawa Timur

Ibnu Hisyam 106

Pengolahan Limbah Cair Industri Gula dengan Menggunakan Bioreaktor Anaerob Membran

Rahmayetty 110

Pengaruh Ukuran dan Jarak Nozel terhadap Perubahan Putaran Turbin Pelton

Rr. Sri Poernomo Sari 114

Benefit Cost Analsis of Using Landfill Gas for Bus (Case Study of Pancoran Mas Landfill, Depok)

Farizal 119

Pengaruh Sudut Belokan *T-Junction* terhadap Efisiensi Pemisahan *Kerosene-Water* dengan Diameter Sama

Kemas Ridhuan 123

Percepatan Penerapan Teknologi Biogas Berbahan Kotoran Hewan Untuk Meningkatkan Pertumbuhan UMKM Di Kabupaten Pamekasan	
Hozairi	127
The Effect of Harvesting Period and Volume of <i>Tetraselmis Chuii</i> to Absorb CO₂ in Bubble Photobioreactor	
Aprilla Ayu Ramasari	133
Synthesis Bioplastic from <i>Gracilaria coronopifolia</i> Seaweed as Edible Film	
Asih Isnaini	137
Synthesis Bioplastic From <i>Gracilaria Coronopifolia</i> Seaweed And Gelatine As <i>Edible Film</i>	
Meylina	142
Influence Washing Biodiesel With Spray Washing Method To Biodiesel Quality From Refined Palm Oil (RPO)	
Jemmy Ignatius	150
Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi Pada <i>Pretreatment</i> Minyak Goreng Bekas Dalam Menghasilkan Biodiesel	
Riska Aprilliani	155
Pemanfaatan Bentonit Alam Teraktivasi Pada <i>Pretreatment</i> Minyak Goreng Bekas Sebagai Bahan Baku Biodiesel	
Dian Wulan Sari	159
Decomposition Anaerobic of Mixed Waste Liquid Industry Using Reactor UASB Series	
Vincentia Harlistriani	163
Nonlinear Finite Element Analysis of Pressurized LPG Toroidal Tank with Non-Radial Nozzle	
Asnawi Lubis	170
Pemotongan Plat Baja Semiotomatis dengan Oksi-Asetilen pada Ketebalan Plat 2,4,6,8 dan 10 mm	
M. Yunus	175
Transesterification Refined Palm Oil (RPO) to Biodiesel with Continuous Microwave Biodiesel Reactor (CMBR)	
Syamsidar	182

Influences of Thickness and Concentration of Sulphur Powder on Surface Briquette Made Of Woody Biomass To Ignition Behavior

Nia Kurniati 185

Pemanfaatan Serbuk Besi Dari Sisa Hasil Proses Permesinan Untuk Meningkatkan Sifat Mekanik Pada Aluminium Yang Dicor Ulang (*Al Remelting*)

Zulhanif 188

Rancang Bangun *Secondary Cabin Roof* Untuk Membantu Meringankan Kerja AC Mobil

Ahmad Su'udi 192

Penentuan Waktu Optimal Penyerapan Gas CO₂ Pada Berbagai Konsentrasi Dan Salinitas Menggunakan *Nannochloropsis Oculata* Dalam Fotobioreaktor

Subiyantoro 197

Anaerobic Digestion of Mix Industrial Waste Water Using Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactor in Series with Variation of COD

Kurniadi 201

The Comparison of Furfural Yield in Hydrolysis Reaction Used Various Catalyst

Suharto 206

Pengaruh Konsentrasi CO₂ Input dan Salinitas Media Kultur terhadap Penyerapan CO₂ pada Mikroalga *Nannochloropsis oculata*

Widya Wahyuningsih 211

Pengaruh Ketebalan Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Aliran Silang (*Cross Flow*) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh)

Agus Sugiri 215

Aplikasi Arang Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Udara Pembakaran Untuk Meningkatkan Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah

Herry Wardono 221

Determination of Optimum Number of Microalgae Biomass *Nannochloropsis oculata* with a Variation of CO₂ Concentration and Type Photobioreactor

