7/23/2019 Selamat Datang

- Cover
- Sambutan
- Keynote Speaker
   Buletin Abstrak

- Full Paper
   Full Paper Lengkap

  - Konversi Energi
     Konstruksi dan Perancangan
     Produksi dan Manufaktur
  - MaterialPTM

  - JSME
- Panitia











Sponsored by:











- Cover
- Sambutan
- Keynote Speaker
- Buletin Abstrak
- Full Paper
  - Full Paper Lengkap
  - Konversi Energi
  - Konstruksi dan Perancangan
  - Produksi dan Manufaktur
  - Material
  - o PTM
  - JSME
- Panitia

### **KONVERSI ENERGI**

Kode	NAMA PEMAKALAH DAN JUDUL MAKALAH						
KONV 001	Conversion Of Plastic Waste Into Alternative Fuels (Synthetic Fuels) By Gasification Method  A. Sagung Dewi, Apip Amrullah, Akhmad Syarief, Rudi Siswanto (Hal.1-4)						
KONV 002	Studi Aplikasi Gasifikasi Di Industru Keramik Dan Gerabah : Studi Pola Flame Terhadap Persentase Campuran Bahan Bakar Sekam Padi Dengan Cangkang Kelapa Pada Sistem Gasifikasi Downdraft  Adi Surjosatyo, Alvin Maulana (Hal.5-11)						
KONV 003	Karakteristik Standing-Wave Heat Engine Thermoacoustic Berdasarkan Variasi Onset Temperatur  Adi Surjosatyo, DuagoPijar Wicaksono (Hal.12-21)						
KONV 004	Gasification Of Biomass As Alternative Energy Conversion For Rural Area  A.A.P. Susastriawan (Hal. 22-28)						
KONV 005	Pompa Air Energi Termal dengan Fluida Kerja Petroleum Eter						

)	Full Paper Konversi Energi
	A.Prasetyadi, Rusdi Sambada (Hal.29-36)
KONV 006	Development Of The Very Low Head Turbine For Pico and Micro Hydro Application Abdul Muis, Priyono Sutikno, Aryadi Suwono, Firman Hartono (Hal.37-43)
KONV 007	Model Simulasi Pengering Beku Vakum dengan Kombinasi Pembekuan Internal dan Pemanfaatan Panas Buang Kondenser
	Engkos Achmad Kosasih, Muhammad Idrus Alhamid dan Achmad Maswan (Hal.44-59)
KONV 008	Pengeringan Dengan Udara Sekeliling Sebagai Pengeringan Awal Batubara Untuk Proses Penggilingan di Pabrik Semen
	Adjar Pratoto, Edo Gusti Ramanda (Hal. 60-64)
KONV 009	Pengaruh Viskositas Terhadap Liquid Hold-Up Dan Kecepatan Gelombang Aliran Annular Dua Phasa Gas- Cair Pada Pipa Horisontal Agus Suandi, Ade Indra Wijaya, Deendarlianto, Khasani, Indarto (Hal.65-70)
KONV 010	Analisis Tingkat Kemampuan Penyerapan Panas Radiasi Matahari Oleh Tanaman Taman Untuk Mengatasi Panas Lokal
	Ahmad Syuhada, Hamdani (Hal. 71-76)
KONV 011	Modifikasi Bentuk Permukaan Atas Piston Pada Sepeda Motor Balap (Modification Of Piston Top-Curve To Increase The Performance Of Racing Motorcycle)  Ainul Ghurri, Marizal Rusjianto (Hal.77-81)
KONV 012	Studi Literatur Kritis Terhadap Perhitungan Entrainment Ratio Pada  Ejektor  Akrimni Al Habil, Jooned Hendrarsakti (Hal.82-88)
KONV 013	Konversi Bahan Bakar Padat Dari Sampah Kota Melalui Torefaksi: Optimasi Temperatur Torefaksi Simultan Berdasarkan Hasil Uji Temperatur Torefaksi Masing-masing Komponennya  Amrul, Toto Hardianto, Aryadi Suwono, Ari Darmawan Pasek (Hal.89-95)
KONV 014	Karakterisasi Pompa Axial Sebagai Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro  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 (Hal. 102-106)
KONV 016	Analisa Perbandingan Overall Efficiency Pada Gas Turbine Generator Based Cogeneration Dan Conventional Di Pt.Pusri Ii  Aneka Firdaus (Hal. 107-111)
KONV 017	The Effect Of The Bubbling Generation Methods On The Performance Of
1	ı

### Microbubble Generator Pressurized Type

Anggita Gigih W, Pandu Fadlurahman, Deendarlianto, Adhika W (Hal.112-118)

### **KONV 018**

<u>Pengaruh Laju Aliran Udara Pengering terhadap Pengeringan Air dan Sari</u> <u>Buah Tomat pada Pengering Semprot</u>

Engkos Achmad Kosasih (Hal. 119-125)

KONV 019

<u>Perangkat Pengkondisian Udara Dengan Helical Coil Condenser Sebagai</u> Water Heater

Awaludin Martin, Mintarto, Abrar (Hal. 126-130)

**KONV 020** 

<u>Secondary Flow pada Pipa Keluar Kompresor Turbin Gas Mikro Bioenergi</u> <u>Proto X-2: Analisis dengan model turbulen STD k-ε dan RNG k-ε</u>

Budiarso, Ahmad Indra Siswantara, Steven Darmawan (Hal. 131-136)

<u>Pengaruh Jumlah Kolektor Jenis Tabung Setengah Silindris Terhadap Kenaikan Temperatur Fluida</u>

**KONV 021** 

Darwin (Hal.137-142)

**KONV 022** 

<u>Analisis Perbandigan Unjuk Kerja Mesin Pendingin Menggunakan Refrigeran</u> HFC R-134a Dan Hidrokarbon MC-134

Roswati Nurhasanah, Naryono, Prayudi, Yogi Arif Rokhman (Hal.143-148)

<u>Experimental Study On The Interfacial Behavior Of Air-Water Slug Two-Phase</u> <u>Flow In A Horizontal Pipe</u>

**KONV 023** 

Deendarlianto, Okto Dinaryanto, Akhmad Zidni Hudayah, Indarto (Hal. 149-155)

KONV 024

<u>Studi Numerik Perpindahan Panas Konveksi-Gabungan Fluida Nano ZrO2-Air pada Berkas 7-Silinder Vertikal</u>

Diah Hidayanti, Nathanael P. Tandian, Aryadi Suwono (Hal. 156-162)

**KONV 025** 

Kaji Eksperimental Kolektor Surya Heat Pipe Untuk Heat Pump Temperatur Tinggi

Dian Wahyu, Abdurrachim (Hal.163-170)

