

COVER

SAMBUTAN

KEYNOTE SPEAKER

BULETIN ABSTRAK

FULL PAPER

PANITIA



Support by:



Sponsored by:



KEPANITIAAN

Dengan memanjatkan doa syukur kepada Allah SWT, telah diterbitkan buku prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII).

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM XII) menyajikan makalah yang berkualitas yang berasal dari tulisan peneliti dari seluruh Indonesia. Makalah yang dipresentasikan dalam seminar ini meliputi lima konsentrasi teknik mesin yaitu konversi energi 86 makalah, material 54 makalah, konstruksi 50 makalah dan produksi 29 makalah serta pendidikan teknik mesin, 3 makalah.

Pada Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM XII) terdapat makalah tambahan berbahasa Inggris dari sesi internasional sebanyak 32 makalah yang pesertanya adalah peserta nasional dan peserta dari Jepang Society of Mechanical Engineering (JSME). Adanya sesi internasional ini diharapkan sebagai sarana berbagi ilmu dan diskusi antara anggota Badan Kerjasama Teknik Mesin Indonesia (BKSTM) dengan JSME.

Makalah-makalah dalam proceeding ini diharapkan menjadi masukan bagi para peneliti akademisi, industri dan praktisi untuk perkembangan penelitian terkini dalam bidang teknik mesin dan hasilnya dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia. Untuk para penulis agar berkenan untuk terus mempublikasikan hasil penelitian yang berkualitas pada seminar-seminar SNTTM yang akan datang.

REDAKSI

COVER

SAMBUTAN

KEYNOTE SPEAKER

BULETIN ABSTRAK

FULL PAPER

PANITIA

KEPANITIAAN

Penanggung Jawab:

Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, DEA

(Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung)

Harmen, S.T., M.T

(Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung)

Sekjen BKSTM

Prof. Dr-Ing Mulyadi Bur

Ketua Jurusan **PANITIA KEGIATAN**

Pengarah

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

Ketua Pelaksana

Dr. Amrizal, S.T., M.T.

Ketua I

Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T

(Koordinator pelaksana Musyawarah BKSTM)

Ketua II

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

(Koordinator pelaksana SNTTM)

Ketua III

Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.

(Koordinator Pelaksana Lomba Rancang Bangun)

Bendahara

Novri Tanti, S.T., M.T.

Sekretaris

A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Sc.

Bidang Acara :

Dr. Asnawi Lubis, S.T., M.Sc. *(Koordinator)*

Dr. M. Badaruddin, S.T., M.T.

Rabiah Surrianingsih

Dimas Rizky H

Nur Sai'in

Opi Sumardi

Tri Susanto

Yudi Setiawan

Eko Wahyu

Dedi Triyadi

Masagus Imran

Baron Hariyanto

Dedek Lamputra S

Pendanaan :

Ir. Arinal Hamni, M.T. (*Koordinator*)
Dr. Eng. Suryadiwansa, S.T., M.T.
Ir. Herry Wardono, M.Sc.
Jorfri B. Sinaga, S.T., M.T.
Cecep Tarmansyah

Publikasi :

M. Dyan Susila, S.T., M.Eng (*Koordinator*)
Martinus, S.T., M.Sc.
Rudolf S., S.T., M.T.
Ramli
Liwanson Jaya S

Sekretariat&Humas :

Ahmad Suâ€™udi, S.T., M.T. (*Koordinator*)
Ahmad Yahya, S.T., M.T.
Harnowo, S.T., M.T.
Dwi Novriadi
Prancana M Riyadi
Fariz Basef
Intan Sunaryo Putri
Jati Wahyu
Wafda Nadira
Galih Koritawa Purnomo
Yudi Setiawan
Dedi Triyadi

Bidang Acara :

Dr. Asnawi Lubis, S.T., M.Sc. (*Koordinator*)
Dr. M. Badaruddin, S.T., M.T.
Rabiah Surrianingsih
Dimas Rizky H
Nur Sai'in
Opi Sumardi
Tri Susanto
Yudi Setiawan
Eko Wahyu
Dedi Triyadi
Masagus Imran
Baron Hariyanto
Dedek Lamputra S

Pendanaan :

Ir. Arinal Hamni, M.T. (*Koordinator*)
Dr. Eng. Suryadiwansa, S.T., M.T.
Ir. Herry Wardono, M.Sc.
Jorfri B. Sinaga, S.T., M.T.
Cecep Tarmansyah

Publikasi :

M. Dyan Susila, S.T., M.Eng (*Koordinator*)
Martinus, S.T., M.Sc.
Rudolf S., S.T., M.T.
Ramli
Liwanson Jaya S

Akomodasi :

Tarkono, S.T., M.T. (*Koordinator*)
Zulhanif, S.T., M.T.
Agus Sugiri, S.T., M.Eng.
Nafrizal, S.T., M.T
Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T
Dwi Andri Wibowo
Tri Susanto
Ramli
Galih Koritawa P
Dedek Lamputra S
Syarief Fathur Rohman
Chikal Noviansyah
Rahmat Dani
M zen Syarif
Andicha A

Dika Akut Y
Dadang Hidayat
Nanang Trimono

Musyawarah Nasional :

Yayang Rusdiana (koordinator)
Yulian Nugraha
Maulana Efendi
Rizky Dwi Printo
Muhammad Rifai
Ali Mustofa
Akomodasi
Panji Mario Leksono
Stefanus D.P
Hotman Hutagalung
Feri Fariza
Ivan Safalas

Musyawarah Nasional :

Rahmat dani (Koordinator)
Dedi Triyadi
Nurâ€™saiin
Opi Sumardi
M Zen Syarif
Liwanson Jaya S
Ali Mustofa

COVER

SAMBUTAN

KEYNOTE SPEAKER

BULETIN ABSTRAK

FULL PAPER

PANITIA

KONVERSI ENERGI

Kode	NAMA PEMAKALAH DAN JUDUL MAKALAH
KONV 001	<i>Conversion Of Plastic Waste Into Alternative Fuels (Synthetic Fuels) By Gasification Method</i> A. Sagung Dewi, Apip Amrullah, Akhmad Syarief, Rudi Siswanto (Hal.1-4)
KONV 002	<i>Studi Aplikasi Gasifikasi Di Industri Keramik Dan Gerabah : Studi Pola Flame Terhadap Persentase Campuran Bahan Bakar Sekam Padi Dengan Cangkang Kelapa Pada Sistem Gasifikasi Downdraft</i> Adi Surjosatyo, Alvin Maulana (Hal.5-11)
KONV 003	<i>Karakteristik Standing-Wave Heat Engine Thermoacoustic Berdasarkan Variasi Onset Temperatur</i> Adi Surjosatyo, DuagoPijar Wicaksono (Hal.12-21)
KONV 004	<i>Gasification Of Biomass As Alternative Energy Conversion For Rural Area</i> A.A.P. Susastriawan (Hal.22-28)
KONV 005	<i>Pompa Air Energi Termal dengan Fluida Kerja Petroleum Eter</i> A.Prasetyadi, Rusdi Sambada (Hal.29-36)
KONV 006	<i>Development Of The Very Low Head Turbine For Pico and Micro Hydro Application</i> Abdul Muis, Priyono Sutikno, Aryadi Suwono, Firman Hartono (Hal.37-43)
KONV 007	<i>Model Simulasi Pengering Beku Vakum dengan Kombinasi Pembekuan Internal dan Pemanfaatan Panas Buang Kondenser</i> Engkos Achmad Kosasih, Muhammad Idrus Alhamid dan Achmad Maswan (Hal.44-59)
KONV 008	<i>Pengeringan Dengan Udara Sekeliling Sebagai Pengeringan Awal Batubara Untuk Proses Penggilingan di Pabrik Semen</i> Adjar Pratoto, Edo Gusti Ramanda (Hal.60-64)
KONV 009	<i>Pengaruh Viskositas Terhadap Liquid Hold-Up Dan Kecepatan Gelombang Aliran Annular Dua Fasa Gas- Cair Pada Pipa Horisontal</i> Agus Suandi, Ade Indra Wijaya, Deendarlianto, Khasani, Indarto (Hal.65-70)
KONV 010	<i>Analisis Tingkat Kemampuan Penyerapan Panas Radiasi Matahari Oleh Tanaman Taman Untuk Mengatasi Panas Lokal</i> Ahmad Syuhada, Hamdani (Hal.71-76)
KONV 011	<i>Modifikasi Bentuk Permukaan Atas Piston Pada Sepeda Motor Balap (Modification Of Piston Top-Curve To Increase The Performance Of Racing Motorcycle)</i> Ainul Ghurri, Marizal Rusjianto (Hal.77-81)
KONV 012	<i>Studi Literatur Kritis Terhadap Perhitungan Entrainment Ratio Pada Ejektor</i> Akrimni Al Habil, Jooned Hendrarsakti (Hal.82-88)
KONV 013	<i>Konversi Bahan Bakar Padat Dari Sampah Kota Melalui Torefaksi: Optimasi Temperatur Torefaksi Simultan Berdasarkan Hasil Uji Temperatur Torefaksi Masing-masing Komponennya</i> Amrul, Toto Hardianto, Aryadi Suwono, Ari Darmawan Pasek (Hal.89-95)
KONV 014	<i>Karakterisasi Pompa Axial Sebagai Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro</i> Anak Agung Adhi suryAwan, Made Suarda, I Nengah Suweden (Hal.96-101)

