

PROSIDING

ISBN: 978-602-98109-2-9



**SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI  
(SNMI VIII) 2013**



Auditorium Gedung M Lt 8  
Kampus 1 UNTAR  
Kamis, 14 November 2013

**RISET MULTIDISIPLIN UNTUK MENUNJANG  
PENGEMBANGAN INDUSTRI NASIONAL**

Diterbitkan oleh:  
**Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Tarumanagara**



PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI (SNMI VIII) 2013  
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK



**SEKRETARIAT PANITIA**

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin  
Program Studi Teknik Mesin dan Teknik Industri  
Universitas Tarumanagara

Jl. Let.Jend S. Parman No.1 Jakarta 11440

Telp. (021) 5672548 Fax. (021) 5663277

e-mail: snmi\_mesin@yahoo.co.id / mesin@tarumanagara.ac.id

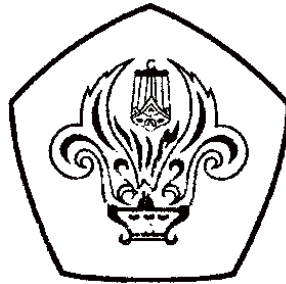
Web : www.tarumanagara.ac.id

**PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI  
(SNMI8) 2013**

ISBN: 978-602-98109-2-9

**RISET MULTIDISIPLIN UNTUK MENUNJANG  
PENGEMBANGAN INDUSTRI NASIONAL**

Auditorium Gedung M Lantai 8  
Universitas Tarumanagara  
Jakarta, 14 November 2013



Diterbitkan oleh:  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Tarumanagara  
Jl. Let. Jend. S. Parman No. 1 Jakarta 11440  
Telp. (021) 567 2548, 563 8358 Fax. (021) 566 3277, (021) 563 8358  
e-mail: mesin@tarumanagara.ac.id, snmi\_mesin@yahoo.co.id



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas terlaksananya Seminar Nasional Mesin Industri (SNMI8) 2013 yang berlangsung baik.

Peran Perguruan Tinggi dalam mendorong kemandirian bangsa adalah turut berpartisipasi secara aktif dalam riset dan pengembangan IPTEK serta membangun jejaring dan sinergi antara Akademisi dan Industri.

Dalam rangka untuk memperingati Dies Natalis ke-32 Program Studi Teknik Mesin, dan Dies Natalis ke-8 Program Studi Teknik Industri, Jurusan Teknik Mesin Universitas Tarumanagara menyelenggarakan **Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI)** kedelapan kalinya sebagai sarana komunikasi para dosen, peneliti, dan pakar ilmiah guna meningkatkan mutu pendidikan dan pembelajaran, penelitian, dan pengembangan IPTEK. Dan, tema dalam SNMI8 2013 ini adalah “**Riset Multidisiplin untuk Menunjang Pengembangan Industri Nasional**”.

Tujuan diadakannya Seminar Nasional Mesin dan Industri 2013 ini, adalah sebagai berikut:

1. Menumbuhkan sikap inovatif, kreatif serta tanggap terhadap perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK).
2. Menjadikan wadah sebagai forum komunikasi hasil penelitian antar Akademisi, Peneliti, Praktisi, Industri, dan Mahasiswa.
3. Menjadikan Sarana untuk menjalin kerjasama atau *networking*, antar pelaku IPTEK maupun antara pelaku IPTEK dengan pelaku bisnis untuk memacu pengembangan program penelitian lebih lanjut.

Adapun topik seminar bidang Teknik Mesin dan Teknik Industri yang disampaikan dalam kegiatan SNMI8 2013 ini, meliputi: Pengembangan Energi, Konstruksi Mesin, Konversi Energi, Teknik Manufaktur, Mekatronika dan Robotika, Teknologi Material, Perancangan dan Pengembangan Produk, Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, Manajemen Operasi dan Produksi, Manajemen Kualitas, Logistik & Sistem Transportasi, Manajemen Rantai Pasokan, Optimasi Sistem Industri, dan Kesehatan & Keselamatan Kerja (K3).

Pada SNMI8 2013 ini menampilkan 2 (dua) pembicara kunci yang memiliki kompetensi dalam bidangnya, antara lain:

1. Prof. Dr. Ir. Raldi Artono Koestoer, DEA. (Teknik Mesin Universitas Indonesia, Depok)
2. Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M. Eng., Ph.D., CSCP. (Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya)

Selain itu, dalam kegiatan seminar ini juga dipresentasikan sebanyak 77 makalah hasil karya ilmiah Staf Pengajar Teknik Mesin dan Teknik Industri yang berasal dari berbagai Perguruan Tinggi di Indonesia.

Pada kesempatan ini, Panitia SNMI8 2013 menyampaikan permohonan maaf jika selama pelaksanaan seminar ini terdapat kekurangan dan kesalahan. Akhirnya, Panitia mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung terselenggaranya SNMI VIII 2013 ini dengan baik.

Jakarta, 14 November 2013

Ketua Panitia SNMI8 2013



**Wilson Kosasih, S.T., M.T.**

**Sambutan Dekan Fakultas Teknik**

Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI8) 2014  
Kami, 14 November 2013



Sebagai bagian dari komunitas ilmiah, Dosen wajib terus menerus melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi, secara khusus Dharma kedua yaitu Penelitian dan Publikasi Karya Ilmiah. Karya ilmiah yang berkualitas dan dipublikasikan pada media yang kredibel dapat menambah wawasan bagi para pembaca, memberikan informasi hasil penelitian terkini (*state of the art*) dan dapat dijadikan acuan bagi penelitian berikutnya.

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara yang terdiri dari 2 (dua) program studi yaitu Teknik Mesin dan Teknik Industri, secara berkelanjutan menyelenggarakan Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI) setiap tahun dan telah memasuki tahun ke VIII pada tahun 2014 ini. Seminar ini merupakan sarana komunikasi yang efektif bagi para dosen, peneliti, pakar, mahasiswa, praktisi dan dunia industri untuk bertukar informasi tentang hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilaksanakan selama ini. Diharapkan seminar ini dapat memperkaya semua peserta dengan berbagai hasil penelitian terbaru.

Tema SNMI8 2013: **“Riset Multidisiplin untuk Menunjang Pengembangan Industri Nasional”**, sangat relevan dengan kebutuhan saat ini, dimana pengembangan industri nasional sedang mengalami berbagai tantangan dengan masuknya berbagai produk hasil industri dari luar negeri dengan harga yang kompetitif dan kualitas yang baik. Peran dunia pendidikan dengan berbagai hasil riset multidisiplin yang dapat diimplementasikan dalam proses manufaktur, merupakan salah satu cara untuk mengatasi tantangan tersebut.

Pimpinan Fakultas Teknik memberikan apresiasi yang tinggi kepada keynote speaker yang telah berkenan berbagi informasi, pengetahuan dan pengalaman dalam penelitian dan pengembangan teknologi melalui SNMI8 2013. Apresiasi juga disampaikan kepada semua sponsor, panitia pelaksana, dan semua pihak yang telah mendukung terselenggaranya SNMI8 2013 dengan sukses.

Kepada seluruh peserta seminar, selamat berseminar, semoga Bapak Ibu mendapatkan informasi dan pengetahuan baru yang dapat digunakan dalam pengembangan IPTEK di tempat masing-masing. Karya kita sangat ditunggu oleh masyarakat luas sebagai bagian dari upaya untuk meningkatkan kualitas kehidupan bersama.

Selamat berseminar.

Jakarta, 14 November 2013

Dekan,

**Dr. Agustinus Purna Irawan, S.T., M.T.**

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Panitia SNMI8 Tahun 2013 mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung terselenggarakannya SNMI8 Tahun 2013 dengan baik.

