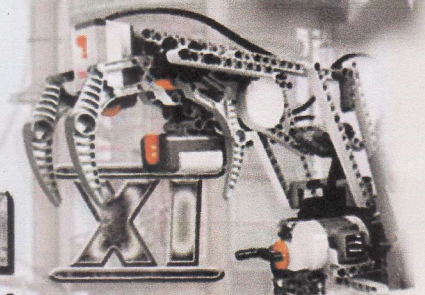


ISSN 2302-4542

PROCEEDINGS

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN & Thermofluid IV



" PENINGKATAN PERAN ILMU TEKNIK MESIN UNTUK
KESEJAHTERAAN DAN KEMANDIRIAN BANGSA. "



DITERBITKAN OLEH :
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA



SPONSORED BY :



NO. 01/ VOL. 01 /THN. 2012

PROCEEDING

PENINGKATAN PERAN ILMU TEKNIK MESIN UNTUK KESEJAHTERAAN DAN KEMANDIRIAN BANGSA

DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab:

Ir. Muhammad Waziz Wildan, M.Sc., Ph.D. (*Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik UGM*)

Ir. Subagyo, Ph.D. (*Sekretaris Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik UGM*)

Panitia Pengarah:

Prof. Mulyadi Bur (*Sekjend BKS-TM*)

Ketua Jurusan/Departemen/Program Studi Teknik Mesin dalam BKSTM se-Indonesia

Ketua:

Prof. Harwin Saptoadi

Sekretaris:

Dr. Gesang Nugroho

Bendahara:

Dr. Kusmono

Dewan Redaksi:

Dr. Deendarlianto

Dr. Suyitno

Dr. Khasani

Dr. Made Miasa

Reviewers:

Prof. Harwin Saptoadi

Dr. Deendarlianto

Dr. Suyitno

Dr. Khasani

Dr. Made Miasa

Dr. Gesang Nugroho

Dr. Kusmono

Dr. Adhika W.

The statements and opinion expressed in the papers are those of the authors themselves and not necessarily reflect the opinion of the editors and organizers. Any mention of company or trade name does not imply endorsement by organizers.

Copyright © 2012, Departement Mechanical of Engineering Faculty, Gadjah Mada University Not to be commercially reproduced by any means without written permission Printed in Yogyakarta, Indonesia, October November 2012

ISSN: 2302 – 4542



9 772302 454003

SUSUNAN PANITIA

Ketua	:	Prof. Harwin Saptoadi	
Sekretaris	:	Dr. Gesang Nugroho	
Bendahara	:	Dr. Kusmono	
Acara	:	Dr. Joko Waluyo Dr. Sugiyono Dr. Herianto Ryan Anugrah Putra, M.Sc	
Publikasi	:	Dr. Deendarlianto Dr. Khasani Dr. Suyitno Dr. Arif Wibisono Dr. Budi Dharma	
Akomodasi	:	Dr. Hari Agung Yuniarto Dr. Rini Dharmastiti Dr. Made Miasa Dr. Muslim Mahardika	
Kegiatan Umum	:	Dr. M. A. Bramantya Janu Pardadi, M.T Urip Agus Salim, M.Eng. Budi Arifvianto, M.Biotech	
Workshop Mobil Listrik Nasional	:	Dr. Jayan Sentanuhady Christin Budiono, S.T Diyah Puduk Wangi	
Koordinator Pelaksana	:	Freddy Frinly Rizki	
Wakil Koord. Pelaksana	:	Benjamin Bima	
Sekretaris Pelaksana	:	Stefani Bertania Motto	
Bendahara Pelaksana	:	Francisca Dwi Listyaningsih Raeshifa Diani A	
Sie Kesekretariatan	:	Sugiyanto Stenly Fransiscus Isnan Fajar Muaddin	(Koor)

		Tiko Rizky S	
		Dyah Yunita S	
Sie Publikasi	:	Ariyanto Hernowo	(Koor)
		Sarra Nanda Pradana	
		RR Prameswari Kiranaratri	
		Fariz Zul Hilmi	
Sie Disain&Dekorasi	:	Bayu Semiawan	(Koor)
		Akhsanto Anandito	
		Tedy Setya Nugraha	
Sie Sponsorship	:	Ahmad Zihni	(Koor)
		Aldrin Gutama	
		Aziz Rizky Ujianto	
		Fuad Arffan	
Sie Perlengkapan	:	Robert Parlindungan Pasaribu	(Koor)
		Rizki Nufta Anugrah	
		Dhimas Fajar Anugrah	
		Faris Mahendra	
		Ridho Rahman	
		Rifqi Bustanul F	
		Augusto Dwifa	
		Mohammad Aufar Rafi M	
Sie Akomodasi&Konsumsi	:	Yusuf Qaradhawi	(Koor)
		Satyawhana Putra Utama	
Sie Acara	:	Jihad M Machmud	(Koor)
		Afian Azmi	
		Rio Aji Nugroho	
		Luqman Muhandian	

Arfan Nur Fadilah

Teddy Maulana

Hendy Indrajaya

Stefanus Eko

Dwi Budianto

Nurchahyo Dwi

Faris Fadil Utomo

Damai Firdaus

Fadhel Muhammad

Andri Firdaus

Arfi

Diko Anutup

Michael

Budi Utomo

Yusuf Abdilah

Akbar Kusuma

Imam Ahfas

Gema Achmad F

Bima Prakoso K

Aqli Haq

Anandya Reza P

Sie Lomba Rancang
Bangun Mesin

: Gibransyah Putra (Koor)

Mohammad Vicky Ramdhani

Wily Rohmat Hidayat

Wanda Andreas

Abshar Parama Putra P

Abdul Muiz

Yordyan Sistriyantoro

Rendy Muhammad G

Moch. Ryan Ardiansyah

M. Roy Haqiqi

Wendi Wicaksono

Muh. Reza Arifin

Fadhil Ahmad Qamar

KATA PENGANTAR

Pembaca budiman,

Proceedings Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XI dan Thermofluid IV 2012 menjumpai para pembaca pada penghujung tahun 2012 ini. Proceedings SNTTM 2012 dan Thermofluid IV 2012 merupakan kumpulan makalah penelitian peserta SNTTM XI dan Thermofluid IV 2012. Makalah penelitian para peserta seminar meliputi lima bidang, di antaranya: konversi energi, manufaktur, material, mekanika terapan, dan pendidikan teknik mesin. Selain perkembangan yang begitu pesat, bidang-bidang tersebut menjadi aspek penting yang juga mempengaruhi kehidupan manusia di era modern ini.

Proceedings kali ini mempublikasikan 360 makalah di antaranya 164 makalah pada bidang konversi energi, 47 makalah pada bidang manufaktur, 82 makalah pada bidang material, 58 makalah pada bidang mekanika terapan dan 9 makalah pada bidang pendidikan teknik mesin. Walaupun dikelompokkan dalam lima bidang, makalah-makalah tersebut kadang tetap saling terkait dengan fokus yang mirip misalnya energi, bahan dan lingkungan. Hal ini memang sesuai dengan tujuan SNTTM sendiri yang memberikan wawasan komprehensif pada pesertanya tentang fokus tertentu dari sudut pandang berbagai bidang. Kiranya proceedings kali ini dapat memberikan gambaran dan wacana, memperluas cakrawala dan mengurangi rasa haus ilmu pengetahuan pembaca.

SNTTM akan tetap berkomitmen untuk merangkul dan menjangkau karya-karya ilmiah di tahun-tahun berikutnya dalam bentuk kajian teknologi yang dikuasai oleh para penulisnya. Oleh karena itu, SNTTM akan tetap mengundang para peneliti dan masyarakat umum untuk meneliti dan mengirim naskahnya. Kritik dan saran anda akan selalu kami nantikan.