KONV 015	Aplikasi Teknologi Plasma Untuk Memproduksi Hidrogen Pada Tekanan Atmosfer Andi Erwin, Eka Putra (<i>Hal.102-106</i>)
KONV 016	Analisa Perbandingan Overall Efficiency Pada Gas Turbine Generator Based Cogeneration Dan Conventional Di Pt.Pusri Ii Aneka Firdaus (<i>Hal.107-111</i>)
KONV 017	The Effect Of The Bubbling Generation Methods On The Performance Of Microbubble Generator Pressurized Type Anggita Gigih W, Pandu Fadlurahman, Deendarlianto, Adhika W (<i>Hal.112-118</i>)
KONV 018	Pengaruh Laju Aliran Udara Pengering terhadap Pengeringan Air dan Sari Buah Tomat pada Pengering Semprot Engkos Achmad Kosasih (<i>Hal.119-125</i>)
KONV 019	Perangkat Pengkondisian Udara Dengan Helical Coil Condenser Sebagai Water Heater Awaludin Martin, Mintarto, Abrar (<i>Hal.126-130</i>)
KONV 020	Secondary Flow pada Pipa Keluar Kompresor Turbin Gas Mikro Bioenergi Proto X-2: Analisis dengan model turbulen STD $k-\epsilon$ dan RNG $k-\epsilon$ Budiarso, Ahmad Indra Siswantara, Steven Darmawan (<i>Hal.131-136</i>)
KONV 021	Pengaruh Jumlah Kolektor Jenis Tabung Setengah Silindris Terhadap Kenaikan Temperatur Fluida Darwin (<i>Hal.137-142</i>)
KONV 022	Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Mesin Pendingin Menggunakan Refrigeran HFC R-134a Dan Hidrokarbon MC-134 Roswati Nurhasanah, Naryono, Prayudi, Yogi Arif Rokhman (<i>Hal.143-148</i>)
KONV 023	Experimental Study On The Interfacial Behavior Of Air-Water Slug Two-Phase Flow In A Horizontal Pipe Deendarlianto, Okto Dinaryanto, Akhmad Zidni Hidayah, Indarto (<i>Hal.149-155</i>)
KONV 024	Studi Numerik Perpindahan Panas Konveksi-Gabungan Fluida Nano ZrO₂-Air pada Berkas 7-Silinder Vertikal Diah Hidayanti, Nathanael P. Tandian, Aryadi Suwono (<i>Hal.156-162</i>)
KONV 025	Kaji Eksperimental Kolektor Surya Heat Pipe Untuk Heat Pump Temperatur Tinggi Dian Wahyu, Abdurrachim (<i>Hal.163-170</i>)
KONV 026	Pengaruh Posisi Sirip Sudu Terhadap Karakteristik Kincir Angin Petani Garam Di Pantai Doddy Purwadianto, Trio Pardomuan D (<i>Hal.171-176</i>)
KONV 027	Studi Eksperimental Pengaruh penambahan Etanol Pada Bahan Bakar Bensin Riman Sipahutar (<i>Hal.177-183</i>)
KONV 028	Perbandingan Hasil Simulasi Numerik dengan Hasil Eksperimen untuk Aliran Udara di dalam Saluran dengan Penampang Segitiga dari Suatu Kolektor Surya Ekadewi Handoyo, Sutrisno, Djatmiko Ichsani, Prabowo, Sutardi, Fandi D. Suprianto (<i>Hal.184-190</i>)
KONV 029	Kajian Numerik Kinerja Viv Suppression Devices Berjenis Helical Rods Bergap Padakasuk Angka Reynolds Besar Erwina R. Ilma, Rudi Walujo, Prastianto, Wisnu Wardhana, Eko Budi Djatmiko (<i>Hal.191-196</i>)
KONV 030	Effects of Excess Air on Coal Combustion Characteristics in Bubbling Fluidized Bed Combustor Fransisko Pandiangan, Tri Agung Rohmat, Purnomo (<i>Hal.197-201</i>)
KONV 031	Experimental Study of Slug/Plug Flow on Co-Current Downward Two Phase Flow in a Vertical Pipe Franky S. Kusuma, Barlian, Indarto, Deendarlianto, and Adhika W. (<i>Hal.202-206</i>)
KONV 032	Pengembangan Metoda Penentuan Temperatur dan Tekanan Optimum Masuk Turbin pada Siklus Rankine Organik Berdasarkan Temperatur Brine dan Tingkat Keadaan Kritis Fluida Kerja Fitratul Qadri, Abdurrachim (<i>Hal.207-214</i>)
KONV 033	Efek Perubahan Heat Flux Terhadap Konveksi Bebas Pada Permukaan Miring Menggunakan Interferometer Differential Gatra Tria Rahendra dan Joone Hendrarsakti (<i>Hal.215-221</i>)
KONV 034	The Implementation Of Image Processing Technique To Determine The Interfacial Behavior Of Gas-Liquid Wavy Two-Phase Flow In A Horizontal Pipe Hadiyan Y. Kuntoro, Akhmad Zidni Huidaya, Okto Dinaryanto, Deendarlianto, Indarto (<i>Hal.222-230</i>)
	Interaksi Bubble-Particle Pada Proses Flotasi

