



# SNTTM XVIII

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin 2018

## PROSIDING

**“Peran Ilmu Teknik Mesin yang Berorientasi Global dalam  
Mendukung Pembangunan Nasional Berkelanjutan”**

Organized by :



**Program Studi  
TEKNIK MESIN**

4-5 Oktober 2018

Hotel Swiss Belinn Kupang, Nusa Tenggara Timur  
Indonesia

## Kata Pengantar

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya dengan rahmat-Nya buku prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XVII dapat diterbitkan. SNTTM XVII dengan tema “Peran Ilmu Teknik Mesin yang Berorientasi Global Dalam Mendukung Pembangunan Nasional Berkelanjutan” merupakan kegiatan tahunan Badan Kerja Sama Teknik Mesin (BKS-TM) Indonesia. SNTTM kali ini diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana (UNDANA) Kupang pada tanggal 4-5 Oktober 2018 di hotel Swiss-Belinn Kristal Kupang.

Dengan terlaksananya seminar ini, diharapkan adanya kerjasama antar Program Studi Teknik Mesin seluruh Indonesia yang semakin erat dan baik, dalam pengembangan peran ilmu teknik mesin dalam mendukung pembangunan nasional. Mulai tahun 2017, BKS-TM menggunakan sistem *Open Conference System* (OCS) dalam tahapan pengiriman abstrak dan makalah, sehingga seluruh prosiding yang dihasilkan dari SNTTM nantinya dapat diakses secara daring. Upaya ini merupakan bagian dari usaha BKS-TM untuk meningkatkan mutu publikasi karya ilmiah teknik mesin ke level yang lebih tinggi.

Perlu diketahui bahwa seleksi SNTTM XVII dilakukan dalam dua tahapan: 1) seleksi abstrak untuk kegiatan seminar dan 2) seleksi makalah lengkap untuk prosiding daring. Penyelenggaraan kali ini telah berhasil menjaring 198 abstrak untuk diseminarkan yang berasal dari berbagai institusi. Dari 198 abstrak yang diseminarkan, jumlah makalah yang sampai pada tahap prosiding adalah 143 artikel ilmiah, dengan perincian 35,66% konversi energi, 22,37% perancangan dan mekanika terapan, 13,98% proses manufaktur, 23,77% rekaya material dan 4,19% pendidikan teknik mesin.

Pada kesempatan ini, kami menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada BKS-TM Indonesia, para pimpinan Progam Studi Teknik Mesin, *keynote speaker*, tim peninjau, sponsor, para pemakalah, serta segenap panitia yang telah berpartisipasi aktif atas terselenggaranya SNTTM XVII dan terbitnya prosiding dari acara ini. Tidak lupa kami selaku panitia pelaksana memohon maaf atas kekurangan dan ketidaksempurnaan yang terjadi dalam keseluruhan proses penyelenggaraan seminar dan penerbitan buku prosiding. Akhir kata, semoga prosiding SNTTM XVII ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Salam hangat,

Dominggus G. H. Adoe, S. T., M. Eng  
Ketua Panitia Pelaksana

## **Profil Pembicara Utama**

Dalam rangkaian acara SNTTM XVII telah diselenggarakan Sesi Pembicara Utama pada hari Kamis, 4 Oktober 2018, pukul 09.10-11.30 WIB. Acara tersebut dilaksanakan di *ballroom* Kristal, Hotel Swiss Belinn, Kupang. Lima pembicara telah hadir dan memberikan presentasinya dalam Sesi Pembicara Utama SNTTM XVII.



### **Prof. Dr. Ir. Tresna Priyana Soemardi,, M.Sc., S.E.**

Prof. Dr. Ir. Tresna Priyana Soemardi M.Sc. adalah Guru Besar di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Kelahiran Palembang, 1 September 1955. Beliau menikah dengan Diah Hariyani dan memiliki dua orang anak, yaitu Una Amanda Priharani dan Ezra Ganesha Prihardanu.

Gelar Insinyur diperoleh dari Teknik Mesin ITB - Bandung tahun 1980, memperoleh Gelar Magister Ilmu Lingkungan pada tahun 1985 dan Sarjana Ekonomi tahun 1988 dari Universitas Indonesia.