Akhirnya diucapkan selamat membaca.

REDAKSI

DAFTAR ISI

Susunan Panitia	ii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
<i>A. Keynote Speech</i>	
GEOTHERMAL ENERGY AND ITS FUTURE	
Ryuichi ITOI	1
A STUDY ON PULSE DETONATION ENGINE IN JAPAN	
Shigeharu Ohyagi	40
INNOVATIVE JAPANESE WASTE-TO-GREEN PRODUCT TECHNOLOGIES FOR ESTABLISHMENT OF SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT SYSTEM IN DEVELOPING COUNTRIES	
Kunio Yoshikawa	47
<i>B. Konversi Energi</i>	
Split Turbin Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air Mikro	
Darwin Rio Budi Syaka, Edward Leonard Dan Dyah AruWulandari (KE - 002)	82
Pengaruh Jarak Antara Katup Dan Tangki Pengelak Terhadap Efek Water Hammer	
Jenny Delly, Welly Liku Padang (KE - 003)	87
Perbandingan Performansi Pompa Hydran Dengan Katup Tekan Model Plat, Membran Dan Bola	
Made Suarda (KE - 004)	93
Studi Numerik Penambahan Momentum Aliran Melalui Penggunaan Bluff Rectangular Turbulator (Brt) Di Depan Leading Edge	
Herman Sasongko, Heru Mirmanto, Sutrisno (KE - 005)	100
Numerical Investigation Of Dynamic Stall For Non-Stationary Two-Dimensional Blade Airfoils	
G.S.T.A. Bangga, H. Sasongko (KE - 006)	106
Visualisasi Dan Signal Processing Dari Data Liquid Hold-Up Aliran Plug Air-Udara Pada Pipa Horizontal	
Okto Dinaryanto, Naufadhil Widarmiko Indarto, Deendarlianto (KE - 007)	113
Pengukuran Liquid Hold-Up Dan Kecepatan Gelombang Aliran Stratified Air-Udara Pada Pipa Horizontal	
Akhmad Zidni Hudaya, Indarto, Deendarlianto (KE 008)	120
Analisis Nilai Kalor Bahan Bakar Limbah Padat Fibre Dan Shell Pada Pabrik Kelapa Sawit Di Pt. Buana Karya Bhakti Kalimantan Selatan	
Rachmat Subagyo, I Wayan Wawan Mariki, Rudi Siswanto (KE - 009)	126

Variasi Laju Aliran Biogas Pada Sistem Pembilasan Menggunakan Campuran Naoh Dan H₂O Untuk Pemurnian Biogas Dari Pengotor Co₂ I Nyoman Suprpta Winaya, Pande Made Kerta Wibawa, IGN Putu Tenaya (KE - 010)...	133
Pengaruh Air Fuel Ratio Terhadap Kecepatan Rambut Api Dan Emisi Gas Buang Berbahan Bakar Lpg Pada Ruang Bakar Model Helle-Shaw Cell I Gusti Ngurah Putu Tenaya, I Made Eka Astina , Made Hardiana (KE - 011)	138
Karakteristik Semprotan Bahan Bakar Biodiesel Pada Sistem Injeksi Common-Rail Ainul Ghurri (KE - 012)	146
Analisis Performansi Pemanas Air Kolektor Surya Terkonsentrasi Berbentuk Trapezoidal Dengan Minyak Nabati Sebagai Media Penyimpan Panas Ketut Astawa,ST., MT, I G N Putu Tenaya, ST. MT, I Md. Eka Dharma Setiawan (KE - 015)	150
Implementation Of Humid Air Turbine For Combined Cycle Power Plant Arka Krisnamurti And I Made Astina (KE - 016)	155
Pemodelan Dan Analisa Energi Yang Dihasilkan Mekanisme Multilayer Piezoelectric Vibration Energy Harvesting Akibat Pengaruh Variasi Susunannya Dengan Sistem Suspensi Pada Kendaraan Wiwiek Hendrowati, Yulia Y. Latumeten, Harus Laksana Guntur, J. Lubi, I Nyoman Sutantra (KE - 017)	161
Kajian Teoritik Pembakaran Arang Kayu Pinus Danang Dwi Saputro, Harwin Saptoadi (KE - 018)	169
Kaji Eksperimental Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Dan Bubur Kertas Koran Sebagai Bahan Isolator Pada Dinding Boiler Mini Ismail Thamrin, Pure Mandela (KE - 019)	177
Perbandingan Efisiensi Dan Ongkos Energi Antara Pembangkit Listrik Dengan Syngas Gasifikasi Sekam Padi Dan Dengan Bensin Suyitno, Muhammad Nizam, Dharmanto, Khamdan Mujadi (KE - 020)	183
Efek Konsentrasi Larutan Pada Kualitas Transparant Conductive Oxide Sel Surya Zainal Arifin, Suyitno, Ahmad Arif Santoso, Mirza Yusuf (KE - 021)	188
Analisa Teknis Dan Ekonomis Penggunaan Dc To Ac Inverter Sebagai Emergency Energi Rumah Tangga Witono Hardi, Said Hi Abbas (KE - 022)	193
Pengaruh Isolator Keramik Dan Pengujian Pegas Terhadap Kinerja Desain Tungku Briket Arang Biomassa System Kontinyu Berpengapian Semi Otomatis I Wayan Joniarta Dan Made Wijana (KE - 024)	198
Study On Paddy Drying Using Husk Stove As A Heater Drying Air Syukri Himran (KE - 025)	204

Potensi Sumber Energi Angin Di Wilayah Perairan Indonesia Dengan Data Satellite Quikscat Denny Widhiyanuriyawan, Mega Nur Sasongko, Sudjito (KE- 026)	208
Kaji Konservasi Energi Pemanfaatan Panas Limbah Proses Dyeing, Drying Dan Stentering Pabrik Tekstil Fachri Koeshardono, Indradjodi Kusumo Dan Hendi Riyanto (KE-027)	212
Studi Lapisan Batas Aliran Fluida Melalui Selinder Persegi Nasaruddin Salam. (KE - 030)	218
Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Karakteristik Putaran Turbin Angin Horisontal Dengan Menggunakan Metode Simulasi Blade Element Momentum Ridway Balaka, Jenny Delly, Aditya Rachman, Yuspian Gunawan (KE - 031)	225
Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Segitiga Penghalang Terhadap Koefisien Drag Pada Silinder Si Putu Gede Gunawan Tista, Made Ricki Murti, I Wayan Sugiharta.G (KE - 033)	230
Studi Numerik Aliran Udara Dalam Plenum Sistem Distribusi Aliran Udara Toto Supriyono, Bambang Ariantara. (KE - 034)	235
Kondisi-Kondisi Batas Untuk Model Numerik Beda Hingga Semi Implisit 3D Arus Bawah Laut di Selat Bangka, Minahasa Utara, Sulawesi Utara Parabelem T.D. Rompas. (KE - 035)	240
Studi Eksperimen Mengenai Pengaruh Parameter Fundamental Terhadap Pola Aliran Microbubble Ahmad Tohani, Anggita Gigih, Deendarlianto. (KE - 036)	246
Deteksi Kebocoran Pipa Aliran Dua Fase Plug Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Budi Santoso , Indarto, Deendarlianto dan Thomas S. Widodo. (KE - 037)	252
Desain Turbin Goprak Novandri Tri Setioputro(KE - 038)	258
Studi Eksperimental Optimasi Posisi Aksial Bola Pejal pada Microbubble Generator Gigih, A. Tohani, Deendarlianto, Wiratni , Alva Edi Tontowi ,Adhika W. (KE - 039) ..	266
Performance Water Wheels Plate Under Flow with Variation Number of Blade Luther Sule. (KE - 040)	272
Karakterisasi Aliran Plug Searah Ke Atas Dari Campuran Udara dan Cairan Kental (Air – CMC) 0,1 wt % dan 0,2 wt % B. A. Pramudita , E. J. Wibowo Dan Indarto. (KE - 041)	2268