KONV 035	Harinaldi, Warjito, Manus Setyantono (<i>Hal.231-237</i>)
KONV 036	Unjuk Kerja Papan Partikel Sekam Padi Sebagai Isolator Panas Hary Wibowo,Toto Rusianto, Andhi Sujatmiko (<i>Hal.238-245</i>)
KONV 037	Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Diffuser Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Bersudu Loopwing Dengan Variasi Rasio Luas Penampang Diffuser Hermawan, M.Agung Bramantya, Lukito Ardhi Nugroho (<i>Hal.246-252</i>)
KONV 038	Unjuk Kerja Model Pengereng Energi Surya I Gusti Ketut Puja (<i>Hal.253-257</i>)
KONV 039	Kajian Pengaruh Pemanasan Awal Terhadap karakteristik Nyala Api Laminar Jetflame Dan Efisiensi Pembakaran Pada Kompor Gas Bioetanol I Made Kartika Dhiputra, Numberi John Jonatan (<i>Hal.258-261</i>)
KONV 040	Pengaruh Rasio Kompresi Terhadap Performans Genset Dengan Penggerak Mesin Diesel Satu Silinder, 4 Langkah Berbahan Bakar Dual Fuel I Made Suardjaja (<i>Hal.262-266</i>)
KONV 041	Usaha Penghematan Energi PLTU 450 Watt Dengan Cara Mengurangi Rugi Kalor Condensate Di Jalur Condenser Menuju Boiler Ibnu Roihan, Engkos A. Kosasih, Raldi A. Koestoer (<i>Hal.267-273</i>)
KONV 042	Rekonstruksi Turbin Pembangkit Tenaga Listrik Mikrohidro Berbasis Pedesaan Dengan Head 5 m (<i>Reconstructions Of Rural Basedmicrohidro Power Plant With Head 5 m</i>) Ibrahim SB (<i>Hal.274-280</i>)
KONV 043	Pengembangan Pendingin Kabin Mobil Berbasis Termoelektrik Imansyah Ibnu Hakim, Ary Samgita (<i>Hal.281-287</i>)
KONV 044	Perancangan dan Pembuatan Mesin Pendingin Adsorpsi Berselang Skala Kecil Indra Gunawan, I Made Astina (<i>Hal.288-297</i>)
KONV 045	Pengaruh Perubahan Sudut Pitch Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Tingkat Dua Dengan Bilah Profile Modified Naca 0018 Indra Herlamba Siregar, Nur Kholis, Aris Anshori (<i>Hal.298-304</i>)
KONV 046	Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Minuman Kaleng Dengan Termoelektrik Bersumber Dari Arus Dc Kendaraan Dalam Rangkaian Seri Dan Paralel Irwin Bizzy, Rury Apriansyah (<i>Hal.303-309</i>)
KONV 047	Pemanfaatan Kincir Angin Petani Garam untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Lakmaras, Kabupaten Belu, NTT Isidorus Mau Loko, RB. Dwiseno Wihadi, YB. Lukiyanto (<i>Hal.310-314</i>)
KONV 048	Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Air Sungai di Desa Tenga Kabupaten Minahasa Selatan Propinsi Sulawesi Utara Jenly D.I. Manongkoda Parabelem T.D. Rompas (<i>Hal.315-319</i>)
KONV 049	Pengaruh Penambahan Cangkang Biji Jambu Mete Pada Bahan Bakar Ketel Uap Terhadap Pembentukan Slagging Dan Fouling Johannes Leonard (<i>Hal.320-326</i>)
KONV 050	<i>Development of Simulation Model for Charging of Stratified Thermal Energy Storage Tank in Cogeneration Plant</i> Joko Waluyo (<i>Hal.327-333</i>)
KONV 051	Rancang Bangun Ulang Kompor Briket Batubara Berpemanik Api Untuk Memudahkan Proses Penyalaan Awal (For Pre Heating Processing Easierre-Design And Fabrication The Ignition-Coal Stove) Joko Triyono, Rendy Adhi Rachmanto, Wahyu P. Raharjo (<i>Hal.334-338</i>)
KONV 052	Aplikasi Algoritma Genetika dalam Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap Kemal Arganta Samudra dan I Made Astina (<i>Hal.339-345</i>)
KONV 053	Efektivitas Alat Pengereng Energi Matahari Terhadap Jumlah dan Jenis Bahan Yang Dikeringkan Kemas Ridhuan (<i>Hal.346-351</i>)
KONV 054	Pengaruh Tinggi Bed Terhadap Kecepatan Minimum Fluidisasi dan Distribusi Temperatur Dalam Fluidized Bed Combustor Kevin Kristiantana, Tri Agung Rohmat, Purnomo (<i>Hal.352-358</i>)

KONV 055	Analisis Eksergi pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Palu Khairil Anwar, Muhammad Hasan Basri, Ikmal Tobe (<i>Hal.359-365</i>)
KONV 056	Studi Tentang Aliran Fluida Gas-Cair Melalui Pipa Horizontal Pembesaran Mendadak Khairul Muhajir (<i>Hal.366-373</i>)
KONV 057	Perilaku Aliran Roda Air arus Bawah Plat Bengkok dengan Variasi Jumlah Sudu Luther Sule (<i>Hal.374-380</i>)
KONV 058	Karakteristik Kolektor Surya Plat Datar Bersirip Aliran Dua Pass M. Yahya dan Hendriwan Fahmi (<i>Hal.381-386</i>)
KONV 059	Perancangan dan Pengujian Unjuk Kerja Katup Tekan Pompa Hydram Model Katup Plat, Membran, Bola Dan Setengah Bola Made Suarda, I Gusti Ketut Sukadana (<i>Hal.387-394</i>)
KONV 060	Simulasi CFD Pada Long Flexible Cylinderyang Mengalami Vortex Induced Vibration Maria Margareta Z. B, Rudi Walujo Prastianto, Handayanu, Murdjito (<i>Hal.395-401</i>)
KONV 061	Studi Eksperimental Penyimpanan Energi Termal pada Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Thermosyphon Dengan Mengintegrasikan Air dan Paraffin Wax sebagai Material Penyimpan Kalor Muhammad Nadjib, Suhanan (<i>Hal.402-406</i>)
KONV 062	Studi Alat Destilasi Surya Untuk Mengolah Air Laut Menjadi Air Bersih Dan Garam Mulyanef, Burmawi dan Muslimin K. (<i>Hal.407-410</i>)
KONV 063	Pengaruh Perubahan Tekanan Tangki Tekan Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal. Nasaruddin Salam (<i>Hal.411-415</i>)
KONV 064	Temperatur Nyala Adiabatik pada Pembakaran Premixed LPG/CO2/udara dalam Hele Shaw Cell Nasrul Ilminnafik (<i>Hal.416-420</i>)
KONV 065	Pelatihan Teknik Mengemudi Smart Driving untuk Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca dan Menekan Biaya Transportasi Angkutan Darat Nazaruddin Sinaga (<i>Hal.421-428</i>)
KONV 066	Pengembangan Model Persamaan Konsumsi Bahan Bakar Efisien Untuk Mobil Penumpang Berbahan Bakar Bensin Sistem Injeksi Elektronik (EFI) Nazaruddin Sinaga, S. J. Purnomo, A. Dewangga (<i>Hal.429-433</i>)
KONV 067	Tingkat Produktifitas Biogas Dengan Bahan Baku Kotoran Sapi Dengan Variasi Bahan Tambah Ragi Dan Tetes Tebu Novi Caroko (<i>Hal.434-437</i>)
KONV 068	Simulasi numerik arus bawah laut di selat Bunaken Kota Manado Propinsi Sulawesi Utara Parabelem T.D. Rompas, Jenly D.I. (<i>Hal.438-444</i>)
KONV 069	Pengaruh Porositas dan Kecepatan Putar Membran Terhadap Kinerja Rotating Filter Prajitno, Yogapratama, Taufiq
KONV 070	Pengaruh Konveksi dan Radiasi Termal Terhadap Penurunan Temperatur Billet Baja Dalam Sistem Transportasi Billet Baja Prayudi, Efy Yosrita
KONV 071	Pengaruh Peletakan Static Radial Fin Mixer Terhadap Unjuk Kerja Heat Exchanger Tipe Counter Flow Purnami (<i>Hal.445-449</i>)
KONV 072	Simulasi Numerik Perilaku Aliran Dan Pemisahan Termal Di Dalam Tabung Vorteks Radi Suradi K, Sugianto (<i>Hal.450-454</i>)
KONV 073	Penggunaan Pipa Kalor Matriks Sebagai Pendingin Sel Surya Rahmat Subarkah, Tatun Hayatun (<i>Hal.455-462</i>)
KONV 074	Studi Pengaruh Luasan Total Lubang Katup RB. Dwiseno Wihadi (<i>Hal.463-468</i>)
KONV 075	Kerugian Tekanan Dan Model Matematika Aliran Lumpur Dalam Pipa Bulat Ridwan (<i>Hal.469-473</i>)
KONV 076	Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Bioetanol, Putaran Poros Dan Vacuum Tube Type 4y2 Terhadap Prestasi Pada Motor Bakar Bensin Empat Langkah Satu Selinder Romy, Awaludin Martin, Agus Setiawan (<i>Hal.474-478</i>)