026

<u>Pengaruh Posisi Sirip Sudu Terhadap Karakteristik Kincir Angin Petani</u> Garam Di Pantai

**KONV 026** 

Doddy Purwadianto, Trio Pardomuan D (Hal.171-176)

**KONV 027** 

<u>Studi Eksperimental Pengaruh penambahan Etanol Pada Bahan Bakar Bensin</u>

KONV 027

Riman Sipahutar (Hal.177-183)

**KONV 028** 

<u>Perbandingan Hasil Simulasi Numerik dengan Hasil Eksperimen untuk</u> <u>Aliran Udara di dalam Saluran dengan Penampang Segitiga dari Suatu</u> <u>Kolektor Surya</u>

Ekadewi Handoyo, Sutrisno, Djatmiko Ichsani, Prabowo, Sutardi, Fandi D. Suprianto (Hal. 184-190)

•	1
KONV 029	Kajian Numerik Kinerja Viv Suppression Devices Berjenis Helical Rods Bergap Padakasus Angka Reynolds Besar  Erwina R. Ilma, Rudi Walujo, Prastianto, Wisnu Wardhana, Eko Budi Djatmiko (Hal.191-196)
KONV 030	Effects of Excess Air on Coal Combustion Characteristics in Bubbling Fluidized  Bed Combustor  Fransisko Pandiangan, Tri Agung Rohmat, Purnomo (Hal.197-201)
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. (Hal. 202-206)
KONV 032	Pengembangan Metoda Penentuan Temperatur dan Tekanan Optimum Masuk Turbin pada Siklus Rankine Organik Berdasarkan Temperatur Brine dan Tingkat Keadaan Kritik Fluida Kerja  Fitratul Qadri, Abdurrachim (Hal. 207-214)
KONV 033	Efek Perubahan Heat Flux Terhadap Konveksi Bebas Pada Permukaan Miring Menggunakan Interferometer Differential  Gatra Tria Rahendra dan Joone Hendrarsakti (Hal.215-221)
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 Hudaya, Okto Dinaryanto, Deendarlianto, Indarto (Hal.222-230)
KONV 035	Interaksi Bubble-Particle Pada Proses Flotasi  Harinaldi, Warjito, Manus Setyantono (Hal.231-237)
KONV 036	Unjuk Kerja Papan Partikel Sekam Padi Sebagai Isolator Panas  Hary Wibowo, Toto Rusianto, Andhi Sujatmiko (Hal. 238-245)
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 (Hal.246-252)
KONV 038	Unjuk Kerja Model Pengering Energi Surya  I Gusti Ketut Puja (Hal.253-257)
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 (Hal. 258-261)
KONV 040	Pengaruh Rasio Kompresi Terhadap Performans Genset Dengan Penggerak Mesin Diesel Satu Silinder, 4 Langkah Berbahan Bakar Dual Fuel

I Made Suardjaja (Hal. 262-266) <u>Usaha Penghematan Energi PLTU 450 Watt Dengan Cara Mengurangi Rugi</u> Kalor Condensate Di Jalur Condenser Menuju Boiler **KONV 041** Ibnu Roihan, Engkos A. Kosasih, Raldi A. Koestoer (Hal. 267-273) Rekonstruksi Turbin Pembangkit Tenaga Listrik Mikrohidro Berbasis Pedesaan Dengan Head 5 m **KONV 042** (Reconstructions Of Rural Basedmicrohidro Power Plant With Head 5 m) Ibrahim SB (*Hal.274-280*) <u>Pengembangan Pendingin Kabin Mobil Berbasis Termoelektrik</u> **KONV 043** Imansyah Ibnu Hakim, Ary Samgita (Hal.281-287) Perancangan dan Pembuatan Mesin Pendingin Adsorpsi Berselang Skala Kecil **KONV 044** Indra Gunawan, I Made Astina (Hal. 288-297) Pengaruh Perubahan Sudut Pitch Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H Tingkat Dua Dengan Bilah Profile Modified Naca **KONV 045** Indra Herlamba Siregar, Nur Kholis, Aris Anshori (Hal. 298-304) Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Minuman Kaleng Dengan Termoelektrik Bersumber Dari Arus Dc Kendaraan Dalam Rangkaian Seri **Dan Paralel KONV 046** Irwin Bizzy, Rury Apriansyah (Hal.303-309) Pemanfaatan Kincir Angin Petani Garam untuk Pembangkit Listrik Tenaga <u>Angin di Lakmaras, Kabupaten Belu, NTT</u> **KONV 047** Isidorus Mau Loko, RB. Dwiseno Wihadi, YB. Lukiyanto (Hal.310-314) Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Air Sungai di Desa Tenga Kabupaten Minahasa Selatan Propinsi Sulawesi Utara **KONV 048** Jenly D.I. Manongkodan Parabelem T.D. Rompas (Hal.315-319) Pengaruh Penambahan Cangkang Biji Jambu Mete Pada Bahan Bakar Ketel **Uap Terhadap Pembentukan Slagging Dan Fouling KONV 049** Johannes Leonard (Hal.320-326) **KONV 050** Development of Simulation Model for Charging of Stratified Thermal Energy Storage Tank in Cogeneration Plant Joko Waluyo (Hal.327-333)

**KONV 051** 

<u>Rancang Bangun Ulang Kompor Briket Batubara Berpemantik Api Untuk</u> <u>Memudahkan Proses Penyalaan Awal (For Pre Heating Processing Easierre-Design And Fabrication The Ignition-Coal Stove)</u>

Joko Triyono, Rendy Adhi Rachmanto, Wahyu P. Raharjo (Hal.334-338)

**KONV 052** 

<u>Aplikasi Algoritma Genetika dalam Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Gas</u> dan Uap

Kemal Arganta Samudra dan I Made Astina (Hal.339-345)

KONV 053

<u>Efektivitas Alat Pengering Energi Matahari Terhadap Jumlah dan Jenis</u>
<u>Bahan Yang Dikeringkan</u>

Kemas Ridhuan (Hal.346-351)

**KONV 054** 

<u>Pengaruh Tinggi Bed Terhadap Kecepatan Minimum Fluidisasi dan Distribusi Temperatur Dalam Fluidized Bed Combustor</u>

Kevin Kristiantana, Tri Agung Rohmat, Purnomo (Hal.352-358)

Analisis Eksergi pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Palu

**KONV 055** 

Khairil Anwar, Muhammad Hasan Basri, Ikmal Tobe (Hal.359-365)

**KONV 056** 

<u>Studi Tentang Aliran Fluida Gas-Cair Melalui Pipa Horisontal Pembesaran Mendadak</u>

Khairul Muhajir (Hal. 366-373)