Indri Febrian Esa Tika 225

Drying Curcuma (<i>Curcuma domestica</i>) using Vacuum Dryer	
Doni Purnama	229
Study of Effects of Biomass' Composition to Quality of Bio-oil from Pyrolysis	
Alfian Yuandika Putra	233
Review The Effects of Temperature, Particle Size, and Heating Rate on Pyrolysis of Durian Skin to Yield Bio-oil	
Astri Ayu Cahyani	236
Perancangan Tungku Pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Untuk Kapasitas Daya 160 Kw	
Imron Rosyadi	240
Studi Awal Kelayakan Ekonomi Pabrik Torefaksi Sampah Perkotaan menjadi Bahan Bakar Padat Setara Batubara Skala Pilot Berkapasitas 25 Ton per Jam	
Amrul	245
Effect of Cassava Powder Filler to Physical and Mechanical Properties of Bioplastic Based on The Sorgum Starch	
Yuli Darni	251
Produktivitas Etanol dari Molases dengan Proses Fermentasi pada Kondisi Penambahan Aliran Udara atau Gas Nitrogen	
Aji Alriandi	257
Studi Aplikasi <i>Bio-dryer</i> untuk Meningkatkan Produktivitas, Kualitas dan Pendapatan Petani Onggok	
Indra Mamad Gandidi	264
Umur Pahat dan Kekasaran Permukaan Sewaktu Pemesinan Ti-6%Al-4%V ELI pada Kecepatan Tinggi	
Gusri Akhyar Ibrahim	271
Keausan Excessive Roda Rel Kereta Api Babaranjang Jalur Tajungenim ke Tarahan	
I Made Parwata	277
Kajian Eksperimental Pengaruh Berat Dan Bentuk Katup Buang Terhadap Unjuk Kerja Model Pompa Tanpa Motor (<i>Hydraulic Ram Pump</i>)	
Tumpal Ojahan R	282

Investigasi Reduksi *Particulate Matter* Emisi Gas Buang Motor Diesel dengan Metode Penerapan Spray Air Laut

Agung Sudrajad 288

Manufaktur Ramah Lingkungan: Suatu Tinjauan Pemesinan Paduan Magnesium Menggunakan Termografi

Yanuar Burhanuddin 293

Kaji Eksperimen untuk Distribusi Tegangan Geser Lapisan Adesif pada Sambungan Pipa Komposit

Jamiatul Akmal 299

Pemanfaatan Serabut Kelapa sebagai Reinforcement pada Pembuatan Rem Komposit

Agus Triono 304

Mechanical Properties of Coconut Shell Particles Reinforced Polyester Composite

Shirley Savetlana 309

Kaji Eksperimen untuk Distribusi Tegangan Geser Lapisan Adesif pada Sambungan Pipa Komposit

Jamiatul Akmal¹, IGN Wiratmaja Puj², Rochim Suratman², I Wayan Suweca²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung, kandidat doktor pada FTMD ITB

²Staf pengajar pada FTMD ITB
Jl. Ganesha 10 Bandung

¹E-mail: jamiatulakmal@yahoo.com, jamiatulakmal@gmail.com,

Abstract

Adhesive joint is commonly used in composite pipe connection. The problem is still frequent failure, failures usually starts from the edges and propagate to the center. This is due to uneven stress distribution and stress concentration at the edge of the connection. To further believe that, in this study carried out experimental studies to measure the stress. Measuring instrument consists of strain gauge and data acquisition system. Strain gauge mounted in the direction of principal stress in the eight-point testing. Of the five specimens measured showed the same trend when compared with the theoretical analysis. Nevertheless there are differences in the measurement of the theoretical results, especially for the specimen-2 with an error of 17% and for specimen-5 with an error of 20%.

Keywords: Composite pipe, adhesive joint, torque, experimental study, strain gauge,

Pendahuluan

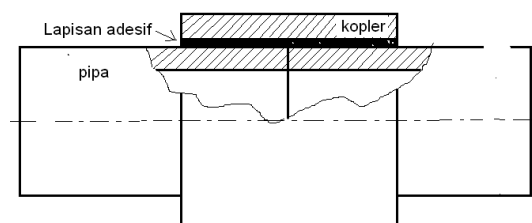
Bahan komposit seperti resin termoset yang diperkuat dengan serat *fiberglass* telah digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam sistem perpipaan. Hal ini adalah sebagai respon apabila penggunaan pipa baja akan menimbulkan korosi yang sulit dikendalikan. Saat ini pipa komposit telah dipakai dalam berbagai bidang seperti dalam industri kimia, industri pulp dan kertas, industri minyak/gas lepas pantai dan aplikasi lainnya (G.P. Zou dan F. Taheri, 2006).