KONV 077	Perancangan Turbin Angin Darrieus Tipe H Berkapasitas 1.035 Watt Yang Akan Diaplikasikan Di Ruangdekanat Fakultas Teknik Universitas Riau Romy, Awaludin Martin, IrfandiPratama, IvandHinting, Hariyono (<i>Hal.479-483</i>)
KONV 078	Analisis Komputasi Pengaruh Kontrol Aktif Suction pada Hambatan Aerodinamika Model Kendaraan Rustan Tarakka, Harinaldi, Budiarmo, Nasaruddin Salam, Baharuddin Mire (<i>Hal.484-489</i>)
KONV 079	Pengaruh Variasi Diameter Dan Tinggi Tabung Udara Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram Sehat Abdi Saragih (<i>Hal.490-494</i>)
KONV 080	Analisa Neraca Air Permukaan dan Kualitas Air Berdasarkan Debit Sungai di DAS Kali Cipinang Provinsi Sorimuda Harahap, Eddy Djatmiko (<i>Hal.495-498</i>)
KONV 081	Profil Temperatur Terhadap Posisi Circumferential Pipa pada Proses Kondensasi Uap di dalam Pipa Horizontal Sukamta, Indarto, Purnomo, Tri Agung Rohmat (<i>Hal.499-503</i>)
KONV 082	Pengaruh Viskositas Larutan Gelatin Terhadap Kemampuan Alir Pada Head Printer Sunyoto, Alva Edy Tontowi , Widowati Siswomihardjo, Rochmadi (<i>Hal.504-507</i>)
KONV 083	Studi Eksperimen Aliran Turbulen didalam Difuser Simetris 3D Berdinding Datar dengan Penambahan Splitter Sutardi, Harbangan D (<i>Hal.508-513</i>)
KONV 084	Pengujian Performansi Sepeda Motor Yamaha V-Ixion dengan Modifikasi Penambahan Air Injection Syahbardia (<i>Hal.513-518</i>)
KONV 085	Analisis Rugi Energy Tekanan Pada Pemisahan Aliran Terhadap Variasi Sudut Sambungan Y Syamsul Arifin, Rustan Taraka,Mahbub Arfah (<i>Hal.519-524</i>)
KONV 086	Konversi Sampah Kota Menjadi Bahan Bakar Padat: Modifikasi Sistem Torefaksi Kontinu Unggun Terfluidisasi untuk Mengakomodasi Karakteristik Sampah Toto Hardianto, Aryadi Suwono, Ari Darmawan Pasek, Amrul (<i>Hal.525-532</i>)
KONV 087	Analisa Perhitungan Nilai Optimum Kalor Dari Pengujian Pengeringan Bahan Bakar Padat Terang Ukur HSGM, Budhi Santri Kusuma (<i>Hal.533-535</i>)
KONV 088	Minimalisasi Beban Parasitik pada Sistem Pendingin Utama Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Yoga Putra Andrian, I Made Astine (<i>Hal.536-541</i>)
KONV 089	Electrospun AZO Electrodes and Solid-State Electrolyte for Dye-Sensitized Solar Cells Zainal Arifin, Suyitno, M. Anwar, Ahmadi Omid, Agus Supriyant), Lukman Nulhakim (<i>Hal.542-548</i>)
KONV 090	Analisis Efek Beban Thermal pada Perancangan Pressure Vessel untuk Pengolahan Limbah Kelapa Sawit dengan Kapasitas 10.000 Ton/Bulan A. Yudi Eka Risano (<i>Hal.549-555</i>)
KONV 091	Pemanfaatan Filter Udara Eksternal Dari Zeolit Pelet Lampung Teraktivasi Naoh-Fisik Untuk Mereduksi Konsumsi Bensin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4-Langkah Herry Wardono, Prima Kumbara (<i>Hal.556-559</i>)
KONV 092	Prediksi Penurunan Daya Pompa Akibat Penambahan Bahan Berubah Fasa Pada Refrigeran Sekunder Sistem Pengondisian Udara Jenis Chilled Water Muhammad Irsyad, Aryadi Suwono, Yuli S. Indartono (<i>Hal.560-564</i>)
KONV 093	Analisa Pengaruh Penggunaan Brown Gas Terhadap Prestasi Mesin Harmen, Egi Naratama, Jasiron dan Riyan Arizona (<i>Hal.565-573</i>)
KONV 094	FMEA of the PLTA Mrica Viktor Malau, Greg. Harjanto (<i>Hal.574-582</i>)

PENGARUH VISKOSITAS TERHADAP *LIQUIDHOLD-UP* DAN KECEPATAN GELOMBANG ALIRAN *ANNULAR* DUA FASE GAS-CAIR PADA PIPA HORIZONTAL

Agus Suandi, Ade Indra Wijaya, Deendarlianto, Khasani, Indarto

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri,
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281, Indonesia
e-mail: suandi.agus@gmail.com

Abstrak

Informasi yang rinci mengenai karakteristik aliran dua fase penting untuk dipelajari karena berkaitan dengan kinerja peralatan yang dapat bersifat merusak sehingga berakibat fatal bagi keselamatan. Salah satu faktor yang dianggap menjadi variabel penting dan dianggap berpengaruh terhadap karakteristik aliran *annular* adalah viskositas cairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh viskositas cairan pada *hold-up* dan kecepatan gelombang aliran *annular* horizontal searah dua fase gas-cair sebagai fungsi waktu. Untuk mevariasikan viskositas cairan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan air dan larutan gliserin-air 30% volume untuk mengubah viskositas kinematik cairan dari $0,855 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ hingga $6,0198 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Penelitian telah dilakukan secara eksperimental untuk meneliti *hold-up* cairan terhadap variasi waktu dalam pipa *acrylic* transparan dengan diameter dalam 26,0 mm dan panjang total 9,5 m. Untuk mengamati profil *hold-up* cairan juga dilakukan variasi pada kecepatan superfisial gas (J_G) dari 12 m/s hingga 40 m/s dan kecepatan superfisial cairan (J_L) 0,05 m/s. Pengukuran dilakukan menggunakan metode arus konstan CECM dengan memasang tiga unit sensor *hold-up* cairan yang diatur dengan jarak 215 mm. Kecepatan gelombang ditentukan menggunakan korelasi silang data dari dua sensor *hold-up* cairan. Hasil dari sinyal variasi waktu terhadap penampang rata-rata *hold-up* cairan dideteksi menggunakan perangkat CECM yang dapat digunakan untuk menentukan profil *hold-up* dan kecepatan gelombang aliran *annular*. Sebagai hasilnya, viskositas memiliki peran penting pada *hold-up* dan kecepatan gelombang cairan pada aliran *annular* dua fase gas-cairan pada pipa horizontal dan hasil penelitian ini bisa menjadi referensi untuk aliran *annular* dengan perubahan viskositas cairan.

Kata kunci: aliran multifase, aliran *annular*, viskositas, *hold-up*, kecepatan gelombang

Pendahuluan

Aliran *annular* dua fase gas-cair, dimana *liquidfilm* dengan berbagai ukuran gelombang mengalir pada dinding, dan arus fase gas di pusat tabung dengan kecepatan yang sangat besar dari lapisan cairan, sering dijumpai di banyak industri yang menggunakan generator uap di pembangkit listrik, berbagai boiler, pipa yang membawa uap basah, dan peralatan pendingin gas.