**KONV 057** 

<u>Perilaku Aliran Roda Air arus Bawah Plat Bengkok dengan Variasi Jumlah Sudu</u>

Luther Sule (Hal.374-380)

KONV 058

Karakteristik Kolektor Surya Plat Datar Bersirip Aliran Dua Pass

M. Yahya dan Hendriwan Fahmi (Hal.381-386)

KONV 059

<u>Perancangan dan Pengujian Unjuk Kerja Katup Tekan Pompa Hydram</u> <u>Model Katup Plat, Membran, Bola Dan Setengah Bola</u>

Made Suarda, I Gusti Ketut Sukadana (Hal.387-394)

0.00

<u>Simulasi CFD Pada Long Flexible Cylinderyang Mengalami Vortex Induced Vibration</u>

**KONV 060** 

Maria Margareta Z. B, Rudi Walujo Prastianto, Handayanu, Murdjito (Hal.395-401)

Studi Eksperimental Penyimpanan Energi Termal pada Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Thermosyphon Dengan Mengintegrasikan Air dan Paraffin Wax sebagai Material Penyimpan Kalor

**KONV 061** 

Muhammad Nadjib, Suhanan (Hal. 402-406)

**KONV 062** 

<u>Studi Alat Destilasi Surya Untuk Mengolah Air Laut Menjadi Air Bersih Dan</u>

### Full Paper Konversi Energi **Garam** Mulyanef, Burmawi dan Muslimin K. (Hal. 407-410) <u>Pengaruh Perubahan Tekanan Tangki Tekan Terhadap Kinerja Pompa</u> Sentrifugal. **KONV 063** Nasaruddin Salam (Hal.411-415) Temperatur Nyala Adiabatik pada Pembakaran Premixed LPG/CO2/udara dalam Hele Shaw Cell **KONV 064** Nasrul Ilminnafik (Hal.416-420) Pelatihan Teknik Mengemudi Smart Driving untuk Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca dan Menekan Biaya Transportasi Angkutan Darat **KONV 065** Nazaruddin Sinaga (Hal. 421-428) <u>Pengembangan Model Persamaan Konsumsi Bahan Bakar Efisien Untuk</u> Mobil Penumpang Berbahan Bakar Bensin Sistem Injeksi Elektronik (EFI) **KONV 066** Nazaruddin Sinaga, S. J. Purnomo, A. Dewangga (Hal. 429-433) Tingkat Produktifitas Biogas Dengan Bahan Baku Kotoran SapiDengan Variasi Bahan Tambah Ragi DanTetes Tebu **KONV 067** Novi Caroko (*Hal.434-437*) <u>Simulasi numerik arus bawah laut di selat Bunaken Kota Manado Propinsi</u> Sulawesi Utara **KONV 068** Parabelem T.D. Rompas, Jenly D.I. (Hal. 438-444) Pengaruh Porositas dan Kecepatan Putar Membran Terhadap Kinerja **Rotating Filter KONV 069** Prajitno, Yogapratama, Taufiq Pengaruh Konveksi dan Radiasi Termal Terhadap Penurunan Temperatur Billet Baja Dalam Sistem Transportasi Billet Baja **KONV 070** Prayudi, Efy Yosrita Pengaruh Peletakan Static Radial Fin Mixer Terhadap Unjuk Kerja Heat Exchanger Tipe Counter Flow **KONV 071** Purnami (Hal.445-449)

<u>Simulasi Numerik Perilaku Aliran Dan Pemisahan Termal Di Dalam Tabung Vorteks</u>

Radi Suradi K, Sugianto (Hal. 450-454)

**KONV 073** Penggunaan Pipa Kalor Matriks Sebagai Pendingin Sel Surya

**KONV 072** 

)	Full Paper Konversi Energi
	Rahmat Subarkah, Tatun Hayatun (Hal.455-462)
İ	Studi Pengaruh Luasan Total Lubang Katup
KONV 074	RB. Dwiseno Wihadi (Hal.463-468)
	Kerugian Tekanan Dan Model Matematika Aliran Lumpur Dalam Pipa Bulat
KONV 075	Ridwan <i>(Hal.469-473)</i>
	Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Bioetanol, Putaran Poros Dan
KONV 076	Vacuum Tube Type 4y2 Terhadap Prestasi Pada Motor Bakar Bensin Empat Langkah Satu Selinder
	Romy, Awaludin Martin, Agus Setiawan (Hal.474-478)
	Perancangan Turbin Angin Darrieus Tipe H Berkapasitas 1.035 Watt Yang Akan Diaplikasikan Di Ruangdekanat Fakultas Teknik Universitas Riau
KONV 077	Romy, Awaludin Martin, IrfandiPratama, IvandHintingo, Hariyono (Hal.479-483)
	Analisis Komputasi Pengaruh Kontrol Aktif Suction pada Hambatan
KONV 078	Aerodinamika Model Kendaraan
	Rustan Tarakka, Harinaldi, Budiarso, Nasaruddin Salam, Baharuddin Mire (Hal. 484-489)
	Pengaruh Variasi Diameter Dan Tinggi Tabung Udara Terhadap Unjuk Kerja
KONV 079	Pompa Hidram
	Sehat Abdi Saragih (Hal.490-494)
	Analisa Neraca Air Permukaan dan Kualitas Air Berdasarkan Debit Sungai
KONV 080	di DAS Kali Cipinang Provinsi
	Sorimuda Harahap, Eddy Djatmiko (Hal.495-498)
	Profil Temperatur Terhadap Posisi Circumferential Pipa pada Proses
KONV 081	Kondensasi Uap di dalam Pipa Horisontal
	Sukamta, Indarto, Purnomo, Tri Agung Rohmat (Hal. 499-503)
	Pengaruh Viskositas Larutan Gelatin Terhadap Kemampuan Alir Pada Head
KONV 082	<u>Printer</u>
	Sunyoto, Alva Edy Tontowi , Widowati Siswomihardjo, Rochmadi (Hal.504-507)
KONV 083	Studi Eksperimen Aliran Turbulen didalam Difuser Simetris 3D Berdinding
	Datar dengan Penambahan Splitter
	Sutardi, Harbangan D (Hal. 508-513)
KONV 084	Pengujian Performansi Sepeda Motor Yamaha V-Ixion dengan Modifikasi
	Penambahan Air Injection
	Syahbardia (Hal.513-518)
KONV 085	
ink/Konyers: Fr	ii haa

### Analisis Rugi Energy Tekanan Pada Pemisahan Aliran Terhadap Variasi Sudut Sambungan Y

Syamsul Arifin, Rustan Taraka, Mahbub Arfah (Hal. 519-524)