Pada tahun 1990, lulus sebagai Doktor dalam bidang Applied Mechanics & Advanced Composites Materials dari Ecole Centrale de Paris-France.

Selama lebih dari 25 tahun melakukan kegiatan mengajar, konsultansi dan riset dibidang mekanika terapan dan material komposit, perancangan dan pengembangan produk, inovasi produk, manajemen stratejik inovasi, EPC & Project Management, Project Risk Management, Kelayakan Angkutan Udara, Transportasi Udara dan Engineering Management. Beliau juga pernah bekerja sebagai Researcher di Industri Pesawat Terbang Aerospatiale dan Industri Otomotif Renault di Perancis. Menghasilkan lebih dari 100 karya ilmiah dalam jurnal, seminar, konferensi dan lokakarya nasional maupun internasional. Berbagai pendanaan riset nasional maupun internasional berhasil ia menangkan antara lain: Hibah Bersaing, RUT, RUTI, Toray Science Foundation dan EU-Asialink Biomedical Engineering.



### **Prof. Yoshihiro Narita**

Penasihat akademik JICA, Expert di C-BEST project merupakan lulusan dari Universitas Hokkaido tahun 1974. Memulai karir sebagai dosen di Hokkaido Institute of Technology pada tahun 1980 – 1985. Menjabat sebagai Guru Besar di Fakultas Teknik, Universitas Hokkaido (Division of Human Mechanical Systems and Design) semenjak tahun 1991.

Bidang penelitian mencakup *Composite Structures, Optimum Design, Systems Engineering, Computational Mechanics, Engineering Education*. Beliau pernah menjabat sebagai Ketua Cabang Hokkaido

*Japan Society of Mechanical Engineers (JSME)* tahun 2008-2009 dan mendapat *Division award for international contribution*. Selain itu, beliau merupakan anggota asosiasi *Japan Society of Mechanical Engineers, International Symposium of Vibration on continuous Systems, International Advisory Committee, Japan Reinforced Plastics Society, International Steering Committee, Society of Automotive Engineers of Japan, Japan Society of Kansei Engineering, The Japan Society for Science Policy and Research Management, Japanese Education Research Association*.



### Prof. Olivier Polit

Guru Besar di Université Paris Ouest Nanterre dan peneliti di *Laboratoire Energétique Mécanique Electromagnétisme* (LEME). Prof. Olivier Polit memiliki keahlian di bidang *Finite Element Analysis, Structural Analysis, Finite Element Modeling, Numerical Modeling, Mechanical Testing, Numerical Analysis, Mechanics of Materials, Mechanical Engineering, Solid Mechanics, Materials Engineering, Composites, Dynamics, Finite Element Method, Computational Mechanics Elasticity, Computational Structural Mechanics, Structural Engineering, Piezoelectricity, Composite Structures Laminated Composites, Shell*. Beliau telah menghasilkan lebih dari 100 karya ilmiah sampai saat ini.



### Dr. Eng. Nobumasa Sekishita

Peneliti dan pengajar di Departemen Teknik Mesin, Toyohashi University of Technology, dengan jabatan sebagai *Associate Professor*. Beliau juga merupakan lulusan Doktor dari universitas tersebut.

Bidang penelitiannya mencakup *Fluid Dynamics* yaitu, *Wind Tunnel Experiment of Turbulent Shear Flow, Development of Flow Measurements and Analysis*. Dimana menginvestigasi fenomena pada *Buoyancy jet*, Pesawat jet dan *Sphere wake* menggunakan

Terowongan Angin.

Beliau juga merupakan anggota Perhimpunan Akademik *Japan Society of Mechanical Engineers, Japan Society of Fluid Mechanics, The Physical Society of Japan, and The Visualization Society of Japan*.



### Refi Kunaefi, MSc.

Refi Kunaefi adalah Kepala Proyek Pengembangan Area Bali di Akuo Energy Indonesia. Memulai karir profesionalnya sebagai insinyur lapangan, kemudian manajer operasi lapangan untuk perusahaan layanan minyak & gas terbesar di dunia, Schlumberger.