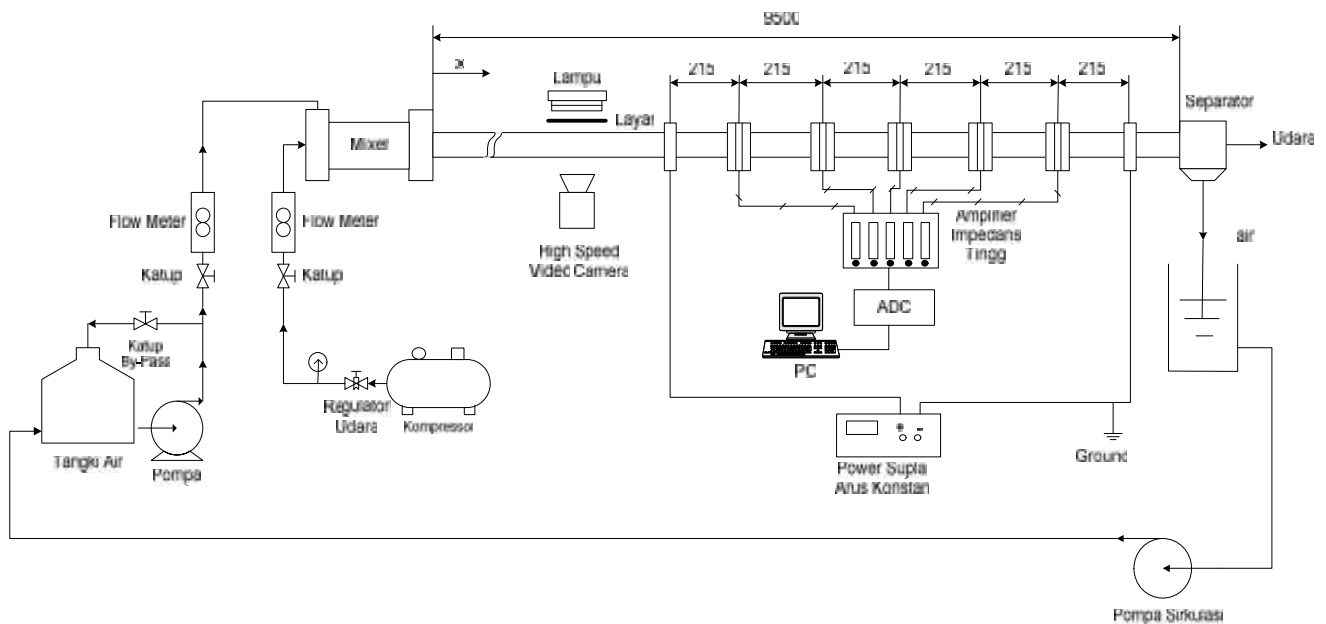
Pola aliran *annular* terjadi dikarenakan kecepatan gas yang jauh lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan cairan (*liquid*) sebagai pengaruh dari massa jenis (*density*) yang berbeda.

Di antara banyak penelitian beberapa peneliti memperlakukan pengaruh sifat-sifat fisik fluida pada aliran lapisan tipis cairan [4]. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai analisa visual dan sinyal tentang pengaruh viskositas terhadap *liquidhold-up* dan kecepatan gelombang aliran *annular* gas-cair pada

pipa horizontal. Kondisi penelitian ini dilakukan pada tekanan atmosfer dan diasumsikan tidak ada transfer panas yang terjadi.

Analisa sinyal *output* sensor meliputi *liquidhold-up* sebagai fungsi waktu, *cross correlation* sebagai fungsi waktu, *probability distribution function* (PDF), dan kecepatan gelombang [5]. Hal-hal tersebut merupakan bagian penting untuk mengetahui karakteristik aliran.

Fukano (1998) mengembangkan metode konduktansi yang dikenal dengan *Constant Electric Current Method* (CECM) [3]. Dalam CECM, sumber tenaga arus konstan digunakan untuk memberi tenaga listrik pada dua buah elektroda. Sumber arus inilah yang digunakan sensor untuk mendapatkan sinyal. Keutamaan CECM adalah keluaran elektroda sensor tidak tergantung pada lokasi fluida, sensitivitas mendeteksi perubahan *hold-up* lebih tinggi, dan interaksi diantara kedua elektroda diabaikan.



Gambar 1. Skema fasilitas penelitian

Metode Eksperimen dan Fasilitas yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan pipa *acrylic* diameter 26 mm dengan panjang total 9.5 m. Pipa *acrylic* yang digunakan transparan sehingga pola aliran yang terjadi dapat diamati dengan baik. Pengambilan data pada seksi uji dilakukan pada jarak 5 m dari mulai awal masuknya fluida. Dengan demikian diharapkan fluida sudah terbentuk secara sempurna. Gas dan dua cairan berbeda digunakan pada penelitian ini yaitu air dan larutan air-gliserin 30% volume sebagai fluida pengujian. Properti fluida kerja ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Properti fluida kerja yang digunakan

Fluida	ν_L (m ² /s)	ρ_L [kg/m ³]
Air 100%	0.885	998
larutan gliserin 30%	3.200	1090

ν_L : kinematic viscosity, ρ_L : density

Tabel 2. Matrik penelitian

J_L (m/s)	J_G (m/s)				
	12	18	25	30	40
0.05	1	2	3	4	5

Pengambilan data sinyal menggunakan metode *Constant Electric Current Method* (CECM). Untuk mendapatkan sinyal *liquidhold-up* digunakan 3 buah sensor dan 2 buah elektroda dengan jarak masing-masing sensor dan elektroda 215 mm. Elektroda ini berfungsi mengalirkan arus listrik konstan yang bersumber dari *power supply*.

Sinyal *liquidhold-up* yang mengalir melalui sensor akan dikuatkan oleh amplifier dan diteruskan melalui *Analog Digital Converter* (ADC). ADC berfungsi mengubah sinyal analog menjadi data *digital*

sehingga sinyal dapat terdeteksi oleh komputer seperti terlihat pada Gambar 1.

Fungsi *cross correlation* digunakan untuk menghitung *time lag* antar dua sinyal keluaran sensor sehingga jika jarak kedua sensor diketahui maka kecepatan gelombang dapat diketahui juga. Perhitungan kecepatan gelombang didapat dari rasio perbandingan antara jarak sensor (215 mm) dengan keterlambatan waktu antara 2 buah sensor.

Prinsip kerja dari CECM didasarkan pada tahanan cairan dan gas yang melewati sensor, dimana tahanan cair dan gas memiliki perbedaan. Tahanan gas lebih besar dibandingkan dengan tahanan cairan. Dari prinsip inilah Fukano mengembangkan CECM sebagai metode berbasis sinyal.

Tahanan dua fase R_{TP} dapat diekspresikan dengan [3]:

$$\frac{1}{R_{TP}} = \frac{1 - \eta}{R_G} + \frac{\eta}{R_L} \tag{1}$$

dimana: R_G = Tahanan dari fase gas yang menempati luasan potongan pipa.

R_L = Tahanan dari fase cairan yang menempati luasan potongan pipa.

R_{TP} = Tahanan dari dua fase yang menempati luasan potongan pipa.

Liquidhold-up dinyatakan dengan tegangan dalam satuan panjang, (V_{TP}) ketika arus konstan diberikan (I_0). Pada kasus dua fase gas-air kondisi $R_G \gg R_L$, *liquidhold-up* dinyatakan dengan Persamaan (2):

$$\eta = \frac{R_L}{R_{TP}} = \frac{I_0 R_L}{I_0 R_{TP}} = \frac{V_L}{V_{TP}} \tag{2}$$

dimana: V_L = penurunan tegangan saat cairan memenuhi permukaan penampang mengalir melalui sensor.

V_{TP} = penurunan tegangan saat fluida dua fase mengalir melalui sensor.

Pada analisis sinyal, rata-rata keterlambatan waktu antara dua sensor *liquidhold-up* dapat dihitung dari fungsi *cross correlation*, untuk data digital dari sensor 1 dan 2, yaitu:

$$\pi_{12}(\tau) = \frac{R_{12}(\tau)}{\sqrt{R_{11}(\tau)R_{22}(\tau)}} \quad (3)$$

dimana: π_{12} = fungsi *cross-correlation* yang dinormalisasi
 = *time lag* antara dua sinyal *liquidhold-up*.

Fungsi *cross correlation* (R) dinyatakan dalam

$$R_{12}(\tau) = E\{X_1(\tau)X_2(t + \tau)\} \quad (4)$$

dimana E adalah nilai rata-rata.