### **KONV 086**

<u>Konversi Sampah Kota Menjadi Bahan Bakar Padat: Modifikasi Sistem</u>
<u>Torefaksi Kontinu Unggun Terfluidisasi untuk Mengakomodasi Karakteristik Sampah</u>

Toto Hardianto, Aryadi Suwono, Ari Darmawan Pasek, Amrul (Hal.525-532)

### **KONV 087**

<u>Analisa Perhitungan Nilai Optimum Kalor Dari Pengujian Pengeringan</u> Bahan Bakar Padat

Terang Ukur HSGM, Budhi Santri Kusuma (Hal.533-535)

<u>Minimalisasi Beban Parasitik pada Sistem Pendingin Utama Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi</u>

**KONV 088** 

Yoga Putra Andrian, I Made Astine (Hal.536-541)

<u>Electrospun AZO Electrodes and Solid-State Electrolyte for Dye-Sensitized</u> <u>Solar Cells</u>

**KONV 089** 

Zainal Arifin, Suyitno, M. Anwar, Ahmadi Omid, Agus Supriyant), Lukman Nulhakim (Hal.542-548)

Analisis Efek Beban Thermal pada Perancangan *Pressure Vessel* untuk Pengolahan Limbah Kelapa Sawit dengan Kapasitas 10.000 Ton/Bulan

**KONV 090** 

A. Yudi Eka Risano (*Hal.549-555*)

Pemanfaatan Filter Udara Eksternal Dari Zeolit Pelet Lampung Teraktivasi Naoh-Fisik Untuk Mereduksi Konsumsi Bensin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4-Langkah

**KONV 091** 

Herry Wardono, Prima Kumbara (Hal. 556-559)

D 121 1 D D D

**KONV 092** 

<u>Prediksi Penurunan Daya Pompa Akibat Penambahan Bahan Berubah Fasa</u> <u>Pada Refrigeran Sekunder Sistem Pengondisian Udara Jenis Chilled Water</u>

Muhammad Irsyad, Aryadi Suwono, Yuli S. Indartono (Hal. 560-564)

Analisa Pengaruh Penggunaan Brown Gas Terhadap Prestasi Mesin

**KONV 093** 

Harmen, Egi Naratama, Jasiron dan Riyan Arizona (Hal. 565-573)

**KONV 094** 

FMEA of the PLTA Mrica

Viktor Malau, Greg. Harjanto (Hal. 574-582)

### Perbandingan Hasil Simulasi Numerik dengan Hasil Eksperimen untuk Aliran Udara di dalam Saluran dengan Penampang Segitiga dari Suatu Kolektor Surya

Ekadewi Handoyo<sup>1,2</sup>, Sutrisno<sup>1</sup>, Fandi D. Suprianto<sup>1</sup>, Djatmiko Ichsani<sup>2</sup>, Prabowo<sup>2</sup>, Sutardi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra <sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jl. Siwalankerto 121 – 131 Surabaya, 60236 E-mail: ekadewi@petra.ac.id

### **Abstrak**

Salah satu alat penukar kalor yang penting di negara tropis seperti Indonesia adalah kolektor surya yang dapat digunakan untuk memanaskan air atau udara. Problem terbesar yang dihadapi kolektor surya pemanas udara adalah rendahnya koefisien perpindahan kalor konveksi antara permukaan plat penyerap dengan udara yang mengalir di sebelah atas atau bawahnya. Koefisien perpindahan kalor konveksi gas jauh lebih rendah dari cairan, baik untuk konveksi jenis alami ataupun jenis paksa. Hal ini mendorong banyak peneliti berupaya untuk meningkatkan efisiensi kolektor surya pemanas udara. Berbagai upaya yang telah dilakukan peneliti terdahulu adalah menggunakan plat absorber yang dicat hitam atau diberi lapisan yang mempunyai *absorptance* tinggi dan *emittance* rendah, memasang *honeycomb* untuk mengurangi kalor yang hilang ke lingkungan, membuat aliran menjadi dua laluan, meningkatkan koefisien konveksi udara dengan plat *absorber* dengan mempersempit saluran sehingga aliran menjadi turbulen, dan menggunakan *v-corrugated absorber plate*sehingga membentuk saluran dengan penampang segitiga.

Kolektor surya pemanas udara yang menggunakan saluran dengan penampang segitiga mempunyai kinerja lebih baik dibandingkan dengan saluran plat datar. Namun, belum ada simulasi numerik untuk aliran dalam saluran dengan penampang segitiga ini. Oleh karenanya, makalah ini akan membahas simulasi numerik aliran tersebut dan kemudian dibandingkan dengan hasil eksperimen. Simulasi diawali dengan pembuatan *mesh* dan evaluasi *grid independency*. Dengan konfigurasi mesh yang terpilih, tahap selanjutnya adalah memilih model *viscous* yang tepat untuk masalah yang diteliti. Model *viscoussteady state* yang dibandingkan adalah SKE, RNGKE, RKE, SKW, dan STTKW. Pemilihan model dilakukan dengan mengacu pada hasil eksperimen.

*Mesh*dengan jumlah node 540.000 dan jumlah cell 566.401 merupakan konfigurasi yang terbaik dan memenuhi *grid independency*,sehingga konfigurasi ini yang digunakan dalam studi numerik berikutnya. Sedangkan model viscous yang memberikan hasil simulasi paling mendekati hasil ekperimen terjadi pada model viscous RKE. Perbedaan hasil simulasi numerik terhadap hasil eksperimen untuk kenaikan temperatur udara mencapai 15.56% dan untuk penurunan tekanan mencapai 17.15%.

Keywords:saluran segitiga, kolektor surya, pemanas udara, simulasi numerik, model viscous.

### Pendahuluan

Metode numerik CFD merupakan metode yang sering digunakan untuk memprediksi aliran yang terjadi pada semua tempat, termasuk daerah yang sulit diamati. Metode ini semakin populer pada awal tahun 2000 seiring dengan berkembangnya teknologi komputer. Metode ini dilakukan dengan cara menyelesaikan persamaan kekekalan massa, kekekalan energy, persamaan Navier Stokes, dan persamaan difusi massa dengan metode *finite difference* [1]. Metode tersebut membutuhkan kalkulasi perhitungan dengan jumlah yang sangat besar sehingga membutuhkan perangkat computer dengan spesifikasi yang tinggi, khususnya pada bagian *Central Prosessing Unit* prosesor dan memori komputer.