Selain anti korosi, pipa komposit lebih ringan dan bisa lebih kuat jika arah serat dirancang optimal sesuai dengan orientasi tegangan prinsipal. Sebagai contoh, untuk pipa yang terbuat dari epoxy dan serat gelas dengan kandungan serat sekitar 60%, memiliki kekuatan longitudinal sebesar 1020 MPa, suatu angka yang lebih tinggi (268%) dari kekuatan baja, misalnya baja 1021, yang hanya 380 MPa. Pipa komposit ini memiliki densitas 2,1 gr/cm³, hanya sekitar 31% dari densitas baja 7,8 gr/cm³ (W.D. Callister, 1999)

Hanya saja masih ada beberapa kelemahan yang ada pada pipa komposit, salah satunya yang menjadi perhatian pada makalah ini adalah metode penyambungannya yang belum bisa diandalkan (G.P. Zou dan F. Taheri, 2006).

Salah satu jenis sambungan yang biasa dipakai untuk pipa komposit adalah sambungan adesif.

Dengan sambungan adesif, proses pemasangan pipa akan menjadi lebih fleksibel dan *customize* jika dibandingkan dengan sambungan jenis lain (seperti *screw joint* dan *key-lock join*). Sambungan adesif terdiri dari dua pipa *overlapping* yang disatukan oleh zat perekat yang disebut lapisan adesif seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Sambungan adesif pada pipa

Pada studi eksperimen yang dilakukan oleh J. A. Peck, dkk. (2007) terlihat bahwa kegagalan pipa terjadi di sekitar zat perekat dan dimulai dari bagian pinggir sambungan dan terus merambat ke bagian tengah, seperti yang terlihat pada Gambar 2. Fenomena ini mendorong para peneliti mengembangkan hipotesa bahwa zat perekat, untuk selanjutnya disebut lapisan adesif, dianggap bagian terlemah dari sambungan. Hipotesa ini juga didasarkan pada kenyataan bahwa lapisan adesif biasanya terbuat dari resin tanpa serat sehingga lebih lunak dan lemah jika dibandingkan dengan material pipa (Zou, G.P. dkk. 2006)



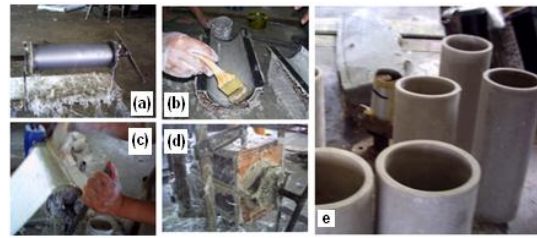
Gambar 2 Kegagalan sambungan dimulai dari bagian pinggir dan terus merambat ke bagian tengah (Peck J. A. dkk. (2007))

Diantara para peneliti pun memfokuskan kajian terhadap lapisan adesif, misalnya Yang, C. dkk. (2002) dan Cheng, J. dkk. (2007) mengamati distribusi tegangannya jika sambungan mendapat beban lentur. Terungkap suatu permasalahan bahwa adanya konsentrasi tegangan yang tinggi pada bagian pinggir sambungan. Demikian juga halnya jika sambungan mendapat beban aksial, sebagaimana yang dilakukan oleh Griffin, S.A. dkk. (1991), Yang, C. (2000), Cheng, J. dkk. (2006) dan Lees, J. M. (2006). Untuk sambungan yang mendapat beban torsi, penelitian dilakukan oleh Chen, D. dkk. (1991), Zou, G.P. dkk. (2006), Cheng, J. dkk. (2008) dan Ouyang, Z. (2009), yang juga menunjukkan permasalahan yang sama. Untuk meyakini dan memvalidasi teori-teori yang telah disampaikan oleh peneliti sebelumnya, pada makalah ini disampaikan hasil studi secara eksperimental..