Ucapan terima kasih ini disampaikan kepada:

1. Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.
2. Program Studi Teknik Industri Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.
3. Kepada seluruh Pemakalah dari Staf Pengajar Teknik Mesin dan Teknik Industri yang berasal dari berbagai Perguruan Tinggi di Indonesia dan Praktisi.

**DAFTAR ISI**

Kata Pengantar	ii
Sambutan Dekan Fakultas Teknik	iii
Ucapan Terima Kasih	iv
Daftar Isi	v
Susunan Panitia	x
Susunan Acara	xi
1. Technopreneur and Social-Entrepreneurship: "...based on product...", <b>Raldi Artono Koestoer</b>	1
2. Supply Chain Management: Tantangan dan Strategi, <b>Nyoman Pujawan</b>	7
<b>Bidang Teknik Mesin</b>	
1. Metode Pemilihan Pompa Sebagai Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, <b>Anak Agung Adhi Suryawan, Made Suarda, I Nengah Suweden</b>	1
2. Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Tekan Komposit Fiberglass, <b>AAIA Sri Komaladewi, I Made Astika, I G K Dwijana</b>	7
3. Pengaruh Variasi Diameter dan Sudut Kemiringan Pipa Inlet Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram, <b>Sehat Abdi Saragih</b>	14
4. Analisa Kerusakan pada Rotating Element Pompa Injeksi Air David Brown DB34-D DI PT CPI Minas, <b>Abrar Ridwan, Ridwan Chandra</b>	21
5. Pengaruh Temperatur Pembakaran pada Komposit Lempung/Silika RHA terhadap Sifat Mekanik (Aplikasi pada Bata Merah), <b>Ade Indra, Nurzal, Hendri Nofrianto</b>	34
6. Rancang Bangun Mesin Pemisah Dan Pencacah Sampah Organik (Daun-daunan) dan Anorganik (Plastik, Kresek) untuk Menghasilkan Serpihan Sampah Organik Lebih Kecil sebagai Bahan Kompos, <b>I Gede Putu Agus Suryawan, Cok. Istri P. Kusuma Kencanawati, I Gst. A. K. Diafari D. Hartawan</b>	42
7. Peningkatan Nilai Kalor Biobriket Campuran Sekam Padi dan Dominansi Kulit Kacang Mete dengan Metode Pirolisa, <b>Arijanto</b>	49
8. Perilaku Stress Tanki Toroidal Penampang Oval dengan Beban Internal Pressure, <b>Asnawi Lubis, Shirley Savetlana, and Ahmad Su'udi</b>	60
9. Kekerasan Baja AISI 4118 setelah Proses Pack Karburising dengan Media Karburasi Arang Tulang Bebek dan Arang Pelepah Kelapa, <b>Dewa Ngakan Ketut Putra Negara, I Dewa Made Krisnha Muku, AAIA Sri Komala Dewi</b>	67
10. Quantum States At Juergen Model for Nuclear Reactor Control Rod Blade Based On Th <sub>x</sub> Duo <sub>2</sub> Nano-Material, <b>Moh. Hardiyanto</b>	73
11. Pengerasan Induksi pada Material AISI 4340 sebagai Material Bahan Baku Industri HANKAM Nasional, <b>Muhammad Dzulfikar, Rifky Ismail, Dian Indra Prasetyo, dan Jamari</b>	83
12. Studi Pengaruh Kemiringan Kolektor Surya Tipe Satu Laluan Udara Panas Terhadap Proses Pengeringan Kerupuk Ubi, <b>Eddy Elfiano, Muhd. Noor Izani</b>	90
13. Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sawit (Elacis Guinesis) sebagai Energi Biomassa yang Terbarukan, <b>Eko Yohanes, Sibut</b>	96
14. Pengaruh Variasi Volume Serat Resam terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Komposit pada Matriks Polyester sebagai Bahan Pembuatan Dashboard Mobil, <b>Herwandi, Sugianto, Somawardi, Muhammad Subhan</b>	102
15. Pemanfaatan Arang Kayu Bakar sebagai Media Karburasi pada Proses Pack Karburising, <b>I Dewa Made Krisnha Muku, AAIA Sri Komala Dewi</b>	109

16. Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar dengan Media Radiator pada Mesin Bensin Bertipe Injeksi Terhadap Unjuk Kerja Mesin, *I Gusti Ngurah Putu Tenaya, I Gusti Ketut Sukadana, dan I Gusti Ngurah Bagus Surya Pratama* 115
17. Strain-Hardening Baja Karbon AISI 1065 Akibat Beban Gelinding-Gesek, *I Made Astika, Tjokorda Gde Tirta Nindhia, I Made Widiyarta, I Gusti Komang Dwijana dan I Ketut Adhi Sukma Gusmana* 124
18. Pengaruh Temperatur Tuang Paduan Perunggu Terhadap Sifat Kekerasannya Pada Proses Pembuatan Genta Dengan Metoda Pasir Cetak (Sand Casting), *I Made Gatot Karohika, I Nym Gde Antara* 133
19. Ketahanan Aus Baja Carbon AISI 1065 dengan Pengerasan Permukaan Kontak (Quench-Hardening) terhadap Beban Gelinding-Luncur, *I Made Widiyarta, Tjok Gde Tirta Nindhia, I Putu Lokantara, I Made Gatot Karohika dan I Ketut Windu Segara* 141
20. Pengembangan Kurva P-h dalam Pemodelan Elemen Hingga Vickers Indentasi untuk Memprediksi Kekerasan Vickers (HV), *I Nyoman Budiarsa* 149
21. Studi Profil Temperatur Reaktor *Fluidized Bed* Pada Gasifikasi *Sewage Sludge*, *I Nyoman Suprpta Winaya, I Nyoman Adi Subagia, Rukmi Sari Hartati* 158
22. Pengaruh Pemasangan Ring Berpenampang Segiempat dengan Posisi Miring pada Permukaan Silinder terhadap Koefisien Drag, *Si Putu Gede Gunawan Tista, Ketut Astawa, Ainul Ghurri* 166
23. Pengaruh Perlakuan Diammonium Phosphate (DAP) Terhadap Ketahanan Api Komposit Plastik Daur Ulang-Serat Alam, *I Putu Lokantara, NPG Suardana* 173
24. Analisa Pengaruh Viskositas Pelumas terhadap Permukaan Penampang Material pada Proses Ekstrusi Pengerjaan Dingin, *Jhonni Rahman* 180
25. Simulasi Numerik Aero-Akustik Aliran Udara Yang Melalui Silinder Pada Bilangan Reynolds 90000 Menggunakan Model Turbulensi Les Dan Model Akustik FWH, *M. Luthfi, Sugianto* 186
26. Pengaruh Konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) pada Elektrolit terhadap Performa Alkaline Fuel Cell, *Made Sucipta, I Made Suardamana, I Ketut Gede Sugita, Made Suarda* 195
27. Makrostruktur dan Permukaan Patah dalam Uji Tarik terhadap Perlakuan Panas pada Baja Karbon Rendah, *Nofriady H. dan Ismet Eka P.* 203
28. Model Penentuan Koefisien Serap (Absorpsi) dan Kekuatan Tarik Material Komposit Epoxy dengan Pengisi Serat Rockwool sebagai Knalpot Rendah Bising Secara Eksperimen, *Nurdiana, Zulkifli, Mutya Vonnisa* 208
29. Pengaruh Waktu Tahan dan Laju Pemanasan terhadap Besar Butir Austenit dan Kekerasan pada Proses Heat Treatment Baja HSLA, *Richard A.M. Napitupulu, Otto H. S, Charles Manurung, Humisar Sibarani* 218
30. Analisa Kualitas Permukaan Baja AISI 4340 terhadap Variasi Arus pada Electrical Discharge Machining (EDM), *Sobron Lubis, Sofyan Djamil, Ivan Dion* 224
31. Rancangan Launcher Roket Air, *Suherlan, Dzulfi S Prihartanto, Gede Eka Lesmana, Yohannes Dewanto* 234
32. Analisa Kerja Roket Air Satu Tingkat, *Ahmad Hidayat Furqon, Mochammad Ilham Attharik, Pirnardi, dan I Gede Eka Lesmana* 240
33. Analisis Penggunaan Differensial Proteksi pada Motor-Motor Listrik, PLTU Buatan China, *Suryo Busono* 247
34. Efektivitas Alat Penukar Kalor Double Pipe Bersirip Helical sebagai Pemanas Air dengan Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel, *Zainuddin, Jufrizal, Eswanto* 255

35. Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang yang Berbahan Dasar Campuran Semen dengan Pasir, <i>Ketut Astawa, Made Sucipta, I Gusti Ngurah Suryana</i>	263
36. Pemodelan Fungsi Terpadu yang Diterapkan pada Multi-Gripper Fingers dengan Metode Vacuum-Suction, <i>W. Widhiada</i>	271
37. Proses Perancangan Ulang pada Alat Penghemat Bahan Bakar Kendaraan Roda Dua Berkapasitas 115cc Menggunakan Metode DFM, <i>Aschandar Ad Hariadi, Bimo Pratama, Gede Eka Lesmana, Yohannes Dewanto</i>	280
38. Karakteristik Kekerasan Permukaan Baja Karbon Rendah Dengan Perlakuan Boronisasi Padat, <i>Erwin Siahaan</i>	297
39. Analisis Kekasaran Permukaan pada Proses Pembubutan Baja AISI 4340 Menggunakan Mata Pahat Ceramic dan Carbide, <i>Rosehan, Sobron Lubis, Adiyana Wiradhika</i>	309
40. Perancangan Turbin Air Helik (Helical Turbine) untuk Sistem PLTMH Guna Memanfaatkan Energi Aliran Irigasi Way Tebu di Desa Banjar Agung Udik Kabupaten Tanggamus, <i>Jorfri B. Sinaga</i>	315
41. Analisa Performansi Tungku Pembakaran Biomassa dari Limbah Kelapa Sawit, <i>Barlin, Heriansyah</i>	324
42. Pengaruh Variable Kecepatan Angin terhadap Turbin Angin Horizontal Aksial dengan Profil Airfoil Blade Sesuai Standar NACA 2418, <i>Abraham Markus Martinus, Abrar Riza, Steven Darmawan</i>	332
43. Program Perancangan Karakteristik Daya Turbin Angin Tipe Horizontal dengan Variasi Sudut Serang, <i>Darwin Andreas, Abrar Riza, I Made Kartika D.</i>	340
44. Optimasi Bentuk Rangka dengan Menggunakan <i>Prestress</i> pada Prototipe Kendaraan Listrik, <i>Didi Widya Utama, William Denny Chandra, R. Danardono A.S.</i>	346
45. Desain Reaktor Co-Gasifikasi Fluidized Bed untuk Bahan Bakar Limbah Sampah, Biomasa dan Batubara, <i>I N. Suprpta Winaya, Rukmi Sari Hartati, I Putu Lokantara, I GAN Subawa</i>	354
46. Pembuatan Model Aliran Arus Laut Penggerak Turbin, <i>I Gusti Bagus Wijaya Kusuma</i>	363

#### **Bidang Teknik Industri**

1. Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Keberhasilan Usaha Industri Kecil Sukses, <i>Aam Amaningsih Jumhur</i>	371
2. Pengembangan Structural Equation Modeling untuk Pengukuran Kualitas, Kepuasan, dan Loyalitas Layanan Travel X, <i>Ardriansyah Taufik Krisyandra</i>	379
3. Kajian Tarif Angkutan Umum Terkait dengan Kebijakan Pemerintah dalam Penetapan Harga Bahan Bakar Minyak Secara Nasional, (Studi Kasus: Angkutan Kota di Kota Bandung), <i>Aviasti, Asep Nana Rukmana, Djamaludin</i>	388
4. Peluang Efisiensi Energi Listrik Gedung Hotel X, <i>Badaruddin</i>	397
5. Analisis Jenis dan Jumlah Kendaraan Terhadap Tingkat Kebisingan di Kawasan Perkantoran di Kota Denpasar, <i>Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati</i>	403
6. Peningkatan Produktivitas pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana Melalui Perancangan Sistem Pengukuran Kinerja yang Terintegrasi, <i>I Made Dwi Budiana Penindra</i>	409
7. Analisa Perilaku Guling Kendaraan Truk Angkutan Barang (Studi Kasus pada Jalur Denpasar-Gilimanuk), <i>I Ketut Adi Atmika, I Made Gatot Karohika, Kadek Oktavianus Prapta</i>	417



8. Pengukuran Kelayakan Beban Kerja pada Proses Palletizing di PT. XYZ dengan Metode Perhitungan NIOSH, *Felicia Wibowo, Helena J. Kristina* 424
9. Peningkatan Kualitas Daya Listrik dan Penghematan Energi di Industri Tekstil Menggunakan Filter Harmonisa, *Hamzah Hilal* 435
10. Analisa Kinerja Traksi Kendaraan Truk Muatan Berlebih (Studi Kasus: Pada Jalur Denpasar-Gilimanuk), *I Ketut Adi Atmika, I Made Gatot Karohika, I Kadek Agus Dwi Adnyana* 442
11. Analisa Kegagalan Produk Pengecoran Aluminium (Studi Kasus di CV. Nasa Jaya Logam), *Is Prima Nanda* 450
12. Pemanfaatan Energi Matahari untuk Tata Udara Ruangan dengan Dinding Lilin, *Isman Harianda* 456
13. Usulan Penentuan Jumlah Tenaga Kerja dengan Penambahan Kebutuhan Lini Konveyor dengan Analisa Transfer Line pada PT. Astra Komponen Indonesia, *Lina Gozali, Andres, Andrian Hartanto* 464
14. Perencanaan Persediaan Bahan-Bahan Baku PFG 120 pada PT XYZ, *Mellisa Handryani Christine, Laurence* 472
15. Penilaian Kinerja Suatu Perusahaan dengan Kriteria Malcolm Baldrige, *Syahida Nurul Haq, Aam Amaningsih Jumhur* 481
16. Potensi Risiko Kelelahan Pengemudi Travel Jakarta-Bandung Berdasarkan Lamanya Waktu Kerja dan Usulan Penanggulangannya, *Rida Zuraida, Nike Septivani* 486
17. Peningkatan Kualitas Produksi Karung Plastik Bermerk pada PT. XYZ Menggunakan Metode DMAIC, *Samuel Cahya Saputra, Yuliana* 493
18. Pengembangan Model Pengukuran dan Pengevaluasian Jam Tangan Pria dan Kemasannya dengan Mempertimbangkan Faktor Emosi Konsumen Berdasarkan Konsep Kansei Engineering, *Tommy Hilman, Bagus Arthaya dan Johanna Renny Octavia Hariandja* 502
19. Rancang Bangun Alat Proses Penggorengan Kemplang (Kerupuk) dengan Bahan Bakar Gas Elpiji untuk Industri Rumahan di Pedesaan Pulau Bangka, *Zulfan Yus Andi, Dhanni Tri Andini Setyaning, Wenny Azela, Isfarina, Rismandika* 511
20. Logistik Bencana Berbasis SCM Komersial: Pembelajaran dari Erupsi Gunung Merapi 2010, *Adrianus Ardya Patriatama dan Agustinus Gatot Bintoro* 520
21. Usulan Peningkatkan Kualitas Produksi PIN Di PT. X, *Lithrone Laricha Salomon, Moree Wibowo, Andres* 528
22. Identifikasi Variabel-Variabel yang Mempengaruhi Minat Konsumen dalam Pembelian Produk Handphone Samsung dengan Menggunakan Structural Equation Modeling, *Hendang Setyo Rukmi, Hari Adianto, Martin* 536
23. Aplikasi Metode Service Quality (Servqual) untuk Peningkatan Kualitas Pelayanan Kawasan Wisata Kawah Putih Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten, *Hendang Setyo Rukmi, Ambar Hasrsono, Sesar Triwibowo* 545
24. Pemilihan Tempat Konferensi Nasional dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process, *Hendang Setyo Rukmi, Hari Adianto, Muhammad Reza Utama* 555
25. Multidisciplinary Research: Perspectives from Industrial and Systems Engineering, Strategic Management and Psychology, *Khristian Edi Nugroho Soebandrija* 564
26. Optimasi Penentuan Kapasitas Produksi dengan Menggunakan Metode Simplek (Studi Kasus), *Mulyadi Ilyas* 573