Simulasi numerik umumnya memberikan hasil yang berbeda dengan yang didapat dari ekperimen. Hal itu disebabkan adanya ketidaksamaan antarakondisi batas pada simulasi numeric dengan eksperimen. Perbedaan tersebut dikenal sebagai penyimpangan atau error atau ketidak-pastian (uncertainty). Salah satu metode untuk mengurangi ketidakpastian numerik awalnya ditemukan oleh Richardson dan dikenal dengan metode Richardson extrapolasi. Kemudian dikembangkan oleh Roache dengan metode Grid Convergence Index (GBI). Sedangkan komunitas pertama kali yang aktif dalam menganalisa terjadi ketidak pastian hasil numerik adalah Stanford Olympics. Penyataan pertama kali dilakukan oleh Roache [2] pada jurnal ASME. Validasi terhadap pemilihan parameter yang dipakai pada metode numerik perlu dilakukan terhadap hasil eksperimen sebelum hasil metode numerik tersebut dievaluasi atau dipergunakan.

Hal ini untuk memastikan bahwa hasil metode numerik tersebut valid untuk menjelaskan perilaku aliran dan perpindahan kalor secara detail dan kompleks yang sangat sulit didapat dengan ekperimen sebab keterbatasan alat ukur dan alat perekam visualisasi.

Aliran fluida dalam saluran banyak digunakan dalam suatu alat penukar kalor. Salah satu alat penukar kalor yang penting di negara tropis adalah kolektor surya yang dapat digunakan untuk pemanas air dan udara. Problem terbesar yang dihadapi kolektor surya pemanas udara adalah rendahnya koefisien perpindahan kalor konveksi antara permukaan plat penyerap dengan udara yang mengalir di sebelah atas atau bawahnya. Menurut [3], koefisien perpindahan konveksi gas jauh lebih rendah dari cairan, baik untuk konveksi jenis alami ataupun jenis paksa. Hal ini mendorong banyak peneliti berupaya untuk meningkatkan efisiensi kolektor surya pemanas udara. Berbagai upaya yang telah dilakukan peneliti terdahulu adalah menggunakan plat penyerap yang dicat hitam atau diberi lapisan vang mempunyai absorptance tinggi emittance rendah [4], memasang honeycomb untuk mengurangi kalor yang hilang lingkungan [5], [6], [7], membuat aliran menjadi dua laluan [8], [9], [10], meningkatkan koefisien konveksi udara dengan plat penyerap dengan mempersempit saluran sehingga aliran menjadi turbulen [11], [12], dan menggunakan saluran dari plat bergelombang atau saluran berpenampang segitiga (v-corrugated absorber plate) [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19].

Kolektor surya pemanas udara secara sederhana terdiri dari plat penyerap, plat dasar, dan kaca penutup. Plat penyerap dapat terbuat dari plat datar, plat gelombang atau plat v-corrugated yang membentuk saluran berpenampang segitiga. El-Sebaii et al. [13] menyatakan bahwa kolektor udara dengan plat penyerap jenis v-corrugated mempunyai efisiensi 11 - 14% lebih tinggi dari kolektor dengan plat datar. Kedua kolektor yang dibandingkan merupakan kolektor dengan dua laluan. Dari simulasi numerik yang dilakukan Naphon [9], didapatkan bahwa ujung yang lancip dari plat bergelombang memberikan peningkatan perpindahan kalor yang berarti. Dari studi eksperimental, Naphon [15] menemukan bahwa saluran dengan plat *v-corrugated* pada sebelah atas dan bawah menghasilkan peningkatan perpindahan kalor sebanyak 3.51 kali plat datar dan penurunan tekanan 1.96 kali lebih tinggi dari plat datar.Gao et al. [16] dan Tao et al. [17] menemukan bahwa pemanas udara

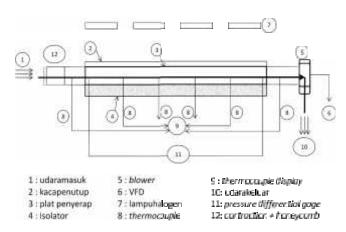
cross-corrugated mempunyai kinerja termal lebih baik dari tipe plat datar. Menurut Karim & Hawlader [18], kolektor tipe v-corrugated lebih efisien 10 – 15% dari plat datar jika digunakan satu laluan dan lebih efisien 5 – 11% jika digunakan dua laluan. Dua laluan memberi peningkatan efisiensi paling tinggi jika digunakan di kolektor plat datar dan paling sedikit di kolektor tipe v-corrugated. Bashria et al. [19] menemukan bahwa kolektor tipe v-corrugated memiliki efisiensi lebih tinggi dari plat datar baik dari simulasi matematis maupun dari eksperimen.

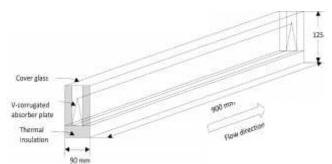
Dari pemaparan di atas, terlihat bahwa saluran berpenampang segitiga memberikan perpindahan kalor konveksi lebih tinggi daripada saluran plat datar. Saluran berpenampang segitiga ini nantinya dapat digunakan dalam suatu kolektor surya pemanas udara. Oleh karenanya suatu simulasi numerik untuk aliran dalam saluran ini akan dilakukan dan dibandingkan dengan hasil eksperimen. Perbandingan meliputi temperatur di beberapa lokasi dan penurunan tekanan aliran udara dalam saluran.

### Peralatan eksperimen yang digunakan

Eksperimen dilakukan di dalam ruangan agar kondisi lingkungan yang meliputi kecepatan angin, intensitas radiasi matahari, dan temperatur udara sekitar selama eksperimen dapat dipertahankan sama. Eksperimen menggunakan kolektor surya pemanas udara dalam skala model. Skema dan foto peralatan yang digunakan selama eksperimen seperti pada Gambar 1.

Radiasi matahari digantikan oleh empat buah lampu halogen yang masing-masing menggunakan daya 500 Watt. Selama eksperimen, intensitas radiasi yang diterima di permukaan kaca penutup diukur dengan pyranometer (Kipp & Zonen, type SP Lite2). Setiap lampu dilengkapi dengan potensio terpisah, sehingga radiasi yang diterima di seluruh plat penyerap dapat diatur agar seragam dengan nilai tertentu. Intensitas radiasi selama eksperimen diatur antara 390 hingga 650 W/m².





Gambar 1. (a) Skema peralatan eksperimen.



Gambar 1. (b) Foto peralatan eksperimen dari model kolektor surya pemanas udara

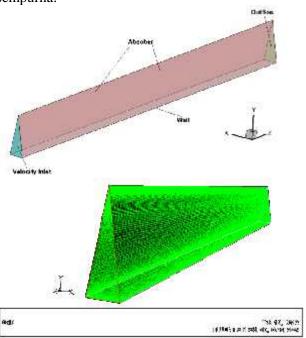
Eksperimen dilakukan dalam ruangan yang dilengkapi dengan mesin pengkondisi udara (Air Conditioner) sehingga temperatur, kelembaban, dan kecepatan angin dapat dikendalikan. Kolektor yang dipakai dilengkapi dengan termokopel tipe T dengan ketelitian  $0.1^{\circ}$ C untuk mengukur temperatur udara masuk dan ke luar, temperatur di empat posisi (yaitu y = 1 cm, 2 cm, 3 cm, dan 4 cm dari plat bawah) pada garis centerline di jarak z = 32 cm dan z = 57 cm dari masukan, temperatur plat penyerap (pada empat lokasi berbeda) dan temperatur udara sekitar.