Karakteristik Bilangan Reynold pada Celah Sempit Rektangular Berdasarkan Variasi Temperatur Air Pendinginan. Saepudin, Mulya Juarsa, Yogi Sirodz Gaos, Bambang Heru, Joko Prasetio, Hadi Kusuma, Edi Marzuki (KE - 042)	279
Pemanfaatan Panas Ruang Bakar Untuk Menurunkan Viskositas Minyak Nabati Murni Pengganti Bahan Bakar Fosil Motor Diesel Iman Kartolaksono Reksowardojo, Nana Surjana, Doan Khac Dinh, Athol James Kilgour, Wiranto Arismunandar. (KE - 043)	285
Konsep Pengembangan Mekanisme Single Rail Untuk Perubahan Bukaannya Katup Pada Single Camshaft Julius Antoni dan Danardono AS. (KE - 044)	291
Karakteristik Pembakaran Campuran Etanol – n-Heptan dalam Meso-scale Combustor Dr. Eng. Lilis Yulianti, ST, MT. (KE - 045)	295
Pengaruh Volume Ruang Bakar Terhadap Kinerja Mesin Pulse Jet Lambertus Dwi Setiawan, ST. (KE - 046)	301
Efek Perubahan Aliran Gas Buang Dalam Knalpot Mesin Kapal 10 HP Yanuar dan Martinus Putra. (KE - 048)	306
Pengujian Campuran Bahan Bakar Minyak Plastik Pada Motor Bensin Zulfiati, Ahmad Kholil, Eko Arif Syaefuddin. (KE - 053)	312
Pengujian Campuran Bahan Bakar Minyak Plastik Pada Motor Diesel Zulfiati, Ahmad Kholil, Eko Arif Syaefuddin. (KE - 054)	319
Pengaruh Variasi Sudut Lubang Baffle Dan Jarak Tembakan Nosel Terhadap Gaya Impak Untuk Akselerasi Partikel Dna Pada Gene Gun Danardono A1, M. Satrio Utomo, Sonia Tzarina GS, Fera Ibrahim, Budiman Bela, Silvi (KE - 056)	325
Kajian Pengaruh Kondisi Operasi Wet Gas Cleaner Terhadap Jumlah Kandungan Tar Dan Temperatur Producer Gas Hasil Gasifikasi Biomassa Adi Surjosatyo dan Hary Daniel Sianipar. (KE - 060)	333
A Design Optimization of Vortex Generator for Mixing Quality Improvement of a Gas Mixer for Syngas Engine Using Three-Dimensional CFD Modeling. D. Danardono (KE - 062)	338
Kajian Eksperimental Flashback Flame Pada Bunsen Burner Dengan Bahan Bakar Lpg I Made Kartika Dhiputra, Imanuel. (KE - 063)	343
Kajian Eksperimental Safety Ball (Bola Gotri) Dalam Regulator Gas Tekanan Rendah Pada Sistem Catu Bahan Bakar Kompor Gas LPG I Made Kartika Dhiputra, Dea Adreanni. (KE - 064)	348

Studi Eksperimental Karakteristik Aliran Dua Fasa Gas Lpg Terkait Fenomena Vapor Lock Pada Sistem Catu Bahan Bakar Kompor Gas I Made Kartika Dhiputra' Karyadi Gunawan (KE - 065)	353
Pengaruh Kandungan Co2 Terhadap Karakteristik Pembakaran Stoikhiometri Biogas Nurkholis Hamidi, ING Wardana, Widya Wijayanti, Denny W, M Syaiful Anwar (KE - 067)	358
Pembuatan Kokas Batubara Peringkat Rendah Musi Banyuasin Sumatera Selatan Teguh Budi. SA. (KE - 068)	362
Engine Performance and Oil Analysis of Biodiesel from Virgin Coconut Oil in Different Catalyst Annisa Bhikuning. (KE - 069)	367
Simulasi Numerik Sistem Injeksi Bertingkat Pada Ruang Bakar Mesin Diesel Caterpillar 3406. Bambang Sudarmanta, Soeharto, Sampurno. (KE - 070)	374
Penerapan Termoelektrik Modul Peltier Dengan Fin Sejajar Pada Exhaust Manifold Sepeda Motor. Dyah Arum Wulandari, MT., Sugeng Sutrisna, dan Wardoyo, MT. (KE - 071)	381
Pengembangan Sistem Pengukuran Densitas Optik Asap Kebakaran Tito Apriano dan Yulianto Sulisty Nugroho. (KE - 074)	387
Analisa CFD Pada Pengaruh Geometri Nosel Terhadap Performa Steam Ejector Tony Suryo Utomo. (KE - 075)	393
Kaji Eksperimental Sistem Pemanas Air Surya Menggunakan Kolektor Yang Dilengkapi Material Penyimpan Panas Zaini, Hamdani dan Ahmad Syuhada. (KE - 078)	398
Peningkatan Efisiensi Photovoltaic Dengan Penggunaan Sistem Cpv (Concentrating Photovoltaic)-Mirror Widya Wijayanti, Bahrudin, Lilis Yuliati. (KE - 079)	403
Simulasi Pengaruh Chiralitas CNT pada Kapasitas Penyimpanan Hidrogen dengan Menggunakan Program LAMMPS Supriyadi, Nasruddin, Engkos A. Kosasih, Mardi Santoso. (KE - 080)	407
Studi Eksperimental Performa Mesin Pendingin Pada Laboratorium Teknik Mesin Universitas Khairun Ternate. Said Hi. Abbas, Lita A. Latif. (KE - 081)	413
Simulasi Dinamika Molekular Adsorpsi Hidrogen pada Carbon Nanotubes (CNT) Dengan Variasi Panjang. Nasruddina, Engkos A. Kosasih, Ahmad Dzulfahmi, Supriyadi. (KE - 082)	421

Pengembangan Alat Cryosurgery Prototipe V Berbasis Termoelektrik Bertingkat. Nandy Putra, Wayan Nata Septiadi, Ridho Irwansyah, Bimo Sakti (KE-083)	433
Pengaruh Penambahan Modul Termoelektrik Generator Pada Daya Keluaran Hybrid Solar Cell Nandy Putra, Wayan Nata Septiadi, Annisa Nurulianthy (KE-084)	440
Efek Perbedaan Diameter Pipa dan Beda Ketinggian Terhadap Rugi Tekanan di Sepanjang Pipa Selama Aliran Sirkulasi Alamiah Mochamad Farid, Yogi Sirodz Gaos, Edi Marzuki, Mulya Juarsa, Budi Gusnawan Juarsa, Rizqi Faisal Muttaqin (KE-085)	446
Studi Komparasi Unjuk Kerja Turbin Gas Centaur 40 Dengan Saturn 10 Khairul Muhajir (KE-086)	454
Pengaruh Geometri Evaporator Terhadap Tekanan Dan Temperatur Pada Siklus Refrigerasi Uap Standar Kennedy.M, Khairil Anwar, Ari Surianto (Ke-087)	461
Efek Tekanan Awal Driver Section terhadap Karakteristik Gelombang Detonasi pada Kondisi Inisiasi Langsung Dengan Bahan Bakar Campuran Liquefied Petroleum Gas Dan Oksigen Jayan Sentanuhady, Eswanto (KE-088)	468
Simulasi Dan Perancangan Pendingin Adsorpsi Intermitten Skala Kecil Indra Gunawan dan I Made Astina (KE-089)	475
Pendingin Kabin Mobil Berbasis Termoelektrik Imansyah Ibnu Hakim, Sandya Priyambada, Rizki Rajab Priangan (KE-090)	485
Unjuk Kerja Turbin Angin 10 KW Pada Unit Pengolahan Ikan Skala Kecil Desa Lancang Kabupaten Pidie Jaya Hamdani, Irwansyah, Ilyas, Rudi Kurniawan (KE-091)	492
Emulsion Fuel for Diesel Engines Greg.Harjanto, A.Rianto S, Made Suardjaja (KE-092)	497
Briket Daun Kering Sebagai Sumber Energi Alternatif Effendy Arif, Lydia Salam, Ariyanto, and Fredy.B (KE-093)	507
Studi Eksperimental Dan Numerikal Tentang Pengaruh Sudut Putar Pada Tingkat Irisan Silinder Sirkuler Terhadap Gaya Drag Dan Gaya Lift. Astu Pudjanarsa, Muhamad Jamaaludin Ayub (KE-095)	514
Analisa Numerik Model Turbulen Aliran Campuran Udara Dan Hot Egr Pada Intake Manifold Mesin Diesel Syaiful, Tommy Hendarto (KE-097)	521