27. Pengembangan Model Sistem Produksi Industri Kecil dan Menengah yang Berada dalam Lingkungan Just in Time, *Slamet Setio Wigati dan Agustinus Gatot Bintoro* 578
28. Analisa Efektifitas Modifikasi Filter Oli pada Compressor Atlas Copco dengan Overall Equipment Effectiveness di PT. GTU, *Silvi Ariyanti, Yusup Hardiana* 588
29. Usulan Peningkatan Produktifitas Melalui Perbaikan Stasiun Kerja dan Metode Kerja (Studi Kasus: di PT. X), *I Wayan Sukania, Nofi Erni, Handika* 598
30. Pengurangan Penumpukan Produk Pada Stasiun Kerja Dengan Menggunakan Analisis Sistem Antrian di PT. KMM, *Ahmad* 604
31. Pengukuran Tingkat Kepuasan Pelanggan Terhadap Layanan di Bengkel XYZ Dengan menggunakan Metode *Servqual, IPA, dan Kano*, *Ahmad, Wilson Kosasih* 613

**PANITIA SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI (SNMI8) 2013**

**Pelindung** : Rektor Universitas Tarumanagara, Prof. Dr. Ir. Roesdiman S.  
**Penasehat** : Dekan Fakultas Teknik, Dr. Agustinus Purna Irawan, ST., MT  
**Penanggung jawab** : Ketua Jurusan Teknik Mesin, Harto Tanujaya, ST., MT., Ph.D.

**Panitia Pengarah:**

Ketua : Prof. Dr. Ir. Eddy S. Siradj, M.Sc  
Anggota : a. Prof. Dr. Ir. I Made Kartika D., Dipl.Ing  
b. Prof. Dr. Ir. Bambang Suryawan, MT  
c. Prof. Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel  
d. Prof. Dr. Ir. Dahmir Dahlan

**Panitia Pelaksana:**

Ketua : Wilson Kosasih, ST., MT  
Wakil Ketua : Didi Widya Utama, ST., MT  
Sekretariat : 1. I Wayan Sukania, ST., MT (Koordinator)  
2. Farida Ariyanti, SE  
Bendahara : 1. Ir. Sofyan Djamil, M.Si. (Koordinator)  
2. Lithrone Laricha S., ST., MT  
Seksi Publikasi & Sponsor : 1. Ir. Erwin Siahaan, M.Si (Koordinator)  
2. Agus Halim, ST., MT  
3. Lina Gozali, ST., MM  
Seksi Makalah : 1. Dr. Abrar Riza, ST., MT (Koordinator)  
2. Dr. Sobron Yamin Lubis  
3. Harto Tanujaya, ST., MT., Ph.D.  
4. Dr. Agustinus Purna Irawan, ST., MT  
5. Dr. Lamto Widodo, ST., MT  
6. Ir. Sofyan Djamil, M.Si  
7. Dr. Adianto, M.Sc  
8. Ir. Rosehan, MT  
9. Endro Wahyono  
Seksi Acara & Dokumentasi : 1. Ahmad ST., MT (Koordinator)  
2. Marsudi  
3. Mahasiswa  
Seksi Perlengkapan : 1. Steven Darmawan, ST., MT (Koordinator)  
2. Budi Herman  
3. Siswanto  
4. Kusno Aminoto  
5. Heryanto  
6. Herman  
Seksi Konsumsi : 1. Sulastini, SE (Koordinator)  
2. Karyati, SE  
Seksi Penerima Tamu : 1. Lithrone Laricha S., ST., MT (koordinator)  
2. Mahasiswi (4 orang)  
Seksi Keamanan : 1. Desnata Hambali, ST., MT (Koordinator)  
2. Agun Gunawan  
3. Bachrudin  
4. Mahasiswa 6 orang

**SUSUNAN ACARA**  
**SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI (SNMI8) 2013**  
**JAKARTA, 14 NOVEMBER 2013**

No	Waktu	Acara
1	07.30-09.00	Registrasi Peserta dan <i>Morning Coffee</i>
2	09.00-09.30	Pembukaan <ul style="list-style-type: none"><li>• Salam pembuka oleh MC</li><li>• Tari Penyambutan Tamu (Barongsai)</li><li>• Lagu Indonesia Raya</li><li>• Sambutan Ketua Pelaksana SNMI8 2013 (Wilson Kosasih, ST., MT)</li><li>• Sambutan dan Pembukaan oleh Rektor UNTAR (Prof. Ir. Roesdiman Soegiarso, M.Sc., Ph.D)</li><li>• Foto Session</li></ul>
3	09.30-10.15	Keynote Speaker I : Prof. Dr. Ir. Raldi Artono Koestoer, DEA. Moderator : Wilson Kosasih, ST., MT.
4	10.15-11.00	Keynote Speaker II : Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, Ph.D., CSCP Moderator : Wilson Kosasih, ST., MT.
5	11.00-12.30	Presentasi Paralel I
6	12.30-13.30	Ishoma
7	13.30-15.00	Presentasi Paralel II
8	15.00-15.15	<i>Coffee break</i>
9	15.15-16.30	Presentasi Paralel III
10	16.30-17.00	Penutupan SNMI8 2013 oleh Dekan Fakultas Teknik UNTAR (Dr. Agustinus Purna Irawan, ST, MT)

## PERILAKU STRESS TANKI TOROIDAL PENAMPANG OVAL DENGAN BEBAN INTERNAL PRESSURE

Asnawi Lubis\*, Shirley Savetlana, and Ahmad Su'udi

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung

Jalan Professor Soemantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145 Indonesia

Telephone: 07213555519 Fax: 0721704947

\*e-mail: [asnawi-lubis@eng.unila.ac.id](mailto:asnawi-lubis@eng.unila.ac.id)