Penurunan tekanan antara masukan dan keluaran udara saat mengalir dalam kolektor diukur dengan Magnehelic differential pressure gage dengan ketelitian 2 Pa. Suatu blower sentrifugal (1000 m<sup>3</sup>/h, 580 Pa, 0.2 kW, 380 Volt input) digunakan untuk mengalirkan udara melalui saluran. Laju udara diukur di keluaran aliran dengan anemometer digital dengan ketelitian 0.1 m/s. Laju udara yang mengalir dalam saluran diatur dengan suatu variable-frequency drive (VFD). Eksperimen dilakukan dengan laju aliran udara 3.1 m/s.

### Pengaturan Simulasi Numerik

Langkah awal dalam simulasi numerik adalah membuat domain dan merancang *mesh* yang dilanjutkan dengan evaluasi *grid independency*. Domain CFD dan *mesh* yang digunakan dalam simulasi seperti pada Gambar 2. Pembuatan

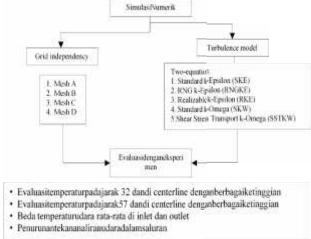
*mesh*dengan software Gambit 2.4.6. Plat penyerap dikondisikan pada temperaturkonstan sebesar 340 K. Udara mengalir dalam saluran dengan kecepatan 3.1 m/s, temperatur 300 K dan intensitas turbulensi 5%. Pada sisi bawah saluran dinyatakan sebagai *wall* yang terisolasi sempurna.



Gambar 2. Domain dan rancangan *mesh* yang digunakan dalam simulasi numerik.

menggunakan software CFD Dengan komersial FLUENT 6.3.26, simulasi numerik dilakukan untuk mesh yang telah dirancang. Simulasi dilakukan untuk beberapa rancangan mesh agar grid independency dapat dievaluasi untuk menentukan jumlah node atau grid vang digunakan. Dengan konfigurasi mesh yang terpilih. tahap berikut dalam simulasi numerik adalah penentuan model viscous yang sesuai untuk kondisi aliran seperti pada penelitian ini. Model viscous yang digunakan adalah jenis model viscous steady state dengan dua persamaan yaitu Standard K-Epsilon RNG-K-Epsilon (RNGKE), Realizable-K-Epsilon (RKE), Standard K-Omega (SKW), dan Shear Stress Transport-K-Omega (SSTKW). Hasil semua model viscous tersebut dibandingkan dengan hasil ekperimen yang dilakukan pada penelitian ini. Sedangkan discretization equation untuk semuanya dipilih first order upwind discretization dan hubungan perhitungan kecepatan dan tekanan menggunakan algoritma SIMPLEC. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Sutrisno [20], dinyatakan bahwa discretization dan hubungan tekanan dan momentum merupakan faktor yang hanya mempengaruhi konvergensi saja, bukan hasil dari simulasi. Dengan demikian pada penelitian ini tidak dilakukan evaluasi tentang perbedaan parameter tersebut. Pada Gambar 3 dipaparkan metodologi yang digunakan dalam simulasi numerik ini. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan temperatur hasil numerik dan hasil

ekperimen di *center line* dengan berbagai ketinggian (y = 1 cm, 2cm, 3 cm, dan 4 cm dari plat bawah) pada jarak z = 32 cm dan z = 57 cm dari masukan. Kemudian dilanjutkan dengan evaluasi perbedaan kenaikan temperatur masuk dan ke luar serta penurunan tekanan udara selama mengalir dalam saluran.

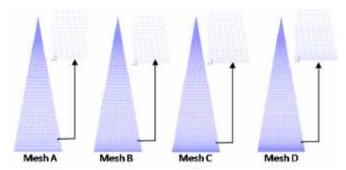


Gambar 3. Metodologi simulasi numerik penelitian ini.

### Hasil dan Diskusi

Setelah melakukan eksperimen dan simulasi numerik, didapat hal-hal berikut.

Evaluasi grid independency ini dilakukan dengan menggunakan berbagai variasi mesh mulai dari renggang hingga semakin rapat. Keunggulan dari mesh yang rapat adalah mendapatkan informasi lebih detil. Namun hal membutuhkan waktu untuk proses iterasi yang semakin lama dan alat komputasi dengan kemampuan lebih tinggi, sehingga menyebabkan operasional iterasinya semakin mahal. Selain itu jumlah dampak mesh yang berlebihan menyebabkan konvergensi sulit terjadi. Untuk mengantisipasi hal ini maka dibutuhkan strategi mesh yang baik, yaitu dengan cara memperbanyak jumlah mesh pada daerah dekat dinding dan merenggangkan mesh pada daerah yang jauh dari dinding. Hal ini bertujuan untuk menghemat penggunaan jumlah *mesh* sehingga proses simulasi numerik lebih cepat, tetapi hasil simulasi memiliki informasi yang lebih detail di daerah yang diperlukan. Pada Gambar 4 dipaparkan bentuk mesh yang digunakan pada saluran internal yang melintasi penampang segitiga, dimana aliran yang sangat kritis terjadi pada bagian corner sehingga pada bagian itu konsentrasi jumlah mesh dari*Mesh* A ke *Mesh* D akan semakin rapat.



Gambar 4. Variasi rancangan mesh yang diuji

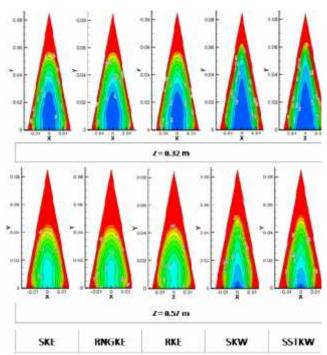
Hasil simulasi dengan beberapa variasi mesh dipaparkan pada Tabel 1 untuk model viscous RKE. Semakin banyak jumlah cell dan node yang dipakai atau semakin rapat mesh yang digunakan, waktu untuk satu kali iterasi semakin lama. Dengan demikian, waktu yang diperlukan untuk simulasi dengan mesh D paling lama. Dari Tabel 1 terlihat bahwa terdapat perbedaan hasil simulasi numerik untuk temperatur dan penurunan tekanan ketika mesh yang digunakan berbeda. Hasil simulasi dengan*mesh* B berbeda dibandingkan ketika menggunakan *mesh* A. Demikian pula menggunakan mesh C dan mesh D. Namun, hasil simulasi mesh D tidak banyak berbeda dengan hasil mesh C. Perbedaan kenaikan temperatur udara hasil simulasi dengan mesh A ke mesh B adalah 0.75%, dari mesh B ke C adalah 0.70%, dan dari C ke D adalah 0.47%. Sedang perbedaan penurunan tekanan dari meshA ke B, mesh B ke C, dan mesh C ke D adalah: 2.0%, 0.42%, dan 0.55%. Terlihat mesh D tidak memberikan perbedaan yang cukup besar dari hasil *mesh* C. Oleh karenanya, mesh C merupakan konfigurasi terbaik untuk digunakan dalam proses selanjutnya.