Pengaruh Dimensi Pipa Kapiler dan Massa Refrigeran yang Digunakan Terhadap Unjuk Kerja Mesin Refrigerasi Evaporator Ganda untuk Pengawetan Ikan Matheus M. Dwinanto, Hari Rarindo dan Jonri Lomi Ga (KE-098)	528
Analisis Tentang Temperatur Pengeringan Untuk Mendapatkan Hasil Terbaik Dalam Prosescoal Upgrading Technology (Cut) Dr. Ir. Toto Hardianto, Prof. Dr. Ir. Aryadi Suwono, Dr. Willy Adriansyah ST, Dr. Ir. Nathanael P. Tandian, danWillem Lawrence ST. (KE-099)	533
Karakterisasi Alat Penukar Kalor Berdasarkan Perubahan Laju Aliran Air dan Temperatur Air Pendingin di sisi Primer Untai Uji BETA Suhendra, Yogi Sirodz Gaos, Mulya Juarsa, Edi Marzuki, Hendro Cahyono TC, M. Hadi Kusuma, Joko Prasetyo Witoko, G Heru BK, Erwin Gunawan, Saefudin (KE-101)	538
Adsorpsi Isosterik Metana Bertekanan Tinggi Pada Karbon Aktif dengan Persamaan Model Tóth Awaludin Martin, Bambang Suryawan, Muhammad Idrus Alhamid, Nasruddin (KE-102)	545
Simulasi Perpindahan Panas Konveksi Alamiah Dalam Kotak Dengan Pemanasan Lokal Dari Bawah Menggunakan Skema Kompak E.P. BUDIANA, P.J. WIDODO and S.A. SAPUTRO (KE-103)	551
Analisis Perpindahan Kalor pada Pre-Heater di Untai Uji Beta Berdasarkan Perbedaan Variasi Laju Aliran Air di Sisi Primer Erwin Gunawan , Yogi Sirodz Gaos, Mulya Juarsa, Hendro Tjahjono, M. Hadi Kusuma, Joko Prasetyo Witoko, G. Heru, Suhendra (KE-104)	556
Pengaruh Konveksi Paksa Terhadap Ujuk Kerja Ruang Pengering Pada Alat Pengering Kakao Tenaga Surya Pelat Bersirip Longitudinal Harmen, A. Muhilal (KE-105)	563
Perpindahan Panas-Massa, Judul : Studi Eksperimental Perpindahan Panas Konveksi Paksa Diantara Fin Muh. Setiawan Sukardin (KE-108)	569
Pengembangan Metode untuk Implementasi CFD pada Analisis Penukar Panas Pipa Bersirip Skala Industri dengan Menggunakan Komputer Berkapasitas Terbatas Nathanael P. Tandian, Agung Dwi Susanto, dan Eksa Bagas Prasasti (KE - 109)	574
Studi Eksperimen Kotak Dingin pada Sepeda Motor sebagai Pembawa Vaksin Nugroho Yoga, Aam Amaningsih, Ayub Nugroho (KE - 110)	580
Pengembangan Sistem Pengering Hibrida Energi Surya-Biomassa Untuk Pengering Ikan Syamsul Bahri Widodo Dan Muhammad Zulfri (KE - 112)	585
Analisis Distribusi Tekanan Dalam Celah Sempit Rektangular Berdasarkan Variasi Temperatur Air Masukan Menggunakan Fluent 6.3	

Ade Amrulloh, Yogi Sirodz Gaos, Muhamad Subekti, M. Hadi Kusuma, Edi Marzuki, Mulya Juarsa, M. Agus Purwanto (KE - 113)	590
Visualization, Mapping Flow Patterns, Plug Length And Plug Velocity Measurement For Air-Water Downward Two Phase Flow In Vertical Pipe F.S. Kusuma, B. Pukuh, And Indarto (KE - 114)	597
Unjuk Kerja Model Turbin Angin Bersudu <i>Loopwing</i> Dengan Variasi Sudut Tekuk Hermawan (KE - 115)	601
Rugi Tekanan Pada Celah Sempit Rektangulir Berdasarkan Variasi Temperatur Air Masukan Jhon Fredi Sianturi, Mulya Juarsa, Bambang Heru, Joko Prasetyo, Hadi Kusuma, Yogi Sirodz Gaos, Edi Marzuki (KE - 116)	606
Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Air Masukan Pada Celah Sempit Rektangulir Berdasarkan Variasi Laju Alir Menggunakan Fluent 6.3 <i>Muhamad Agus Puwanto, Yogi Sirodz Gaos, Muhamad Subekti, M. Hadi Kusuma, Mulya Juarsa, Ade Amrulloh</i> (KE - 117)	614
Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Tipe Fluksi Aksial Untuk Turbin Angin Sumbu Vertikal Trihono Sewoyo, Ali Saifullah, Mulyono, Mw Aksan, Dimas S (KE - 119)	622
Komparasi Karakteristik Model Turbulen Pada Aliran Blower Pada Turbin Gas Mikro Bioenergi Proto X-2 <i>Ahmad Indra Siswantara, Steven Darmawan, Budiarmo</i> (KE - 220)	628
Modelling Thermal Conductivity Enhancement Of Metallic Oxide-Based Nanofluids Using Dimensional Analysis B. Kristiawan, S. Kamal, Suhanan, Yanuar (KE - 122)	634
Studi Ekperimental Pengaruh Posisi <i>Nozzle-Throat</i> Terhadap Kinerja <i>Liquid Jet Gas Ejector</i> Daru Sugati, Indarto, Purnomo, Sutrisno (KE - 124)	641
Analisis Performansi Pompa Sentrifugal Terhadap Kapasitas <i>Crude Oil-Water Flow</i> Eflita Yohana, Khaerul Amri Ardhelas, Fatih Khamdani (KE - 125)	645
Studi Eksperimental Kinerja Turbin Ulir <i>Archimedes</i> Herman Budi Harja, Halim Abdurrachim, Sigit Yoewono, Hendi Riyanto (KE - 126)	653
Analisis Flutter Bilah Rotor Helikopter Dengan Pendekatan Aerodinamika Quasi-Steady Dan Unsteady Pada Kondisi Terbang Maju Ismoyo Haryanto ¹ , Achmad Widodo, Rusnaldy, Toni Prahasto (KE - 127)	659