### Abstrak

Untuk mengurangi subsidi bahan bakar minyak (BBM) bagi mobil penumpang di Indonesia, pemerintah Indonesia berencana melaksanakan program konversi BBM ke Bahan Bakar Gas (BBG). Dalam hal ini, perubahan desain sistem pembakaran perlu dilakukan, salah satunya dengan paket conversion kit. Salah satu komponen sistem pembakaran yang menurut penulis perlu dirancang ulang adalah tanki bahan bakar. Sebagai bejana bertekanan, maka tanki BBG perlu dirancang dengan cermat untuk menghindari kegagalan struktur (tanki pecah dan meledak) yang mungkin timbul dalam operasional pemakaian tanki. Tulisan ini menyajikan hasil studi awal terhadap perilaku stress tanki berbentuk toroidal dengan penampang oval dan perbandingan jari-jari yang bervariasi yang dapat dipakai sebagai tanki LPG pada mobil penumpang di Indonesia. Tanki toroidal dirancang untuk kapasitas 45 liter air. Studi parameter dengan metode elemen hingga telah dilakukan untuk perbandingan jari-jari 2; 2,5; 3; dan 4. Studi pengaruh ovality terhadap limit tekanan telah dilakukan oleh penulis sebagai bagian dari penelitian mereka dan menemukan bahwa ovality maksimum yang diperbolehkan adalah 0,2 baik untuk in-plane ovality maupun out-of-plane ovality. Dengan demikian, studi perilaku stress untuk setiap perbandingan jari-jari telah dilakukan untuk ovality 0,2; 0,1; 0,0; -0,1; dan -0,2. Posisi circumferencial stress terkecil adalah hal yang perlu diketahui yang akan dijadikan sebagai letak nosel untuk desain selanjutnya. Secara umum dapat ditunjukkan bahwa untuk tanki toroidal penampang lingkaran, stress terkecil selalu terletak pada extrados, dan stress terbesar terletak pada intrados, berlaku untuk semua perbandingan jari-jari. Hal ini tidak berlaku untuk tanki toroidal dengan penampang berbentuk oval.

**Kata kunci:** bejana bertekanan, tanki toroidal, ovality, metode elemen hingga.

### 1. Pendahuluan

Untuk mengurangi konsumsi bahan bakar minyak (BBM) pada mobil penumpang di Indonesia, dan untuk mengurangi subsidi BBM bagi masyarakat Indonesia, pemerintah Indonesia berusaha mengurangi pemakaian BBM terutama untuk mobil penumpang, mulai April 2012. Ada tiga opsi yang pernah dipertimbangkan: opsi pertama adalah bahwa pemilik kendaraan roda empat (mobil penumpang) tidak diperbolehkan memakai BBM subsidi (jenis premium) tapi harus menggunakan BBM non-subsidi (jenis pertamax). Opsi ke dua adalah menaikkan harga penjualan BBM subsidi. Opsi ini telah diambil pemerintah mulai Juni 2013 dengan menaikkan harga premium dari Rp.4500 menjadi Rp.6500 dan harga BBM jenis solar dari Rp.4500 menjadi Rp.5500. Dan opsi ke tiga adalah konversi BBM ke bahan bakar gas (BBG).

Untuk jangka panjang, opsi ke tiga yaitu konversi BBM ke BBG merupakan opsi yang tepat dan murah. Namun untuk implementasinya, pemerintah perlu membangun infrastruktur dan teknologi seperti stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) untuk LPG (SPBE) dan juga menyediakan *conversion kit* dari BBM ke BBG untuk sistem pembakaran pada mesin mobil. Salah satu komponen sistem pembakaran yang menurut penulis perlu dirancang ulang adalah tanki untuk bahan bakar, dalam hal ini tanki untuk BBG yang merupakan bejana bertekanan dan harus dirancang dengan teliti untuk menghindari kegagalan pecah.



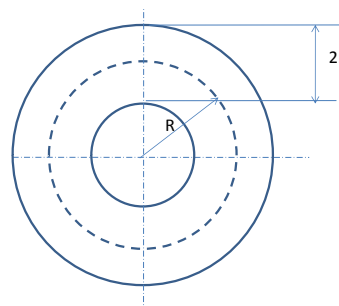
Tanki toroidal telah dipakai sebagai tanki BBG pada mobil penumpang di beberapa negara Eropa. Penelitian tentang perilaku stress shell toroidal telah dilakukan oleh banyak peneliti. Analisis getaran bebas shell toroidal telah dilakukan oleh Thou dan Wang [1] untuk mengontrol getaran sebuah shell toroidal. Jiang dan Redekop [2] melakukan analisis karakteristik statik dan dinamik shell toroidal orthotropic dengan tebal yang bervariasi dan memperoleh solusi berdasarkan persamaan shell Sanders-Budiansky. Pengujian limit tekanan external shell toroidal telah dilakukan oleh Btachat [3] terhadap tiga buah tanki toroidal, dua diantaranya difabrikasi dari baja karbon sedang dengan proses spinning. Dua bagian shell dilas secara longitudinal pada extrados dan intrados. Satu sample lainnya difabrikasi dengan mengelas empat buah elbow  $90^{\circ}$ . Analisis tegangan dan regangan pada tanki LPG telah dilakukan oleh Velickovic [4] dengan memakai metode elemen hingga. Kisioglu [5] adalah satu dari sedikit peneliti yang telah melakukan investigasi limit tekanan tanki toroidal yang dipakai sebagai tanki LPG pada mobil penumpang di Turki. Pengujian limit tekanan secara experimental beberapa tanki toroidal dengan penampang oval juga telah dilakukan oleh Kisioglu [6]. Desain kekuatan tanki toroidal untuk LPG 3kg sebagai usulan substitusi tabung LPG Pertamina telah diusulkan oleh Lubis [7]. Studi elemen hingga untuk menentukan posisi circumferensial nosel silinder radial dan nosel non-radial pada tabung toroidal lingkaran telah dilaporkan oleh Lubis dkk [8, 9]. Investigasi pengaruh perbandingan jari-jari dan ovality penampang terhadap limit tekanan tanki toroidal telah dilaporkan oleh Lubis dkk [10] dan menunjukkan bahwa tanki toroidal dengan penampang out-of-plane oval lebih kuat terhadap tekanan internal daripada tanki toroidal dengan penampang in-plane oval. Perlu diperhatikan dari kesimpulan mereka bahwa ovality 0.2 adalah ovality maksimum yang diperbolehkan, karena ovality di atas nilai ini menurunkan limit tekanan secara signifikan, dibawah tekanan luluh material tanki. Tulisan ini menyajikan hasil studi terhadap perilaku stress tanki toroidal dengan penampang in-plane dan out-of-plane oval dengan ovality 0.2 serta radius ratio 3 dan 4.

## 2. Pemodelan Elemen Hingga

Tanki toroidal dimodelkan untuk volume 45 liter kapasitas air. Variasi perbandingan jari-jari adalah 2, 2.5, 3, dan 4. Untuk setiap perbandingan jari-jari, ovality divariasikan untuk 0.1, 0.2, 0.3, dan 0.4. Ovality 0.4 adalah ovality maksimum, karena di atas nilai ini, penampang menjadi tidak oval, tapi membentuk angka 8. Tabal 1 adalah nilai parameter yang diteliti pengaruhnya terhadap limit tekanan. Gambar 1 menunjukkan geometri sebuah tanki toroidal.