Tabel 1. Evaluasi *Grid Independency* dengan model *viscous* RKE

ribectis :						
Mesh	Cells	Nodes	T(K)	P(Pa)	Iterasi	
Mesh A	360,000	379,161	21.40	12.260	1329	
Mesh B	450,000	472,781	21.56	12.502	1063	
Mesh C	540,000	566,401	21.41	12.449	1168	
Mesh D	630,000	660,021	21.31	12.381	1403	

Dari simulasi numerik, kontur distribusi temperatur di penampang saluran pada jarak 0.32 m dan 0.57 m dari masukan dapat dilihat pada Gambar 5. Distribusi temperatur yang dihasilkan dengan model *viscous* k-epsilon berbeda cukup signifikan dibandingkan model k-omega. Sebaran temperatur udara di sekitar penyerap pada ketiga model viscous k-epsilon, yaitu SKE, RNGKE, dan RKE mendekati sama baik pada jarak 0.32 m maupun 0.57 m dari masukan. Namun hasil simulasi model SKE pada posisi *centerline* memiliki sebaran temperatur rendah yang lebih luas dibandingkan dengan RNGKE dan RKE. Hal yang sama juga terjadi pada model k-omega, dimana sebaran temperatur rendah pada *centerline* SKW lebih besar dibandingkan dengan

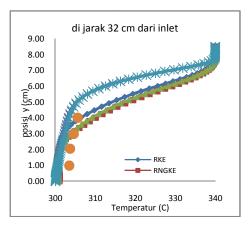
SSTKW. Evaluasi yang dilakukan ini belum menunjukkan perbedaan yang berarti sehingga dilanjutkan dengan evaluasi distribusi temperatur di sepanjang garis *centerline* di empat posisi ketinggian pada jarak z=0.32 m dan z=0.57 m dari masukan.

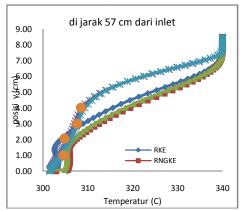


Gambar 5. Kontur temperatur pada saluran berpenampang segitiga.

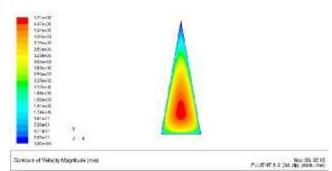
Pada Gambar 6 ditunjukkan grafik sebaran temperatur di sepanjang sumbu y pada centerline setiap permukaan evaluasi. Pada kedua grafik di Gambar 6 terlihat bahwa baik pada jarak yang dekat dengan inlet (0.32 m dari masukan) maupun agak jauh (0.57 m dari masukan) temperatur udara semakin tinggi di y yang lebih tinggi dan mencapai harga maksimum ketika bersinggungan dengan plat penyerap yang panas. Temperatur udara yang lebih dekat dengan masukan (32 cm dari inlet) terlihat lebih rendah pada ketinggian, y, yang sama. Hal ini sesuai dengan natur perpindahan panas. Hasil simulasi menunjukkan kesesuaian yang cukup baik dengan hasil telah eksperimen yang dilakukan. pengukuran pada ekperimen hanya pada posisi y tertentu. Hal ini disebabkan keterbatasan peralatan dan kesulitan posisi penempatan alat ukur. Prediksi metode numerik yang paling mendekati hasil eksperimen adalah model viscous SKW atau SSTKW dibandingkan model yang lainnya. Pada Gambar 6 untuk jarak 0.57 m dari masukan, terlihat bahwa hasil simulasi numerik dengan model RKE memiliki kecenderungan agak membengkok di posisi tinggi y = 1 - 2 cm yang bersesuaian dengan hasil eksperimen. Kecenderungan membengkok berarti ini

temperatur udara di ketinggian 1-2 cm lebih rendah dari di bawah atau di atasnya. Hal ini kemungkinan karena aliran udara di ketinggian 1-2 cm mempunyai kecepatan tertinggi seperti terlihat pada Gambar 7. Kecepatan aliran udara yang tinggi membuat temperatur di tempat tersebut menjadi rendah.





Gambar 6. Grafik distribusi temperatur di centerline.



Gambar 7. Distribusi kecepatan pada jarak 0.57 m dari masukan pada *centerline* 

Untuk evaluasi kuantitatif dilakukan dengan membandingkan perbedaan temperatur dan tekanan yang terjadi pada saluran masuk dan saluran keluar, kemudian dibandingkan dengan ekperimen. Hasilnya seperti pada Tabel 2 yang menunjukkan bahwa kesalahan prediksi temperatur terkecil diperoleh dengan menggunakan model viscous SST-KW atau SKW. Kesalahan hasil simulasi dengan ekperimen pada kondisi ini sebesar 7.51%. Namun, kesalahan prediksi penurunan tekanan dengan model ini sangat besar, yaitu mencapai 33%.

Sedangkan untuk evaluasi penurunan tekanan yang terjadi pada saluran, model viscous SKE, RNG-KE memberikan persentase kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan semua model K-Omega yaitu hanya berkisar 10%. Namun, kesalahan dalam prediksi temperatur sangat tinggi, yaitu berkisar 22 – 25%. Model RKE memberikan kesalahan yang menengah besarnya, baik untuk kesalahan dalam memprediksi temperatur, yaitu 15,56% dan penurunan tekanan, yaitu 17,15%. Dengan demikian, model viscous RKE dapat digunakan untuk prediksi dan simulasi numerik aliran dalam kolektor surya pemanas udara dengan plat penyerap jenis *v-corrugated*.