Pengaruh Jumlah Sudu Pengarah Jenis <i>Airfoil</i> Terhadap Kerugian <i>Head</i> Pada Belokan Pipa Slamet Wahyudi, Fikrul Akbar A, Djoko Sutikno, Yunus Hadi Kusuma (KE - 130)	667
Interfacial Behavior Of Steam-Condensate Two Phase Flow In A Horizontal Pipe (Perilaku Antar-Muka Aliran Dua-Fasa Uap-Kondensat Di Dalam Pipa Horizontal) Sukamta, Indarto, Purnomo, Tri Agung Rohmat (KE - 131)	673
Opimalisasi Pemanfaatan Bioetanol Pada Motor Bakar Bensin Melalui Modifikasi <i>Compression Ratio (Cr)</i> Dan <i>Air Fuel Ratio (Afr)</i>[<i>Optimal Utilization Bio Ethanol On Petrol Engine Through Modification Of Compression Ratio (Cr) And Air Fuel Ratio (Afr)</i>] Agus Sujono (KE - 133)	679
Studi Eksperimental Pengaruh Rasio Sumbatan Terhadap Keefektifan Dan Koefisien Penurunan Tekanan Berkas Pipa Eliptik Susunan Berseling Budi Utomo Kukuh Widodo, Samsul Kamal, Suhanan, I Made Suardjaja (KE - 134)	684
Perhitungan Cooling Degree Days (Cdd) Untuk Wilayah Bandara Soekarno Hatta Cengkareng (Calculation Of Cooling Degree Days (Cdd) For The Soekarno Hatta Cengkareng) Budihardjo, Rusdy Malin, M. Idrus Alhamid (KE - 135)	689
Fluks Termal Pada Kondensasi Dalam Porous Media Dengan Mempertimbangkan Temperatur Sekitar Eko Siswanto (KE - 136)	695
Eksperimen Pengering Semprot Untuk Air Dan Air Garam 2% Engkos Achmad Kosasih (KE - 137)	701
Studi Analisa Performansi <i>Heat Exchanger</i> Tipe 2 Pass - <i>Shell And Tube</i> Dengan Metode Analisis Energi Firmansyah Burlian, Hamdani (KE - 140)	705
The Hazard & Operability Of Ac Harjanto G, Prajitno, Viktor Malau (KE - 142)	713
Uji Karakteristik Dan Efisiensi Generator Gas H₂O₂ Jenis Wet Cell 6 Ruang Harus Laksana Guntur, Iqbal Wahyudin Dan Fariz Hidayat (KE - 144)	725
Distribusi Temperatur Dua-Dimensi Pada Pelat Rektangular Selama Pemanasan Radiasi Menggunakan Bagian Uji Heating-02 Iwan Kurniawan, Mulya Juarsa, Susyadi, Yogi Sirodz G, Edi Marzuki (KE - 146)	730

Rancang Bangun Kompor Briket Batubara Berpemanik Api Untuk Memudahkan Proses Penyalaan Awal (Design And Manufaktur The Igniter-Coal Stove For Easy Pre Heating Processing)

Joko Triyono, Rendy Adhi Rachmanto, Wahyu P. Raharjo (KE - 148) 735

Desain Dan Pengujian Model Sederhana Pengering Makanan Berbasis Radiasi Gelombang Ultrasonik

Meifal Rusli*, Mulyadi Bur Dan Toni Yuhandri (KE - 149) 741

The Effect Of Gap Size To Ccfl In Rectangular Narrow Channel For Double Heated Chase

Mulya Juarsa, Nandy Putra, Raldi Artono Koestoer, Anhar Riza A (KE - 150) 747

Model Matematis Perpindahan Panas Pada Tabung Vakum (*The Mathematis Equation Of Heat Transfer To Vacuum Tube*)

Mulyono (KE - 151) 753

Pengujian Refrigeran Alami Campuran R170 dan R744 dengan Alat Ekspansi Pipa Kapiler pada Sistem Refrigerasi Cascade Sirkuit Temperatur Rendah

Nasruddin, M. Idrus Alhamid, Darwin R. Budi Syaka dan Arnas (KE - 152) 766

Unjuk Kerja *Scraper Blade Evaporator* dan *Orbital Rod Evaporator* pada *Ice Slurry Generator* Berbahan Dasar Air Laut

Agus S. Pamitran, Mach Novviali, Helmi D. Ardiansyah (KE - 153) 770

Pengaruh Variasi Kosentrasi Larutan Terhadap Performansi Sistem Refrigerasi Absorpsi Air-Ammonia

Suarnadwipa, Denny W.M (KE - 154) 776

Pengaruh Variasi Besar Sudut *Static Radial Fin Mixer* Terhadap Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor

Purnami, Slamet Wahyudi, Reza Maharajasa P. U. (KE - 155) 781

Studi Eksperimental Photovoltaic/Thermal (PV/T) Dengan Pipa Kalor Sebagai Penghantar Panas

R. Subarkah, A. Riorti, I. Al-Ghozali, Andriyatin, Risval (KE - 157) 787

Perancangan Ulang pada *Oil Cooler* Menggunakan Metode Kernuntuk Peningkatan Kapasitas Pendinginan dan Efisiensi Biaya OEM di PLTU Bukit Asam

Yogi Sirodz Gaos, Candra Damis Widiawati (KE - 158) 791

Implementasi Pengukuran Tar Pada Fixed Bed Downdraft Gasifier

Adi Surjosatyo dan Jhibril (KE - 160) 796

Pengeringan Pasta Gambir (*Uncaria Gambir Roxb*) dengan Menggunakan Kulkas

Adjar Pratoto & Syamsul Huda (KE - 161)	801
Efek Variasi Warna Lapisan Film pada Panel Solar-termal terhadap Proses Perpindahan Kalor	
Edi Marzuki, Indra Resmana, Yogi Sirodz G, Mulya Juarsa, Januar Akbar (KE - 162)	805
Peningkatan Nilai Tambah Kotoran Sapi Penghasil Arang Dengan <i>Slow</i> Pirolisis	
Mega Nur Sasongko, Widya Wijayanti, Abraham, Aris Wijaya (KE - 163)	811
Variasi Rasio Carbon-Nitrogen Bahan Kering Terhadap Produksi Dan Nilai Kalor Biogas Kotoran Sapi	
Sukadana, Tenaya, Awing W. (KE - 164)	815
Penentuan Komposisi Gas Keluar <i>Water-Cooled Hot Gas Line</i> Menggunakan Perangkat Lunak Computational Fluid Dynamics	
Caturwati NK, Yusvardi Y, Firmansyah (KE - 166)	821
Karakteristik Fluida <i>Magnetorheological</i> Mr-112 Eg Saat Terkena Beban <i>Impact</i> Pada Kondisi Medan Magnet Berkekuatan Rendah	
Intan P. Purwanto, Danang P, M. Khoif Billah, M. Agung Bramantya (KE - 167)	825
KAJI EKSPERIMENTAL PEMISAHAN ALIRAN KEROSEN-AIR (Variasi Sudut Kemiringan Side Arm Pada Rasio Diameter = 1)	
Dewi Puspitasari, Indarto, Purnomo, dan Khasani (KE - 168)	828
Pengurangan Kerugian Jatuh Tekanan Menggunakan Biopolimer Serbuk Lendir Belut dan Lele pada Pipa Saluran Tangki Air Harian Kapal	
Marcus A. Talahatu, Gunawan dan Indah Puspitasari (KE - 169)	840
Studi Numerik Pengaruh Putaran Impeler dan Bukaannya Damper Induce Draft (ID) Fan pada Pabrik Semen	
Nur Ikhwan, Suwarmin, Is Bunyamin Suryo (KE - 170)	844
Pengembangan Sistem Filter Putar Berbasis Aliran Couette-Taylor	
Prajitno (KE - 171)	849
Studi Eksperimental Karakteristik Aliran Melintasi Silinder Teriris Tipe-D dengan sudut Pengirisan (θ_s) = 53^0 Tersusun Secara Side by Side di Dekat Dinding Datar.	
Suprpto, Eka Daryanto, Triyogi Yuwono, Wawan Aries Widodo (KE - 172)	853
Karakteristik Drag pada Lapis Batas Turbulen diatas Pelat Datar Beralur	