Tabel 1. Radius ratio and cross-section ovality

$R/r$	Ovality				
2.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
2.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
3.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
3.5	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4



Gambar 1. Geometry shell toroidal

Volume sebuah tanki toroidal lingkaran dapat dihitung dengan:

$$V = \pi r^2 \cdot 2\pi R = 2\pi^2 r^2 R \quad (1)$$

dimana,  $r$  = jari-jari penampang

$R$  = jari-jari kelengkungan

Persamaan (1) dapat juga ditulis sebagai:

$$V = 2\rho\pi^2 r^3 \quad (2)$$

dimana

$$\rho = \frac{R}{r} \quad (3)$$

Untuk tanki toroidal dengan volume 45 liter, jari-jari penampang untuk rasio radius 2, 2.5, 3, and 4 yang dihitung dengan persamaan (2) diberikan pada Tabel 2:

Tabel 2. jari-jari penampang tanki toroidal untuk volume 45 liter kapasitas air

$\rho = R/r$	2.0	2.5	3.0	4.0
$r$ , mm	104.46	96.97	91.25	82.91

Ovality penampang didefinisikan sebagai:

$$\Omega = \frac{2\alpha}{r} \quad (4)$$

dimana,  $\Omega$  = ovality penampang

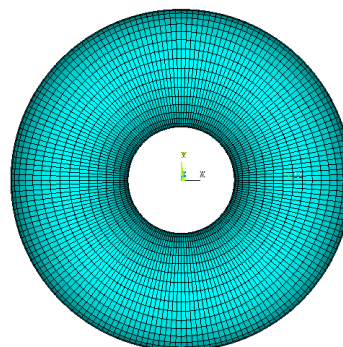
$\alpha$  = distorsi jari-jari penampang

Tabel 3 menunjukkan radius distorsi. Distorsi positif untuk penampang in-plane oval, dan sebaliknya distorsi negatif untuk penampang out-of-plane oval.

Tabel 3. Radius dirtortion of cross section, mm

$\rho = R/r$	$\Omega = 0.4$	0.3	0.2	0.1	0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
2.0	20.89	15.67	10.45	5.22	0.00	-5.22	-10.45	-15.67	-20.89
2.5	19.39	14.55	9.70	4.85	0.00	-4.85	-9.70	-14.55	-19.39
3.0	18.25	13.69	9.13	4.56	0.00	-4.56	-9.13	-13.69	-18.25
4.0	16.58	12.44	8.29	4.15	0.00	-4.15	-8.29	-12.44	-16.58

Elemen ANSYS SHELL281 dipilih untuk pemodelan elemen hingga modeling. Elemen ini mempunyai enam derajat kebebasan – translasi pada arah sumbu x, y, dan z, serta rotasi terhadap sumbu x, y, dan z. Jumlah elemen pada arah longitudinal dan circumferential masing-masing adalah 180 dan 18. Jumlah total elemen adalah 3240. Typical model elemen hingga ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Typical model elemen hingga

Pemodelan elemen hingga disederhanakan dengan menerapkan kondisi batas simetri pada bidang Kondisi batas diterapkan sedemikian sehingga tanki bebas berekspansi secara radial tetapi tertahan kearah longitudinal.

Sifat-sifat material dalam analisis ini diambil dari sifat material baja tabung LPG Pertamina 3kg untuk rumah tangga seperti dilaporkan oleh Winarto and wahyuadi [11], yaitu modulus Young dan tegangan luluh masing-masing 207000 MPa dan 295 MPa.

Beban internal pressure diterapkan secara *ramp* dan limit tekanan diperoleh dengan menggunakan algoritma Newton-Raphson untuk solusi masalah-masalah nonlinear. Beban yang diberikan adalah 1.5 kali  $p_Y$ , dimana  $p_Y$  adalah tekanan untuk mencapai luluh material yang dapat dihitung dari persamaan (5). Table 4 menunjukkan tekanan luluh sebagai fungsi dari rasio jari-jari  $\rho$ . Limit tekanan mempunyai nilai sedikit di atas nilai ini.

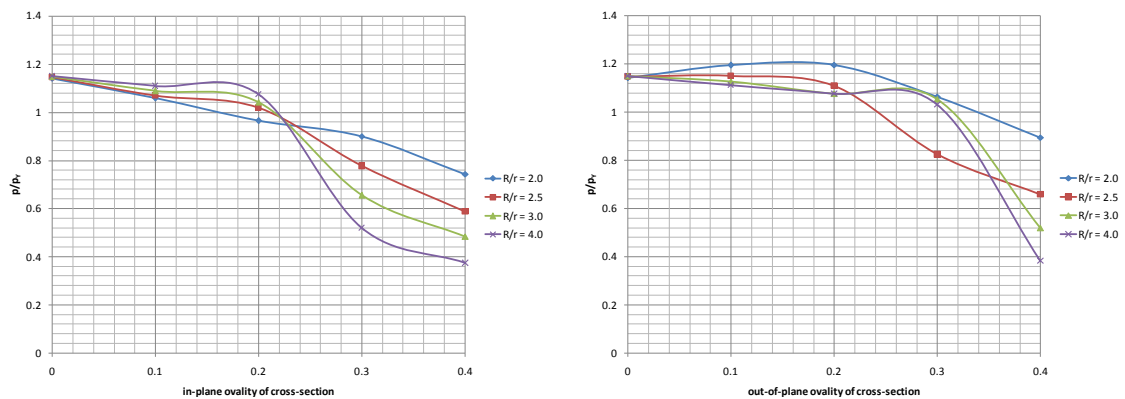
$$p_Y = \frac{2t\sigma_Y}{r} \frac{\rho - 1}{2\rho - 1} \quad (5)$$

Table 4. Tekanan luluh tanki toroidal

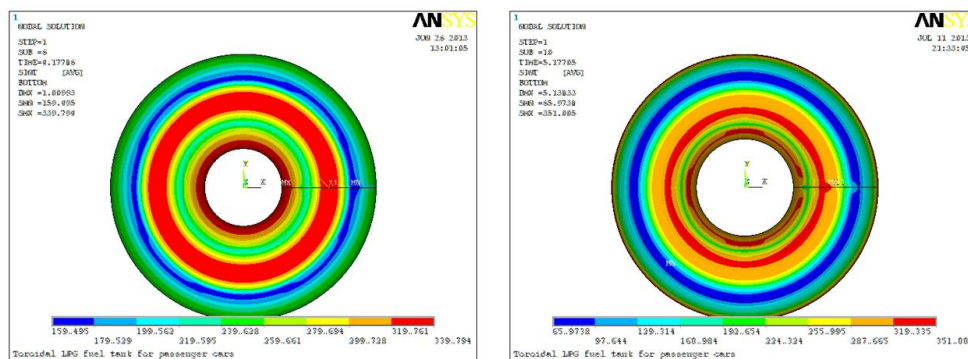
$\rho = R/r$	2.0	2.5	3.0	4.0
$p_Y$ , MPa	4.330	5.248	5.948	7.014

### 3. Hasil dan Diskusi

Gambar 3a dan b masing-masing menunjukkan limit tekanan tanki toroidal dengan penampang in-plane dan out-of-plane oval sebagaimana dilaporkan oleh Lubis, dkk [10]. Dapat dilihat bahwa ovality 0.2 adalah ovality maksimum yang dapat diterima, karena di atas nilai ini limit tekanan menjadi lebih kecil daripada tekanan luluh, terutama untuk in-plane oval. Untuk out-of-plane oval, ovality 0.3 mungkin dapat dipertimbangkan untuk perbandingan radius 3 dan 4. Typical kontour stress ditunjukkan pada Gambar 4 untuk perbandingan jari-jari 2 dan ovality 0.2.