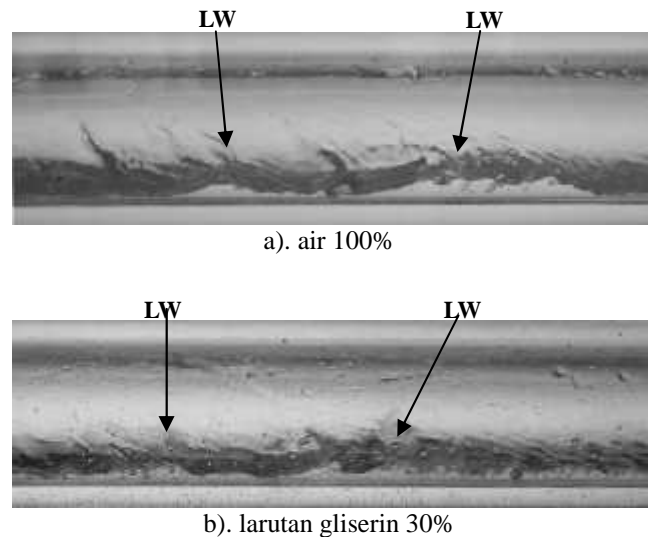
PDF digunakan untuk mengetahui sebaran nilai *liquid hold-up* yang dominan sehingga dari grafik PDF dapat diamati ketebalan lapisan dasar cairan dan tinggi gelombang dari aliran.

Hasil dan Pembahasan

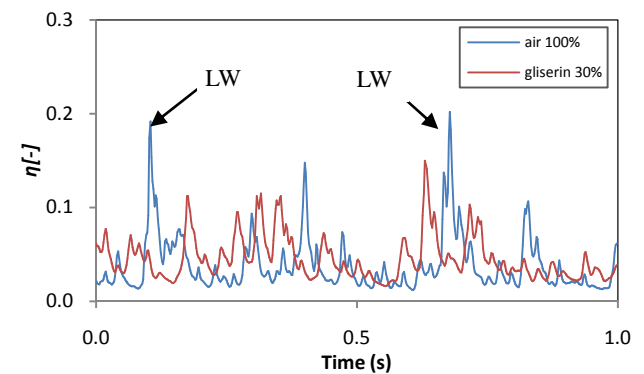
a. Pengukuran *liquidhold-up*

Setelah dilakukan pengujian untuk kedua jenis cairan dengan viskositas berbeda untuk kecepatan superfisial cairan dan gas yang sama, $J_L = 0.05$ m/s dan gas $J_G = 12$ m/s, dapat kita amati secara visual pembentukan aliran *annular* pada fluida air 100% (Gambar 2.a) dan larutan gliserol 30% (Gambar 2.b) dimana aliran yang terjadi membentuk aliran *wavy-annular* walaupun lapisan cairan pada bagian atas penampang pipa masih terlihat samar-samar.

Tanda SW pada gambar merupakan gelombang kecil dan LW gelombang besar. Fukano dkk.(1983) [2] telah mengusulkan sebuah model aliran untuk aliran lapisan cairan dalam aliran *annular* gas-cairan horisontal. Menurut model aliran ini, aliran lapisan cairan terdiri dari gelombang yang kacau dan lapisan cairan kontinu. Lapisan cairan disebut sebagai lapisan dasar, dan riak yang terbentuk pada lapisan dasar yang disebut sebagai gelombang dasar. LW menunjukkan gelombang yang kacau pada sistem gas-cairan. Pada Gambar 2.a dan 2.b memperlihatkan gelombang-gelombang besar.

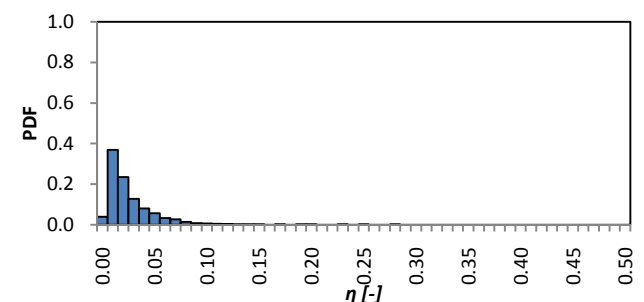


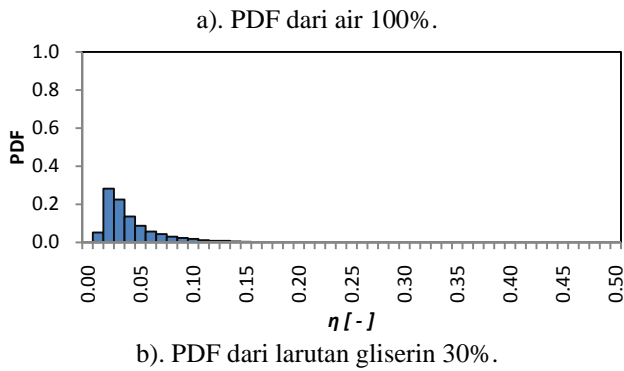
Gambar 2. Foto struktur antar muka gas-cairan aliran *wavy-annular* pada $J_L = 0.05$ m/s dan $J_G = 12$ m/s.



Gambar 3. *Liquidhold-up* terhadap variasi waktu pada $J_L = 0.05$ m/s dan $J_G = 12$ m/s

Gambar 3 memperlihatkan grafik perbandingan *liquid hold-up* untuk kedua jenis viskositas cairan terhadap fungsi waktu ($J_L = 0.05$ m/s dan $J_G = 12$ m/s). Terlihat gelombang besar yang sesuai dengan pengamatan visual pada Gambar 2. Pada grafik Gambar 3 juga dapat diamati ketebalan lapisan dasar kedua jenis cairan berbeda. Dari pengamatan tersebut dapat dicocokkan dengan sebaran data yang telah diklasifikasi pada Gambar 4, dimana terbukti bahwa lapisan dasar larutan gliserin 30% terlihat sedikit lebih tebal.

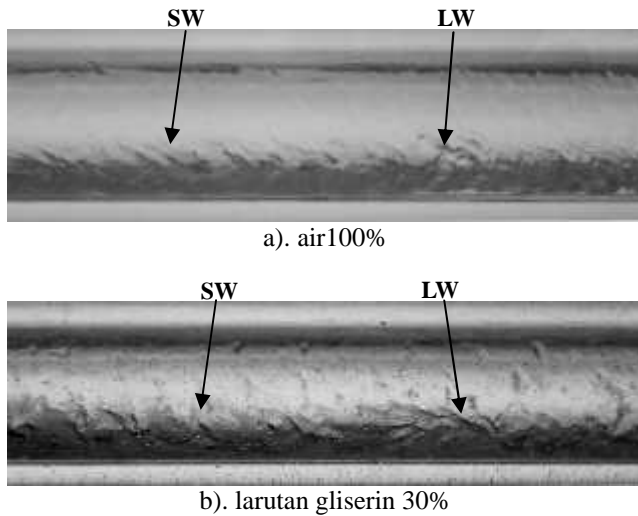




Gambar 4. PDF aliran *annular* pada $J_L = 0.05$ m/s dan $J_G = 12$ m/s

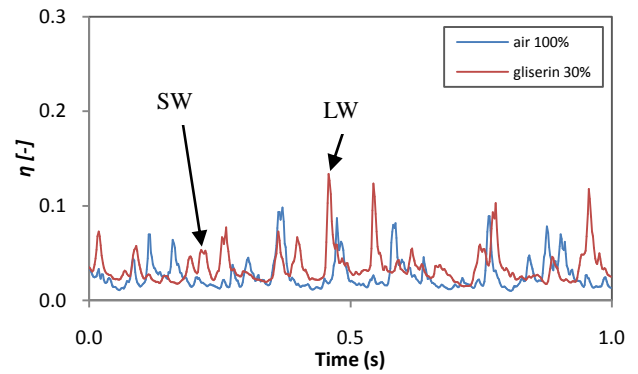
Gambar 4 memperlihatkan sebaran nilai *liquid hold-up* pada kecepatan superficial yang masih rendah. Gambar 4.a memperlihatkan nilai PDF untuk nilai *liquid hold-up* paling dominan dengan persentase terbesar bernilai 0,01 sebesar 36% data, sedangkan pada Gambar 4.b larutan gliserin 30% persentase terbesar bernilai 0,02 sebesar 28% data.