Pelaksanaan Eksperimental

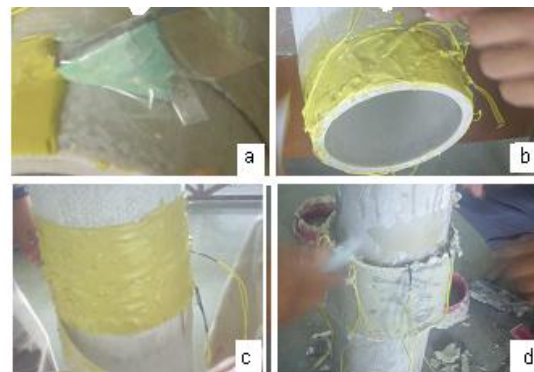
Kaji eksperimental dimulai dari persiapan dan pembuatan spesimen. Spesimen pipa komposit dibuat secara manual dari bahan resin *polyester* yang diperkuat dengan anyaman serat *fiberglass*. Peralatan utama yang dipakai sebagai cetakan adalah sebuah silinder sebagai *mandral*, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3(a) dan cetakan luar berupa permukaan dalam dari sebuah silinder yang lebih besar seperti yang ditampilkan pada Gambar 3(b). Anyaman serat dipasang melingkar pada *mandral* sambil dibasahi dengan resin seperti yang ditampilkan pada Gambar 3(c). Setelah mendapatkan ketebalan yang diinginkan, cetakan luar dipasang dan ditekan seperti yang terlihat pada Gambar 3(d).

Anyaman serat yang disebut *woven* tersusun saling tegak lurus dengan posisi sudut $90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$. Anyaman *woven* dipotong sedemikian rupa, sehingga serat yang terpasang pada pipa juga memiliki arah $90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$ dari sumbu pipa. Gambar 5(e) memperlihatkan hasil produksi spesimen pipa komposit.



Gambar 3 Proses pembuatan specimen pipa

Selanjutnya dilakukan proses penyambungan spesimen. *Strain gauge* dipasang terintegrasi dengan lapisan adesif yang berbentuk pasta, dengan bantuan mal pengarah sudut, seperti yang terlihat pada Gambar 4(a). Selanjutnya pasta adesif diratakan dengan bantuan mal pengatur ketebalan untuk mendapatkan ketebalan 1.4 mm, seperti terlihat pada Gambar 4(b). Gambar 4(c) dan Gambar 4(d) menunjukkan proses penyambungan selanjutnya.

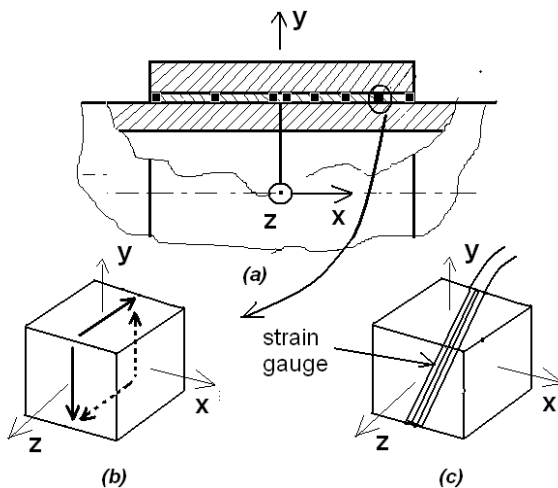


Gambar 4 Proses penyambungan specimen

Alat ukur dan metode pengukuran.

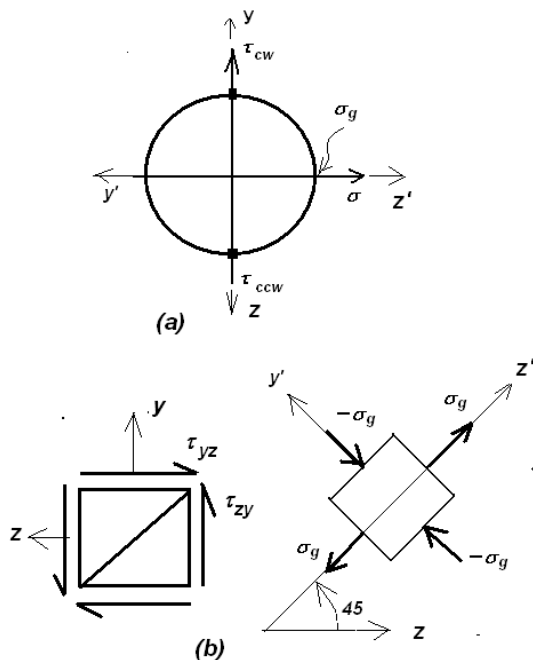
Alat ukur dibutuhkan untuk mengukur distribusi tegangan geser tangensial pada lapisan adesif. Sensor yang digunakan adalah *straingauge* dengan ukuran panjang 2 mm. Agar sensor ini bekerja dengan optimal, penempatannya harus searah dengan tegangan principal yang terjadi.