Gambar 3. Limit tekanan tanki toroidal untuk penampang  
(a) inplane oval, (b) out-of-plane oval

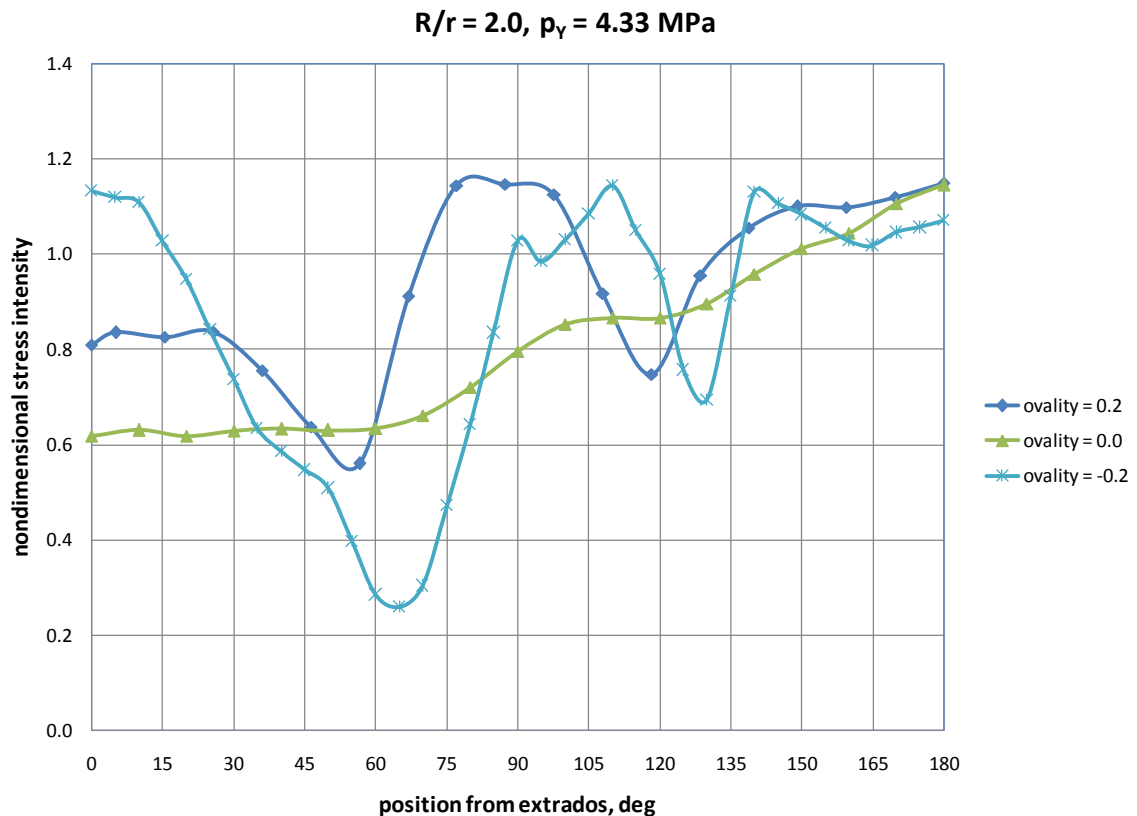


(a) In-plane

(b) out-of-plane

Gambar 4. Typical contour stress intensity untuk perbandingan jari-jari  $R/r = 2$

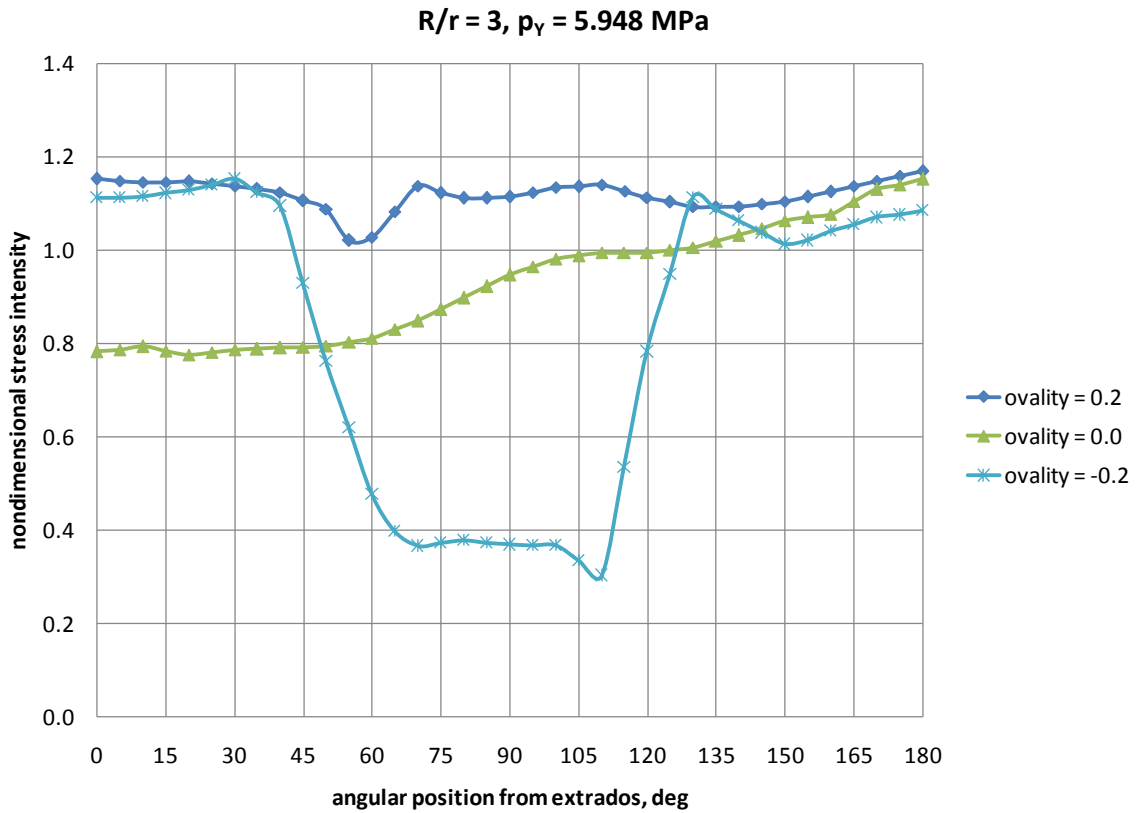
Gambar 5 menunjukkan distribusi stress sepanjang lingkaran penampang untuk perbandingan jari-jari 2 yang diplot dari extrados ke arah intrados. Dapat dilihat bahwa untuk penampang lingkaran, nilai stress terendah terdapat pada extrados dan makin tinggi ke arah intrados. Untuk in-plane ovality 0.2, stress terendah terjadi pada jarak antara 45 dan 60° dari extrados dan tertinggi di dekat crown (jarak 90° dari extrados). Untuk out-of-plane ovality 0.2, stress terendah terjadi pada jarak antara 60 dan 75°, dan tertinggi pada jarak antara 105 dan 120°.