Sutardi, M. Ersyad, S. Rijal, dan Eries PZ. (KE - 173)	858
Penggunaan Diffuser Pada Turbin Angin Poros Horisontal Di Daerah Pemukiman Dengan Berbagai Variasi Geometri Warjito dan Agus Irawan (KE - 176)	864
Studi Eksperimen Pengurangan Intensitas Turbulensi dengan Penempatan <i>Screen</i> pada <i>Open Circuit Subsonic Wind tunnel</i> (“Studi Kasus <i>Screen</i> Berdiameter 0,7 mm dan 1 mm serta Konfigurasi Penempatannya” Wawan Aries Widodo, Andi Soviyana, Is Bunyamin Suryo (KE - 177)	870
Thermoacoustic heat pumping direction change by acoustic field alteration Adhika Widyaparaga, E. Noda, T. Koshimizu, M. Kohn Y. Takata (KE - 178)	877
Studi Eksperimental Pendingin Adsorpsi Amonia-CaCl₂ Energi Surya (Experimental Study Of Solar Energy Ammonia-CaCl₂ Adsorbtion Refrigeration) <i>I Gusti Ketut Puja, FA. Rusdi Sambada</i> (KE - 179)	883
Kajian Kondisi Perancangan Udara Luar Jakarta untuk Perancangan Sistem Tata Udara M. Idrus Alhamid, Budiharjo Dan Ruli Nutranta (KE - 180)	889
Perbandingan Proses Pengeringan Beku Vakum pada Tekanan Diatas dan Dibawah Tekanan Triple Point pada Tentacle Ubur-ubur Muhamad Yulianto, M. Idrus Alhamid, Nasruddin, dan Engkos A. Kosasih (KE - 181) ...	893
Studi Eksperimental Pendingin Absorpsi Amonia-Air Energi Surya Experimental Study Of Solar Energy Ammonia-Water Absorption Refrigeration <i>FA. Rusdi Sambada, I Gusti Ketut Puja</i> (KE - 182)	898
Analisa Pengaruh Perubahan Temperatur terhadap Proses Adsorpsi dan Kapasitas Penyerapan Hidrogen pada Karbon Aktif Granular Berbahan Dasar Batu Bara (Analysis of the Effect of Temperature to Hydrogen Adsorption Isothermal Process and Adsorption Capacity of Granular Activated Carbon Coal Derived) Nasruddin, Daniel (KE - 183)	903
Pemakaian Camera Infrared untuk Mencari Temperatur Tertinggi (Media Air dan Minyak Kelapa Sawit) pada <i>Organic Rankine Cycle</i> dengan Konsentrator Parabolik Matahari Ruli Nutranta M. Idrus Alhamdi dan Nasrudin (KE - 184)	911
Pemanfaatan <i>Power Window</i> Mobil Untuk Meningkatkan Unjuk Kerja Panel Surya Dengan Dasar Kerja <i>Sun Tracking</i> Menggunakan Mikrokontroler Samsul Kamal, Brahmantya Remons. DPP (KE - 185)	918

Perancangan dan pembuatan alat uji Adsorbed Natural Gas (ANG) dengan tekanan 4 MPa Senoadi, M.Idrus Al Hamid, Nasruddin (KE - 186)	929
Pemetaan Potensi Energi Angin di Indonesia Warjito dan Akbar Rachman (KE - 187)	936
Studi Komparasi Teknologi Turbin Angin dan Pemetaan Teknologi Turbin Angin untuk Wilayah Indonesia Warjito, Seto Respati dan Lukmanul Hakim (KE - 188)	943
Pengaruh Katalisator (Broquet) Pada Emisi Gas Mesin Sepeda Motor Arijanto (KE - 189)	951
Nonlinear Finite Element Analysis of Pressurized LPG Toroidal Tank with Radial Flush Nozzle Asnawi Lubis, Ahmad Suudi, dan Novri Tanti (KE - 190)	957
Pengaruh Penggunaan Kontrol Aktif <i>Synthetic Jet</i> terhadap <i>Drag</i> Aerodinamika pada <i>Bluff Body</i> Model Kendaraan Budiarso, Harinaldi, Rustan Tarakka (KE - 192)	962
CFD Time Evolution of Heat Transfer Around A Bundle of Tubes In Staggered Configuration G.S.T.A. Bangga, W.A. Widodo (KE - 193)	969
Karakteristik Pendinginan Pada Heat Sink Menggunakan Metode Jet Sintetik Aliran Silang Dengan Variasi Eksitasi Harinaldi , Engkos A Kosasih , Damora Rhakasywi, Arief Randy, Aldy Andika (KE - 194)	975
Pengaruh Jarak Tumbukan Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas Konvektif Dengan Tumbukan Jet Sintetik Harinaldi, Engkos A Kosasih, Damora Rhakasywi, Christoforus Deberland (KE - 195)..	982
Kinerja Perilaku Arah Kendaraan Dengan Kontrol Torsi Pada <i>Continuous Variable Transmission System (Cvts)</i> I Ketut Adi Atmika (KE - 196)	989
Karakteristik Laju Aliran Air Selama Proses Pendinginan Berdasarkan Perbedaan Warna Lapisan Film Pada Sistem Solar Thermal Januar Akbar, Hasanudin Wijaya, Akhrom Aryady, Indra Resmana, Yogi Sirodz Gaos, Mulya Juarsa, Edi Marzuki (KE - 199)	994
Model Simulasi Jaringan Perpipaan Gas Dengan Metode Newton-Raphson Joko Waluyo dan Agung Tri Laksana (KE - 200)	999

Nonlinear Finite Element Analysis of Pressurized LPG Toroidal Tank with Radial Flush NozzleAsnawi Lubis¹, Ahmad Suudi, dan Novri TantiJurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jalan Professor Soemantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung, 35145¹Email: asnawi-lubis@unila.ac.id**Abstract**

This paper reports a nonlinear finite element analysis of pressurized circular toroidal tank with radial flush cylindrical nozzle used for gas fuel tank of personal car. The analysis determines the position of radial cylindrical nozzle that gives the highest limit pressure. Toroidal tank having volume of 45 liters and radius ratio of 3 were used in this analysis. Cylindrical nozzle of 12.5 mm diameter and 10 mm height was attached in radial direction of toroidal cross section. The position of nozzle was checked for five points: extrados, 45° from extrados, crown, 45° from crown, and intrados. The maximum applied internal pressure was 1.5 times pressure to yield. Limits pressure were obtained via nonlinear finite element analysis using the well-known Newton-Raphson algorithm with large deformation. It was found that the best design for nozzle position, indicated by the highest limit pressure, is located at the extrados. For any circumstances, nozzle can be located between extrados and crown, but should not be located between crown and intrados. This result conforms to the membrane theory that the highest stress in toroidal shell under internal pressure occurs at intrados and nozzle shall not be located next to that location.

Keywords: pressurized toroidal tank, limit pressure, finite element analysis

Introduction

In order to reduce the subsidy of oil fuel, the government of Indonesia try to initiate conversion program from oil fuel (BBM) to gas fuel (BBG) for personal cars. For long term, this third option (first to limit the usage of oil fuel, second to increase the price of oil fuel) is very appropriate. However, the government of Indonesia needs to build infrastructures and technology before applying this option, particularly public access to gas fuel (SPBU) and conversion kit from oil fuel to gas fuel.