Dari Gambar 5.a dan 5.b terlihat pembentukan aliran *annular*. Secara visual dapat terlihat masih terdapat gelombang-gelombang besar namun telah terjadi penurunan jumlah gelombang yang kacau.



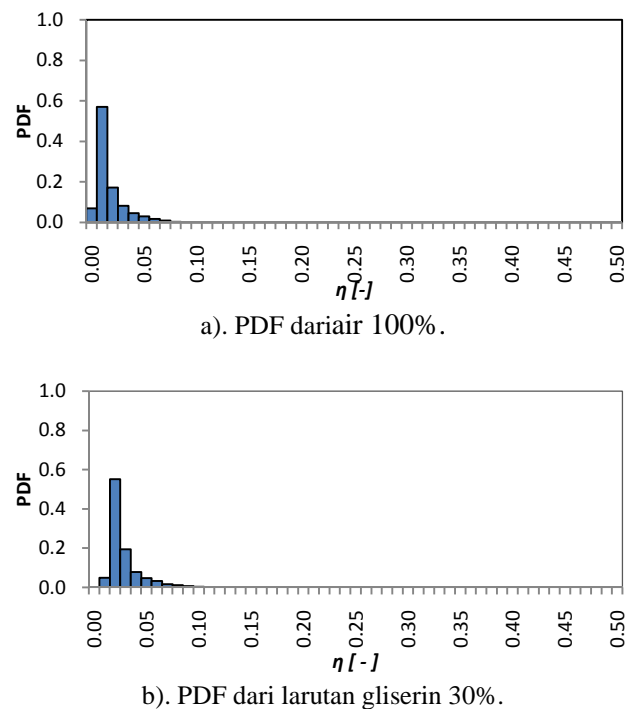
Gambar 5. Foto struktur antar muka gas-cairan aliran *annular* pada $J_L = 0.05$ m/s dan $J_G = 18$ m/s

Pada Gambar 6 terlihat penurunan jumlah gelombang besar (LW) dan mulai terbentuknya gelombang-gelombang kecil (SW), dimana sesuai dengan pengamatan visual pada Gambar 5 tidak ada lagi gelombang yang kacau. Pada grafik Gambar 6 juga dapat diamati ketebalan lapisan dasar kedua jenis cairan berbeda dengan lapisan dasar larutan gliserin 30% tetap terlihat sedikit lebih tebal, akan tetapi lapisan dasar kedua jenis cairan sedikit lebih tipis dari pengamatan pada Gambar 3.



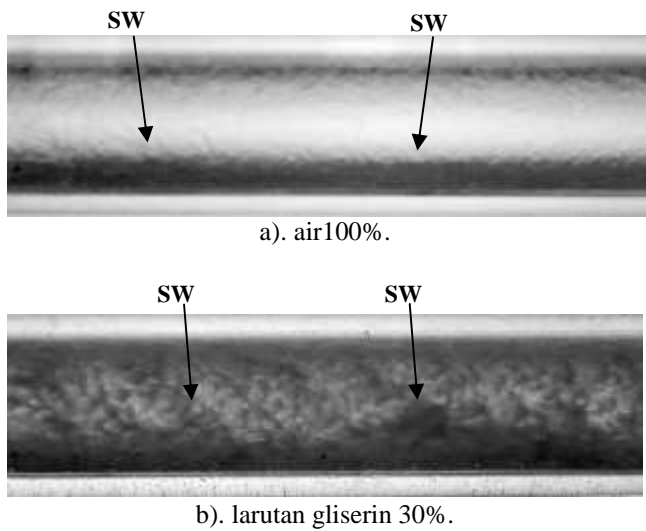
Gambar 6. *Liquid hold-up* terhadap variasi waktu pada $J_L = 0.05$ m/s dan $J_G = 18$ m/s

Dari analisa PDF terlihat jelas bahwa pengaruh viskositas sangat berperan. Terlihat nilai *liquid hold-up* yang dominan berbeda untuk air 100% nilai *liquid hold-up* terbesar pada 0,01 sebesar 57% (Gambar 7.a), sedangkan untuk larutan gliserin 30% (Gambar 7.b) terbesar pada 0,02 sebesar 55%. Dari grafik ini dapat dilihat bahwa seiring kenaikan kecepatan superficial gas, lapisan dasar cairan semakin menipis yang ditandai oleh menurunnya nilai sebaran *liquid hold-up*.

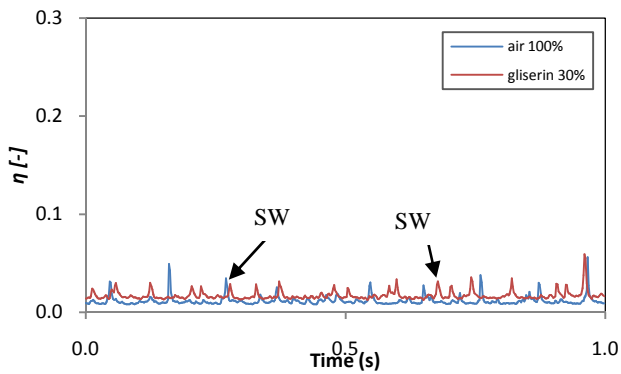


Gambar 7. PDF aliran *annular* pada $J_L = 0.05$ m/s dan $J_G = 18$ m/s

Contoh pengamatan visual terakhir ditunjukkan pada Gambar 8 dimana kecepatan superficial gas terbesar yaitu $J_G = 40$ m/s. Tampak bahwa tidak ada gelombang yang kacau dan hanya terjadi riak. Bila diamati, pengaruh viskositas pada nilai *liquid hold-up* serta gelombang yang terjadi mendekati bentuk riak.



Gambar 8. Foto struktur antar muka gas-cairan aliran *annular* pada $J_L = 0.05$ m/s dan $J_G = 40$ m/s.

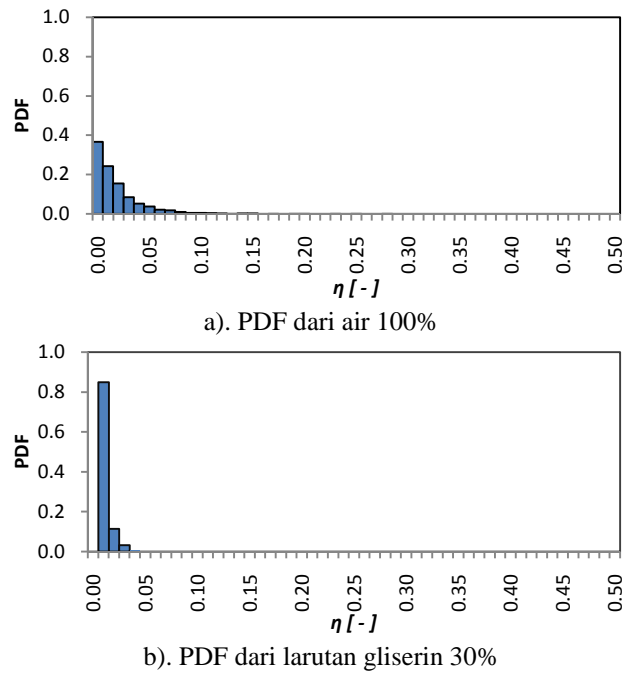


Gambar 9. *Liquid hold-up* terhadap variasi waktu pada $J_L = 0.05$ m/s dan $J_G = 40$ m/s

Gambar 9 menunjukkan bahwa pembentukan aliran *annular* sudah sempurna untuk kecepatan superfisial gas terbesar pada penelitian ini yaitu $J_G = 40$ m/s. Viskositas berpengaruh pada nilai *liquid hold-up* serta gelombang kecil yang terjadi mendekati bentuk riak. Di sisi lain keberadaan SW menjadi lebih jelas menunjukkan bahwa jika viskositas meningkat, maka fluktuasi ketebalan lapisan tipis cairan terhadap waktu juga menjadi kuat seperti terlihat pada gambar 9.