Untuk spesimen yang mendapat beban puntir seperti yang terlihat pada Gambar 5(a), tegangan geser yang terjadi adalah seperti yang terlihat pada Gambar 5(b). Gambar 5(c) memperlihatkan posisi *straingauge* yang dipasang miring 45° pada diagonal bidang *yz*.



Gambar 5 (a) Posisi pemasangan alat ukur di sepanjang lapisan adesif.
 (b) Keadaan tegangan pada lapisan adesif
 (c) Posisi pemasangan *strain gauge*

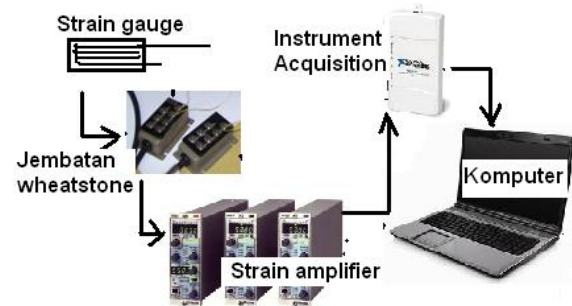
Dengan bantuan diagram lingkaran Mohr yang terlihat pada Gambar 6(a) dapat diketahui bahwa tegangan principal terjadi searah sumbu- z' , sebagai mana yang terlihat pada Gambar 6(b). Berdasarkan diagram lingkaran Mohr juga diketahui bahwa besarnya tegangan principal yang terukur (σ_g) sama dengan tegangan geser tangensial τ_{xy} .



Gambar 6 (a) Diagram Lingkaran Mohr
 (b) Tegangan principal pada posisi 45°

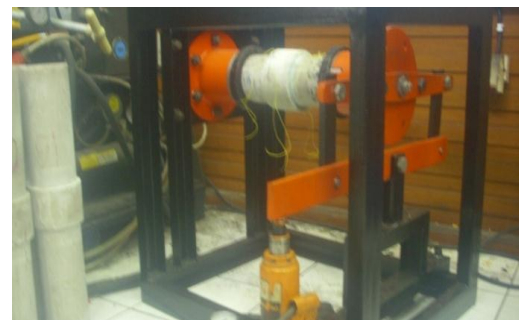
Tegangan diketahui berdasarkan regangan yang dibaca dengan *strain-gauge*. Untuk mengetahui

regangan yang terjadi, sensor dilengkapi dengan alat-alat: jembatan *wheatstone*, *strain amplifier*, alat akuisisi data dan komputer. Alat-alat tersebut dipasang dengan skema seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Peralatan akuisisi data

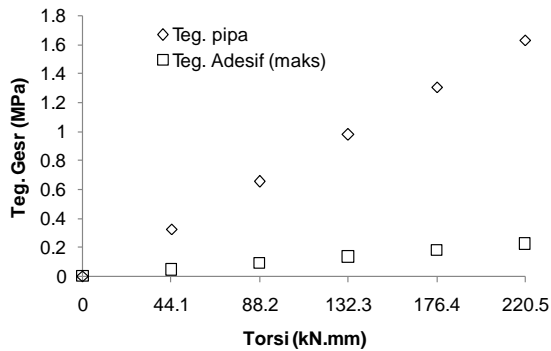
Pengujian dilakukan dengan memberikan momen puntir secara bertahap sampai maksimum 220.5 kN.mm. Gambar 8 memperlihatkan peralatan pengujian, dimana torsi diberikan melalui sebuah tuas yang didorong oleh dongkrak hidrolik pada salah satu ujungnya.