One of the components of combustion system that needs to be redesigned is fuel tank. Fuel tank for gas as a pressure vessel must be designed carefully against burst type failure. Perfect design need to be done to avoid explosion. From economic point of view, toroidal shape is the most appropriate shape for car's fuel tank. By classical mechanics, it can also easily be proof that toroidal tank can withstand internal pressure load much higher than an equivalent cylindrical, spherical, or conical shape. Here, toroidal tank is proposed for gas fuel tank of personal cars.

The study of static dan dynamic behaviour of toroidal shell had been carried out by many researchers. Free vibration analysisi of two toroidal shell had been carried out by Tzou dan Wang (2003) to control the vibration of toroidal shell structure and to enhance its accuracy and reliability. Jiang dan Redekop (2003) carried out analysis of static dan

dynamic charecteristics of orthotropic toroidal shells of variable thickness and obtained solution based on the shell equations of Sanders-Budiansky. Experimental limit external pressure tests had been carried out on three toroidal tanks by Btachut (2003), two of the tanks were fabricated from mild steel by spinning two part of toroidal and welded at its intrados and extrados, while another one was fabricated by welding circumferentially four 90-degree elbows. Stress and strain analysis of LPG toroidal tanks had been carried out by Velickovic (2007) using finite element method. Kisioglu (2009) is one of few researcher who had carried out investigation on limit pressure of toroidal tank of LPG storage for vehicle in Turkey. Strength design of toroidal tank for LPG 3kg was reported by Lubis (2011) and Lubis, et al (2012). To the best of author's knowledge, it was not found in modern literature a comprehensive study of strength design of toroidal tanks for personal cars, particularly for using in Indonesia. This paper reports results of nonlinear finite element analysis of toroidal tank having radial flush nozzle to be used for personal cars in Indonesia.

Finite Element Modelling

Toroidal tank model used in this study was modeled based on volume of tank of 45 liters. Volume of a toroidal tank can be calculated using the following

equation:

$$V = \pi r^2 \cdot 2\pi R \tag{1}$$

where, r is toroidal cross-section radius, and R is radius of curvature of toroidal. Equation (1) can be written in the following form:

$$V = 2\pi^2 r^3 \rho \tag{2}$$

or,

$$r = \left(\frac{V}{6\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} \tag{3}$$

For a toroidal tank having volume of 45 liter = $45 \times 10^6 \text{ mm}^3$, the corresponding radius is:

$$r = \left(\frac{45 \times 10^6}{6\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 91.3 \text{ mm}$$

or $R = 273.8 \text{ mm}$.

Membrane theory of shell shows that the highest stress for a toroidal shell under internal pressure located at intrados and the lowest located at extrados. This fact guides engineers not to located a nozzle at intrados, and if possible, located at extrados

In this study, geometry modeling was done in toroidal coordinate. The torus was obtained by rotating a circle of radius r about a circle of radius R as shown in Figure 1. Handguard was not modeled with an assumption that this accessories would not affect the limit pressure.

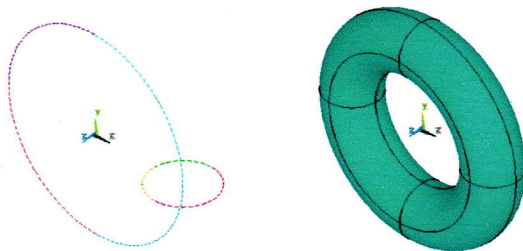


Fig.1 Geometry modeling of a torus

Material for the tank was the same as the material for PERTAMINA LPG 3kg tank, i.e., steel sheet produced by PT Krakatau Steel, having specification JIS G3116 SG-295, and thickness of 2.3 mm. Material for handguard dan footing was carbon steel with specification JIS G3101 SS42, thickness of 2.5 mm also produced by PT Krakatau Steel. Meanwhile, welding wire used for circumferential joint of the tank was imported from China with specification EM 12 K [Winarto dan Wahyuadi, 2008].

Material properties needed for finite element modeling are Young's modulus E , yield stress σ_Y , and Poisson's ratio ν , the values for those properties are 207 GPa, 295 MPa, dan 0.3 respectively [Winarto dan Wahyuadi, 2008]. In this analysis, it was assumed that the toroidal tank was fabricated by welding four 90° elbows circumferentially. The welding joint was assumed to be perfect (joint efficiency equals to unity). Other assumption was uniform thickness of the tank.

Element type used was SHELL281 of the ANSYS element library. The element has eight nodes with six degrees of freedom for every node: displacement in the x, y, dan z direction, and rotation about the x, y, dan z axis. The element can be used for linier analysis, large rotation, and non-linier analysis with large strain. Typical finite elemen model include radial flush nozzle is shown in Fig.2.

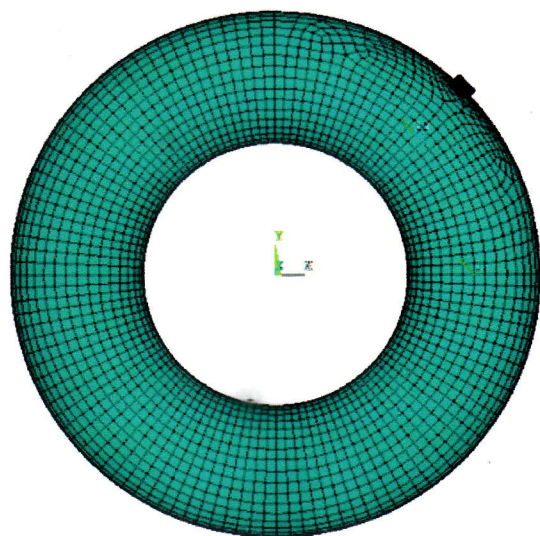


Fig.2 Typical FE model of a toroidal tank

For finite element model shown in Fig.2 subjected to internal pressure loading, boundary condition that needs to be applied was zero displacement for all nodes at a cross-section as shown in Fig.3. Internal pressure load (MPa) to be applied to find the limit pressure can be estimated by calculating the pressure to yield, σ_y (Lubis, et. al., 2012):

$$p_Y = \frac{2t \cdot \sigma_y}{r} \frac{\rho - 1}{2\rho - 1} \tag{4}$$

Equation (4) is based on stress at intrados position where highest stress occurs. For cross-section radius $r = 91.3 \text{ mm}$ and material properties of the tank, JIS G3116 SG-295 ($\sigma_Y = 295 \text{ MPa}$), pressure to yield for radius ratio $\rho = 3$, can be calculated as follows:

$$p_y = \frac{2t \cdot \sigma_y}{2.5r} = \frac{(2)(2.3 \text{ mm})(295 \text{ MPa})}{2.5(91.3 \text{ mm})} = 5.95 \text{ MPa}$$

Internal pressure of 5.95 MPa is the pressure needed for material to start plastic. Limit pressure would be somewhat higher than this value. For finite element analysis using ANSYS, the limit load can be obtained via nonlinear solution using the Newton-Raphson algorithm. The pressure load can be applied by steps to reach the yield, followed by ramp load after yield to reach limit pressure. Maximum internal pressure applied was 10 MPa. Boundary condition and loading is shown in Fig.3.

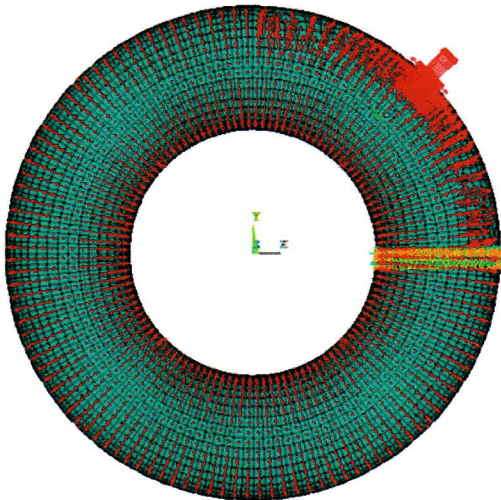


Fig.3 Boundary condition and internal pressure load

Results and Discussion

The results are given in form of graph. There are three graphs that can be plotted to describe the behaviour of the toroidal tank with nozzle as reported here: stress versus internal pressure ($\sigma - p$), internal pressure versus strain ($p - \epsilon$), and stress versus strain ($\sigma - \epsilon$). All graphs are given in nondimensional form.