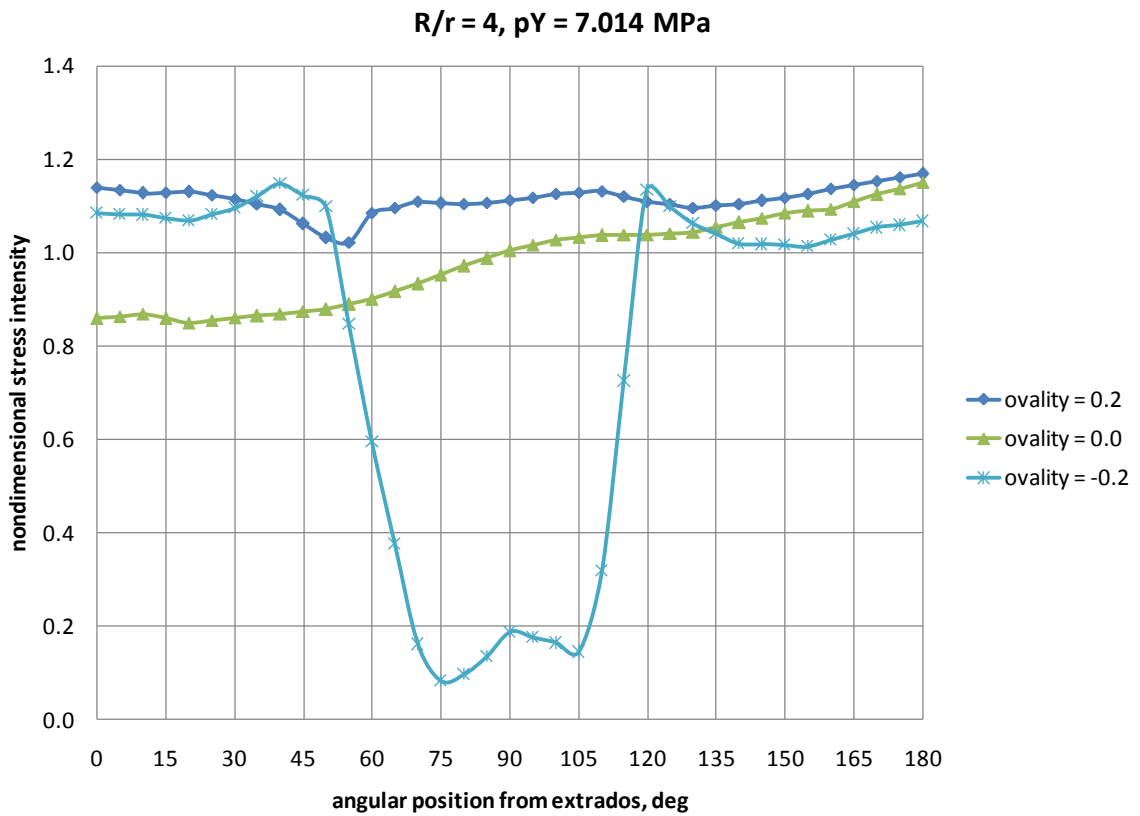
Gambar 5. distribusi stress pada saat limit tekanan dicapai untuk  $R/r = 2$

Gambar 6 menunjukkan distribusi stress sepanjang keliling penampang yang diplot dari extrados ke arah intrados untuk perbandingan jari-jari 3. Untuk penampang lingkaran, stress terendah selalu pada extrados dan tertinggi pada intrados. Untuk penampang dengan in-plane oval, stress terendah terjadi antara jarak 45 dan 60° dan pada bagian lain sepanjang circumferensial stress hamper sama. Untuk penampang dengan out-of-plane oval, stress terendah terjadi pada jarak antara 15 dan 30° dari crown ke arah intrados, sementara stress tertinggi terjadi pada jarak 30° dari extrados dan juga pada jarak antara 30 dan 45° dari crown ke arah intrados.

Gambar 7 menunjukkan distribusi stress sepanjang keliling penampang untuk perbandingan jari-jari 4. Dapat dilihat bahwa untuk penampang dengan out-of-plane oval, stress terendah terjadi pada jarak 75° dari extrados, sedangkan stress tertinggi terjadi pada jarak antara 30 dan 45° dari extrados serta pada jarak 30° dari crown ke arah intrados. Untuk penampang dengan in-plane oval, stress terendah terjadi pada jarak antara 45 dan 60° dari extrados, sementara stress pada bagian keliling yang lain mempunyai nilai yang hamper sama. Menarik untuk diperhatikan bahwa untuk perbandingan jari-jari 3 dan 4, perbedaan stress tertinggi dan terendah tidak signifikan untuk penampang dengan in-plane oval, tetapi sangat signifikan untuk penampang dengan out-of-plane oval.



Gambar 6. distribusi stress pada saat limit tekanan dicapai untuk R/r = 3



Gambar 7. distribusi stress pada saat limit tekanan dicapai untuk R/r = 4



#### 4. Kesimpulan

Dari studi perilaku stress pada tanki toroidal dengan penampang oval dapat disimpulkan bahwa untuk in-plane ovality, geometri tanki toroidal yang dipilih untuk didesain lebih lanjut adalah toroidal dengan perbandingan jari-jari 2.5, 3, dan 4 dengan ovality 0.2. Untuk out-of-plane ovality, geometri yang dipilih untuk didesain lebih lanjut adalah toroidal dengan perbandingan jari-jari 3 dan 4 dengan ovality 0.3. Untuk in-plane ovality, perbedaan stress maksimum dan minimum tidak signifikan kecuali untuk toroidal dengan jari-jari pendek ( $R/r = 2$ ). Untuk out-of-plane ovality, perbedaan stress maksimum dan minimum sangat signifikan terutama untuk perbandingan jari-jari 3 dan 4.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DP2M DIKTI melalui Lembaga Penelitian Universitas Lampung yang telah mendanai penelitian ini dengan Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi dengan Nomor Kontrak: 413/UN26/8/PL/2013

#### References

1. Tzou, H.S., and Wang, D.W., 2003, Vibration Control of Toroidal Shells with Parallel and Diagonal Piezoelectric Actuators. *ASME Journal of Pressure Vessel Technology*, Vol. 125, No. 2, pp. 171 – 176.
2. Jiang, W., dan Redekop, D., 2003, Static and Vibration Analysis of Orthotropic Toroidal Shells of Variable Thickness by Differential Quadrature. *Thin-Walled Structures*, Vol.41 No.5, hal. 461 – 78.
3. Btachut, J., 2003, Collapse Tests on Externally Pressurized Toroids. *ASME Journal of Pressure Vessel Technology*, Vol. 125, No. 1, pp. 91 – 96.
4. Velickovic, V., 2007, Stress and Strain States in the Material of the Stressed Toroidal Container for Liquefied Petroleum Gas. *Scientific Technical Review*, Vol. LVII, No.3-4, pp. 94 – 105.
5. Kisioglu, Y., 2009, Burst Tests and Volume Expansions of Vehicle Toroidal LPG Fuel Tanks. *Turkish Journal of Engineering Environmental Science*, Vol.33, pp. 117 – 125.
6. Kisioglu, Y., 2011, Burst pressure determination of vehicle toroidal oval cross-section LPG fuel tank. *ASME Journal of Pressure Vessel Technology*, Vol. 133, Juni.
7. Lubis, A., 2011, Strength design of toroidal tank for LPG 3-kg. *Proceeding SNTTM-10*, Universitas Brawijaya, Malang, 2–3 November.
8. Lubis, A., Oktazari, Z., and Tanti, N., 2012, Nonlinear Finite Element Analysis of Pressurized LPG Toroidal Tank with Non-Radial Nozzle. *Prosiding Seminar Nasional Energi Terbarukan dan Produksi Bersih, Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, Bandar Lampung, 20 – 21 Juni*.
9. Lubis, A., Su'udi, A., and Tanti, N., 2012, Nonlinear Finite Element Analysis of Pressurized LPG Toroidal Tank with Radial Flush Nozzle. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV, Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta, 16-17 Oktober 2012*.
10. Lubis, A., Savetlana, S., and Su'udi, A., The Influence of Radius Ratio and Cross-Section Ovality on Limit Pressure of LPG Toroidal Tanks. *Prosiding Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XII, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 23 - 24 Oktober 2013*.
11. Winarto, and Wahyuadi, J.S., 2008, Pengkajian Karakteristik Bahan Baku (Raw Material) Lembaran Baja (Steel Plate) untuk Tabung Gas 3kg Produk Lokal dan Impor Secara Matalurgi. *BSN Indonesia*.