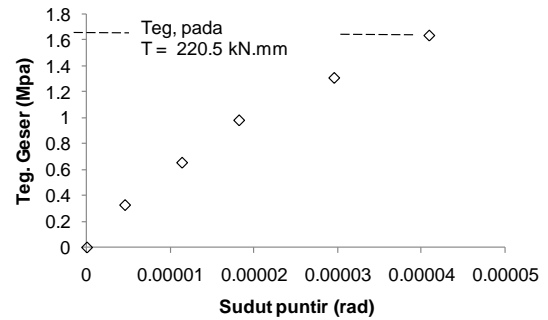
Gambar 8 Alat uji puntir untuk sambungan pipa komposit

Untuk menampilkan distribusi tegangan, baik secara teoritik maupun secara numerik, perlu diketahui nilai elastisitas adesif dan elastisitas pipa yang harus dihitung pada kondisi pembebanan yang sama. Gambar 9 memperlihatkan perbandingan tegangan yang terjadi pada adesif dan pipa. Tegangan pada adesif dihitung dengan Persamaan sebagaimana yang disampaikan oleh (Z. Ouyang & G. Li, 2009), sedangkan tegangan pada pipa dihitung dengan Persamaan (1), dimana τ = tegangan geser pada pipa, T adalah besarnya torsi yang diberikan, r adalah jari-jari permukaan pipa dan J adalah momen inersia polar pipa.

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J} \quad (1)$$



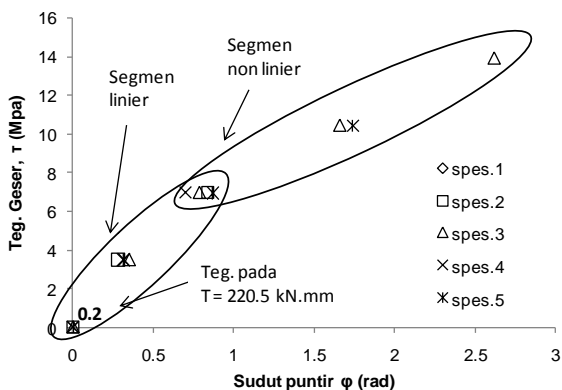
Gambar 9 Perbandingan tegangan adesif dan tegangan pipa



Gambar 11 Kurva tegangan-regangan material pipa

Sebagai contoh kasus, untuk pembebanan torsi $T=220.5$ kN.mm, tegangan geser yang terjadi pada adesif hanya sekitar 0.22 MPa, sedangkan tegangan geser pada pipa adalah sekitar 1.63 MPa. Berdasarkan hasil pengujian puntir terhadap material adesif, tegangan 0.22 MPa tersebut dapat dianggap berada di garis linier pada kurva tegangan-regangan yang diperoleh, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 10. Pada kondisi ini nilai elastisitas adesif, $G_a \approx 300$ MPa. Berbeda dengan material adesif, tegangan sebesar 1.63 MPa dianggap berada di garis non linier pada kurva tegangan regangan, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 11. Pada kondisi ini nilai elastisitas pipa, $E_p = 8735$ MPa. Kedua nilai elastisitas tersebut dihitung dengan persamaan (2)

$$G = \frac{T \cdot L}{J \cdot \phi} \quad (2)$$



Gambar 10 Kurva tegangan-regangan material adesif

Gambar 12 memperlihatkan proses pengujian puntir terhadap material adesif dan Gambar 13 memperlihatkan spesimen yang telah diuji sampai mengalami kegagalan. Dari pengujian ini dapat diketahui nilai torsi (T) yang diberikan dan simpangan sudut (ϕ) yang terjadi.



Gambar 12 Pengujian torsi untuk material adesif



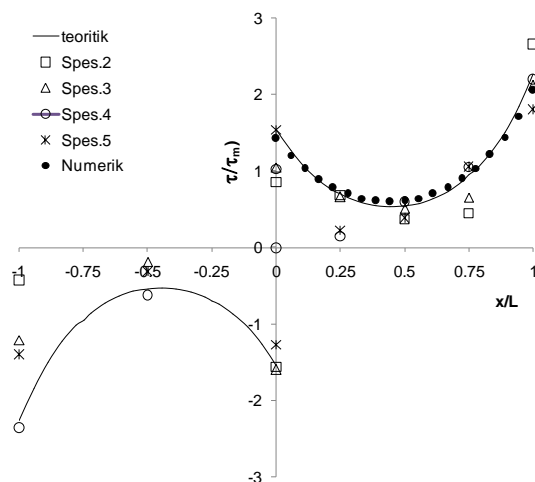
Gambar 13 Spesimen material adesif

Pada pengujian pipa, torsi (T) diukur melalui gaya yang diberikan di ujung tuas dan simpangan sudut (ϕ) diukur melalui pergeseran dua cincin yang di pasang *dial-gauge*, sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 14