Tabel 2.Perubahan temperatur dan tekanan pada saluran berpenampang segitiga.

	sararan serpenampang segraga.								
Model Viscous	T <sub>in</sub> , K	T <sub>out</sub> , T	T, K	Error %	P <sub>in</sub> , Pa	P <sub>out</sub> , Pa	P, Pa	Error %	
SKE	300.6	323.3	22.6	22.5	0.07	-13.2	13.3	10.0	
SKE	7	5	8	9	0.07	4	13.3	3	
RNG-KE	300.6 7	323.9 2	23.2	25.6 8	0.07	-13.1 1	13.1	10.9	
RKE	300.6 7	322.0 6	21.3	15.5 6	0.06	-12.2 0	12.2 6	17.1 5	
SKW	300.6 7	320.5 7	19.9 0	7.56	-0.0 3	-9.94	9.91	33.4	
SST-KW	300.6 7	320.5 6	19.8 9	7.51	-0.0 3	-9.90	9.86	33.3	
eksperime n	298.9 0	317.4 0	18.5 0	-			14.8	-	

### Kesimpulan

Dari perbandingan antara hasil simulasi numerik dengan hasil eksperimen pada aliran internal dalam saluran berpenampang segitiga didapatkan bahwa:

- 1. *Mesh* yang paling baik digunakan adalah *Mesh* C dengan jumlah node = 540000 dan jumlah cell = 566401.
- Model viscous terbaik untuk memprediksi temperatur udara pada penggunaan dua persamaan adalah model viscous SST-KWdan untuk penurunan tekanan adalah model SKE.
- 3. Model viscous yang tepat digunakan untuk prediksi temperatur dan penurunan tekanan adalah RKE. Dengan model RKE, perbedaan hasil simulasi numerik dengan hasil eksperimen untuk kenaikan temperatur udara yang mengalir dalam saluran berpenampang segitiga mencapai 15.56% dan untuk penurunan tekanan mencapai 17.15%.

### Ucapan Terima kasih

Penulis sangat bersyukur untuk hibah penelitian yang diterima dari Kopertis Wilayah VII Jawa Timur, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dengan kontrak no. 0004/SP2H/PP/K7/KL/II/2012.

### Nomenklatur

- T temperatur (°C)
- P tekanan (Pa atau Nm<sup>-2</sup>)

**Subsripts** 

in masuk

out ke luar

### Referensi

- [1] H. K. Versteeg and W. Malalsekera, An introduction to computational fluid dynamics the finite volume method, Malaysia: Longman Scientific & Technical ISBN 0-582-21884-5, 1995.
- [2] P. J. Roache, K. N. Ghia and F. White, "Editorial Policy Statement on the Control of Numerical Accuracy," *J. Fluids Engineering*, pp. 108, 2, 1986.
- [3] I. P. Frank and D. P. DeWitt, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 5th ed, John Wiley & Sons., 2002.
- [4] A. A. El-Sebaii and H. Al-Snani, "Effect of selective coating on thermal performance of flat plate solar air heaters," *Energy*, vol. 35, p. 1820–1828, 2010.
- [5] A. H. Abdullah, H. Z. Abou-Ziyan and A. A. Ghoneim, "Thermal performance of flat plate solar collector using various arrangements of compound honeycomb," *Energy Conversion* and *Management*, vol. 44, p. 3093–3112, 2003.
- [6] A. A. Ghoneim, "Performance optimization of solar collector equipped with different arrangements of square-celled honeycomb," *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 44, p. 95–105, 2005.
- [7] H. Suehrcke, D. Daldehog, J. A. Harris and R. W. Lowe, "Heat transfer across corrugated sheets and honeycomb transparent insulation," *Solar Energy*, vol. 76, p. 351–358, 2004.
- [8] S. Chamoli, R. Chauhan, N. S. Thakur and J. S. Saini, "A review of the performance of double pass solar air heater," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, p. 481–492, 2012.
- [9] P. Naphon, "On the performance and entropy generation of the double-pass solar air heater with longitudinal fins," *Renewable Energy*, vol. 30, p. 1345–1357, 2005.
- [10] C.-D. Ho, H.-M. Yeh and T.-C. Chen, "Collector efficiency of upward-type double-pass solar air heaters with fins attached," *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 38, p. 49–56, 2011.
- [11] W. Sun, J. Ji and W. He, "Influence of channel depth on the performance of solar air heaters," *Energy*, vol. 35, pp. 4201-4207, 2010.

- [12] Y. Islamoglu and C. Parmaksizoglu, "The effect of channel height on the enhanced heat transfer characteristics in a corrugated heat exchanger channel," *Applied Thermal Engineering 23*, p. 979–987, 2003.
- [13] A. A. El-Sebaii, S. Aboul-Enein, M. R. I. Ramadan, S. M. Shalaby and B. M. Moharram, "Investigation of Thermal Performance of Double-pass-flat and V-corrugated Plate Solar Air Heaters," *Energy*, vol. 36, pp. 1076-1086, 2011a.
- [14] P. Naphon, "Effect of wavy plate geometry configurations on the temperature and flow distributions," *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 36, p. 942–946, 2009.
- [15] P. Naphon, "Heat transfer characteristics and pressure drop in channel with V corrugated upper and lower plates," *Energy conversion and management 48*, p. 1516 1524, 2007.
- [16] W. f. Gao, W. x. Lin, L. Tao Liu and C. f. Xia, "Analytical and experimental studies on the thermal performance of cross-corrugated and flat-plate solar air heaters," *Applied Energy* 84, p. 425 441, 2007.
- [17] L. Tao, X. L. Wen, F. G. Wen and X. L. Chan, "A Parametric study on the termal performance of a solar air collector with a V-groove penyerap," *International Journal of Green Energy*, 4, p. 601–622, 2007.
- [18] M. A. Karim and M. N. A. Hawlader, "Performance Investigation of Flat Plate, V-Corrugated and Finned Air Collector," *Energy 31*, pp. 452-470, 2006.
- [19] A. A. Bashria, N. M. Adam, S. M. Sapuan, M. Daud, H. Omar, H. M. Megat and F. Abas, "Prediction Of The Thermal Performance Of Solar Air Heaters By Internet-Based Mathematical Simulation," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, p. 579 587, 2004.
- [20] Sutrisno, H. Sasongko and W. A. Widodo, "Evaluation of the uncertainty for flow around a bluff rectangular," in *Annual Engineering Seminar*, Yogyakarta, 2012.







# SERTIFIKAT

Diberikan kepada:

## Ekadewi A. Handoyo

sebagai:

### **PEMAKALAH**

dan Kemandirian Bangsa" di Universitas Lampung tanggal 23 - 24 Oktober 2013 dengan tema "Peran Riset Teknik Mesin Dalam Membangun Daya Saing pada Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XII

Mengetahui, Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, DEA

Bandar Lampung, 24 Oktober 2013

Ketua Pelaksana

Dr. Amrizal, S.T., M.T. NIP. 197002021998031004