Fakta ini menunjukkan bahwa faktor gesekan antar muka, yang akan terkait erat dengan karakteristik gelombang, sangat dipengaruhi oleh viskositas.

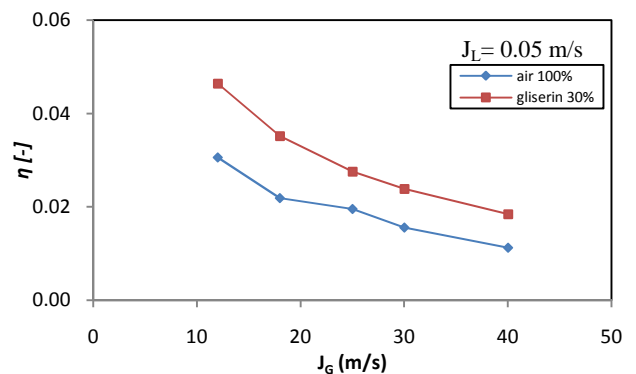
Dari analisa PDF pada Gambar 10 memperkuat keyakinan bahwa terlihat jelas pengaruh viskositas terhadap *liquid hold-up*. Terlihat pada nilai *liquid hold-up* dominan yang berbeda untuk air 100% (Gambar 10.a) dan larutan gliserin 30% (Gambar 10.b), dimana semakin besar nilai superfisial gas maka nilai *liquid hold-up* semakin bernilai rendah.



Gambar 10. PDF aliran *annular* pada $J_L = 0.05$ m/s dan $J_G = 40$ m/s

b. *Liquid hold-up* rata-rata

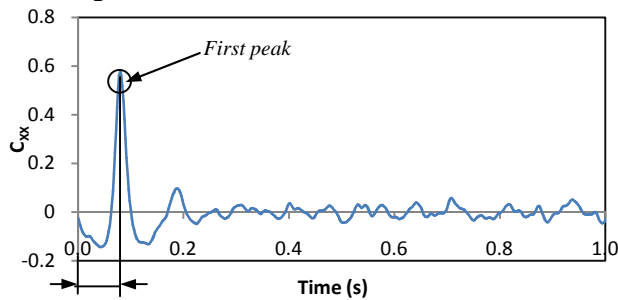
Dari Gambar 11, terlihat viskositas berpengaruh terhadap *liquid hold-up* rata-rata. Dengan meningkatnya viskositas cairan maka nilai *liquid hold-up* rata-rata akan meningkat. Ini dapat diartikan bahwa ketebalan lapisan dasar cairan di pengaruhi oleh besaran viskositas dari cairan tersebut. Begitu pun sebanding dengan meningkatnya kecepatan superfisial gas, dimana semakin besar nilai J_G (m/s) maka nilai *liquid hold-up* rata-rata akan semakin kecil yang berarti lapisan dasar cairan makin menipis.



Gambar 11. Hubungan antara kecepatan superfisial gas (J_G) dan air ($J_L = 0.05$ m/s) terhadap nilai rata-rata *liquid hold-up*

c. Kecepatan gelombang

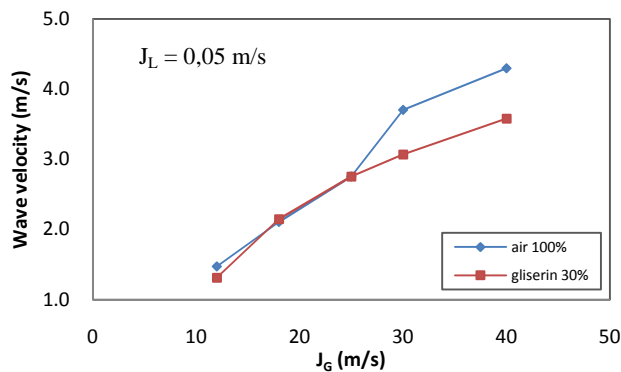
Perhitungan kecepatan gelombang rata-rata ditentukan dari keterlambatan waktu () pada puncak pertama dari fungsi *cross correlation* [1].



Gambar 12. Keterlambatan waktu (*time lag*) antara 2 sensor metode *cross correlation* ($J_L = 0.05$ m/s dan $J_G = 25$ m/s).

Gambar 12 merupakan contoh keterlambatan waktu () yang didapat menggunakan metode *cross correlation*.

Gambar 13 menunjukkan grafik fungsi dari kecepatan gelombang. Terlihat fenomena bahwa dengan naiknya kecepatan superfisial gas maka grafik kecepatan gelombang cenderung naik untuk kedua jenis cairan. Akan tetapi, pada grafik ini terlihat pengaruh viskositas cairan dimana dengan nilai viskositas lebih besar, maka nilai kecepatan gelombang akan lebih rendah untuk kecepatan superfisial gas yang lebih tinggi.



Gambar 13. Hubungan antara kecepatan superfisial gas (J_G) terhadap kecepatan gelombang pada $J_L = 0,05$ m/s

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pola aliran *annular* secara detail pada penelitian ini telah berhasil diidentifikasi dengan jelas baik secara visual maupun melalui sinyal *liquid hold-up* dari hasil keluaran sensor CECM.
2. *Constant Electric Current Method* (CECM) dapat digunakan untuk mengukur karakteristik *liquid hold-up* terhadap fungsi waktu dengan nilai amplitudo yang sangat kecil. Nilai ini dapat terlihat jelas pada kecepatan superfisial gas yang tinggi.

3. Pengaruh viskositas terhadap nilai *liquid hold-up* sangat kuat. Keterangan yang dapat diambil dari perbandingan nilai PDF dapat menjelaskan perbedaan lapisan dasar yang mendominasi kedua jenis cairan untuk setiap kenaikan kecepatan superfisial gas.
4. Pengaruh viskositas terhadap *liquid hold-up* ditandai dengan nilai *liquid hold-up* rata-rata larutan gliserin 30% yang lebih tinggi dibandingkan dengan *liquid hold-up* air 100% seiring meningkatnya kecepatan superfisial gas.
5. Pengaruh viskositas terhadap kecepatan gelombang terlihat jelas dimana cairan gliserin 30% dengan nilai viskositas yang lebih besar memiliki kecepatan gelombang lebih rendah dibandingkan air 100% seiring meningkatnya kecepatan superfisial gas.
6. Semakin meningkatnya kecepatan superfisial gas, maka *liquid hold-up* rata-rata masing-masing cairan akan semakin rendah pula, sedangkan untuk kecepatan gelombang masing-masing cairan akan semakin besar.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh DIKTI melalui hibah Pascasarjana UGM tahun anggaran 2012.

Referensi

- [1] Deendarlianto, dkk., 2005, Investigation of Liquid Film Behavior at the Onset of Flooding during Adiabatic Counter-Current Air-Water Two-Phase Flow in an Inclined Pipe, Nuclear Engineering and Design 235, pp. 2281–2294.
- [2] Fukano, Ousaka, Morimoto, and Sekoguchi, 1983, Air-water Annular Two-phase Flow in a Horizontal Tube, Bulletin of the JSME, Vol. 26, No. 218.
- [3] Fukano, T., 1998, Measurement of Time Varying Thickness of Liquid Film Flowing with High Speed Gas Flow by a Constant Electric Current Method (CECM), Proc. of OECD/CSNI Specialist Meeting on Advanced Instrumentation and Measurement Techniques, Santa Barbara.
- [4] Fukano, T., dan Furukawa, T., 1998, Prediction of The Effects of Liquid Viscosity On Interfacial Shear Stress And Frictional Pressure Drop In Vertical Upward Gas-Liquid Annular Flow, Int. J. Multiphase Flow Vol. 24, No. 4, Pp. 587-603.
- [5] Zidni Hudaya A., dkk., 2012, Measurements of Time Varying of Liquid Hold-up and Wave Velocity Air-Water Stratified Flow, Proceeding SNTTM XI, 162-167.