Figure 4 shows the relation between internal pressure and resulting stress. The stress plotted was stress intensity at the inner (bottom) surface of the shell, the surface of a shell undergoing the highest stress for shell under internal pressure. The graph was plotted in nondimensional form by dividing the pressure load by the pressure to yield and dividing the resulting stress by the yield stress (295 MPa). Figure 4 shows that the relationship between applied pressure and resulting stress in a toroidal shell without nozzle is linear. For toroidal with radial nozzle, stress at the tank is much higher than tank without nozzle. When limit pressure is achieved, the maximum stress almost identical which shows that plasticity has spread over the entire thickness of the shell.

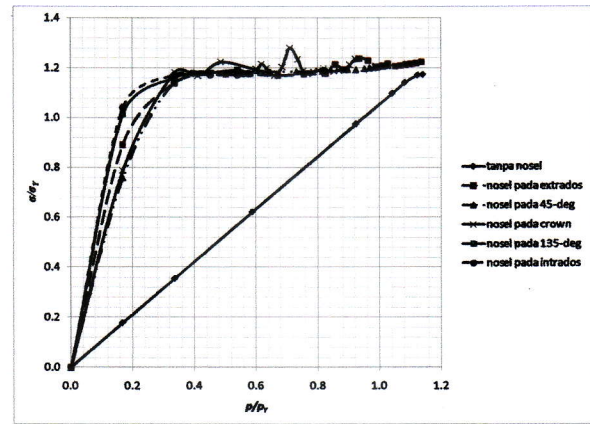


Figure.4 relationship between applied internal pressure and resulting stress.

Figure 5 shows the relationship between applied internal pressure and resulting strain. It can be seen that the maximum strain before failure is much higher for toroidal tank with nozzle compared to toroidal tank without nozzle. Figure 5 also shows that the highest limit pressure and resulting strain is obtained when the nozzle located at extrados position.

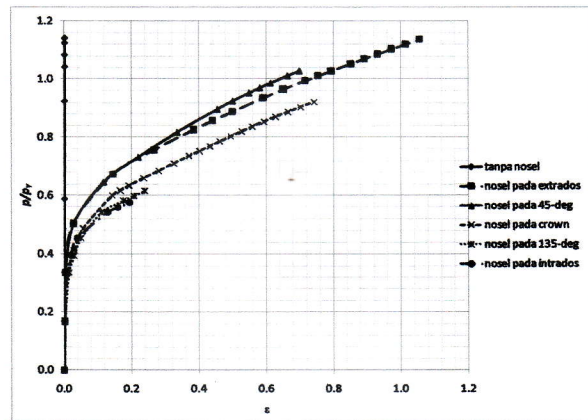


Figure.5 relationship between applied internal pressure and resulting strain.

Figure 6 shows the stress-strain curve for various nozzle position of nozzle. It can be seen that the structure considered here exhibits large strain behaviour. Overall, the highest strain was obtained when the nozzle located at the extrados. Figure 7(a) and 7(b) shows typical stress and strain distribution respectively when limit pressure achieved. It was plotted for stress intensity at the inner surface of the tank's wall.

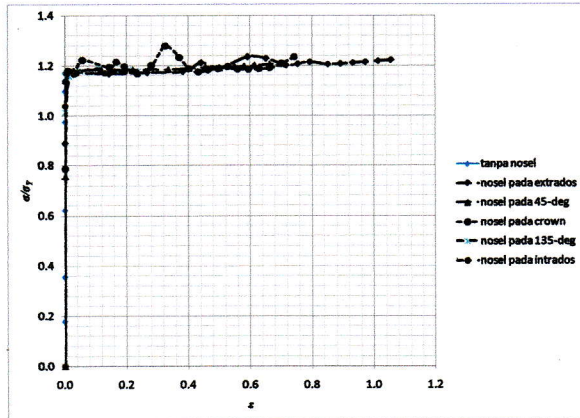


Fig.6 stress-strain curve for a toroidal tank under internal pressure

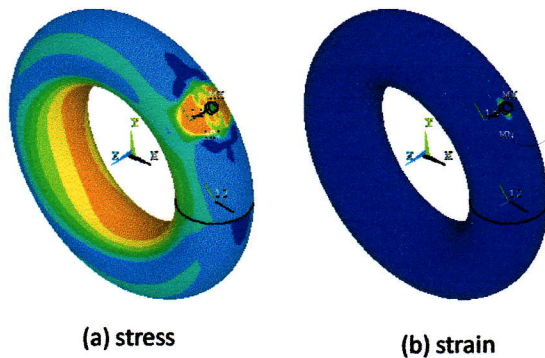


Fig.7 stress and strain distribution when limit internal pressure achieved

Conclusion

From this analysis, it was found that the best design for nozzle position in a circular toroidal tank, indicated by the highest limit pressure, is located at the extrados. For any circumstances, nozzle can be located between extrados and crown, but should not be located between crown and intrados. This result conforms to the membrane theory that the highest stress in toroidal shell under internal pressure occurs at intrados and nozzle shall not be located next to that location.

Acknowledgment

The authors would like to thank Faculty of Engineering the University of Lampung for partially fund this research in PNBPN 2012.

Lists of symbols

E	Young's modulus (MPa)
p	Internal pressure (MPa)
r	Cross-section radius of the tank (mm)
R	Radius of curvature (mm)
t	Wall thickness (mm)
V	Volume of tank (mm^3)

Greek letters

ε	Normal strain (%)
ρ	Radius ratio = R/r
σ	Normal stress (MPa)
ν	Poisson's ratio

Subscripts

Y	Yield stress
-----	--------------

References

ASME, ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII Division 1 (2007).

Btachut, J., Collapse Tests on Externally Pressurized Toroids. ASME Journal of Pressure Vessel Technology, Vol. 125, No. 1, hal. 91 – 96 (2003).

Jiang, W., dan Redekop, D., Static and Vibration Analysis of Orthotropic Toroidal Shells of Variable Thickness by Differential Quadrature. Thin-Walled Structures, Vol.41 No.5, hal. 461 – 78 (2003)

Kisioglu, Y., Burst Tests and Volume Expansions of Vehicle Toroidal LPG Fuel Tanks. Turkish Journal of Engineering Environmental Science, Vol.33 hal. 117 – 125 (2009).

Lubis, A., Saragih, R.S., and Suudi, A., 2010, Studi limit tekanan pada tabung LPG 3kg dengan metode elemen hingga. Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9, 13 – 15 Oktober, Universitas Sriwijaya, Palembang (2010)

Lubis, A., Strength design of toroidal tank for LPG 3-kg. Proceeding SNTTM-10, Universitas Brawijaya, Malang, 2–3 November, ISBN: 978-602-19028-0-6, (2011)

Lubis, A., Oktazari, Z., and Tanti, N., 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, (2012)

Tzou, H.S., and Wang, D.W., Vibration Control of Toroidal Shells with Parallel and Diagonal Piezoelectric Actuators. *ASME Journal of Pressure Vessel Technology*, Vol. 125, No. 2, pp. 171 - 176 (2003)

Velickovic, V., 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 (2007)

Winarto, and Wahyuadi, J.S., Pengkajian Karakteristik Bahan Baku (Raw Material) Lembaran Baja (Steel Plate) untuk Tabung Gas 3kg Produk Lokal dan Impor Secara Metalurgi. *BSN Indonesia* (2008)