Gambar 14 Pengujian torsi terhadap pipa

Distribusi tegangan yang terjadi disepanjang lapisan adesif adalah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 15. Tegangan yang terjadi dinormalisasi dengan tegangan rata-rata. Terlihat bahwa distribusi tegangan secara eksperimen memiliki kecenderungan yang sama dengan teoritik (Z. Ouyang & G. Li, 2009) dan numerik (J. Akmal, dkk, 2011).



Gambar 15 Distribusi tegangan geser disepanjang lapisan adesif: perbandingan eksperimen dengan teoritik (Z. Ouyang & G. Li, 2009), dan numerik (J. Akmal, dkk.,2011)

Meskipun demikian terdapat perbedaan-perbedaan dalam pembacaan hasil pengukuran. Khusus di bagian pinggir sambungan, pada posisi $x/L = 1$, perbedaan yang besar terjadi untuk spesimen 2 dengan nilai 17 % dan spesimen 5 dengan nilai 20%.

Kesimpulan

1. Studi eksperimen yang dilakukan telah memperkuat hipotesa bahwa distribusi tegangan pada lapisan adesif tidak merata, tetapi terkonsentrasi di pinggir sambungan.
2. Distribusi tegangan secara eksperimental memiliki kecenderungan yang sama dengan analisa teoritis dan numerik, meski

terdapat kesalahan pembacaan pada beberapa spesimen.

DAFTAR PUSTAKA

1. G.P. Zou dan F. Taheri, Stress analysis of adhesively bonded sandwich pipe joints subjected to torsional loading, *International Journal of Solids and Structures*, 43, 5953–5968, 2006.
2. W. D. Callister, *Material Science and Engineering*, 5th edition, John Willey & Sons. Inc., 1999
3. S.A. Griffin, S.S. Pang, & C. Yang. (1991), Strength Model of Adhesive Bonded Composite Pipe Joint under Tension, *Polymer Engineering And Science, Mid-April 1991, Vol. 31, No. 7*
4. J. A. Peck, R. A. Jones, S. S. Pang, G. Li, & B. H. Smith, UV-cured FRP joint thickness effect on coupled composite pipes, *Composite Structures* 80, 290–297(2007)
5. C. Yang, Design and analysis of composite pipe joint under tensile loading, *Journal of Composite Materials*, Vol.34, No.04/2000
6. C. Yang, Stress Model of Composite Pipe Joints under Bending, *Journal of COMPOSITE MATERIALS*, Vol. 36, No. 11/2002
7. J. M. Lees, Behaviour of GFRP adhesive pipe joint subjected to pressure and axial loadings, *Composites: Part A* 37 (2006) 1171–1179
8. J. Cheng dan G. Li, Stress analyses of a smart composite pipe joint integrated with piezoelectric composite layers under torsion loading, *International Journal of Solids and Structures* 45, 1153–1178, 2008.
9. D. Chen & S. Cheng, (1991), Torsional Stress in Tubular Lap Joint, *Int. J. Solids Structures*, Vol. 29, No. 7, 845-853, 1992
10. Z. Ouyang & G. Li, Cohesive zone model based analytical solutions for adhesively bonded pipe joints under torsional loading, *International Journal of Solids and Structures*, 46, 1205–1217, 2009.
11. J. Akmal, IGN W. Puja, S. S. Brodjonegoro, R. Suratman, I. W. Suweca: “Newly Designed Adhesive Joint for Torque Loaded Tube” *International Journal of Key Engineering Materials Vols. 462-463* (2011) pp 7-12 © (2011) Trans Tech Publications, Switzerland
doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.462-463.7 ,ISSN 978-0-87849-210-7.