Di Akuo Indonesia, ia mengelola portofolio pengembangan Energi Terbarukan lebih dari 300 MW di berbagai bidang teknologi. Bidang tersebut dari PV surya, hidro, angin, biomassa, dan Konversi Energi Panas Laut (OTEC).

Refi memegang gelar Master dalam manajemen energi & lingkungan di bawah program beasiswa bergengsi dari *Total EP Indonesia* di Ecole des Mines de Nantes (Prancis), dan gelar Teknik Mesin dari Universitas Indonesia di bawah Program Kepemimpinan GE Beasiswa. Dia juga mengikuti Kursus Manajemen Kontrak di Ecole Européenne de Contract Management (Prancis). Saat ini beliau juga menjabat sebagai Dosen di Universitas Teknologi Sumbawa sejak Juni 2016.

## **Topik dan Sebaran Makalah**

- |                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| 1. Perancangan dan Mekanika Terapan | : 32 Makalah |
| 2. Proses Manufaktur                | : 20 Makalah |
| 3. Konversi Energi                  | : 51 Makalah |
| 4. Rekayasa Material                | : 34 Makalah |
| 5. Pendidikan Teknik Mesin          | : 6 Makalah  |

## Tentang BKS-TM

Badan Kerja Sama Teknik Mesin Indonesia (BKS-TM) adalah suatu organisasi yang dibentuk pada pertemuan ketua jurusan/program studi/departemen Teknik Mesin perguruan tinggi se-Indonesia pada tanggal 29 Mei 2002 di Jurusan Teknik Mesin ITS. Anggota dari BKS-TM adalah lembaga pendidikan tinggi yang menyelenggarakan pendidikan teknik mesin atau yang sejenis.

Tujuan pendirian BKS-TM adalah sebagai:

- 1) Menciptakan kondisi yang kondusif untuk meningkatkan kerja sama antar perguruan tinggi teknik mesin dalam melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi.
- 2) Meningkatkan interaksi perguruan tinggi anggota dengan lembaga lain.
- 3) Meningkatkan sumber daya anggota dalam menjawab tantangan dan persaingan.

Saat ini keanggotan BKS-TM sudah mencapai lebih dari 30 program studi Teknik Mesin yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



## **Tentang SNTTM**

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) merupakan kegiatan tahunan yang diselenggarakan oleh BKS-TM sebagai sarana untuk berbagi riset dan teknologi terbaru serta berbagi pengalaman terhadap pemecahan permasalahan di bidang keilmuan teknik mesin dalam lingkup nasional. Konferensi ini juga memberi kesempatan kepada para akademisi, pihak industri, komunitas, maupun para penentu kebijakan untuk membahas aktivitas dan kolaborasi di masa depan.

SNTTM XVII bertujuan untuk mempertemukan para peneliti, profesional industri, dan mahasiswa pascasarjana dari disiplin ilmu Teknik Mesin. SNTTM XVII, yang bertemakan “Peran Ilmu Teknik Mesin yang Berorientasi Global dalam Mendukung Pembangunan Nasional Berkelanjutan”, menawarkan lingkungan yang menarik dan merangsang peserta untuk berdiskusi dan bertukar pikiran mengenai hasil penelitian ilmiah terbaru. Pada tahun 2018, seminar kali ini diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana (Undana), pada tanggal 4-5 Oktober 2018 di Hotel Swiss Belinn, Kupang.

BKS-TM telah menyelenggarakan 16 kali SNTTM dengan host yang bergantian, yakni sebagai berikut:

1. SNTTM I (2002) dilaksanakan di ITS, Surabaya.
2. SNTTM II (2003) dilaksanakan di Unand, Padang.
3. SNTTM III (2004) dilaksanakan di Unhas, Makassar.
4. SNTTM IV (2005) dilaksanakan di Unud, Denpasar.
5. SNTTM V (2006) dilaksanakan di UI, Jakarta.
6. SNTTM VI (2007) dilaksanakan di Unsyiah, Banda Aceh.
7. SNTTM VII (2008) dilaksanakan di Unsrat, Manado.
8. SNTTM VIII (2009) dilaksanakan di Undip, Semarang.
9. SNTTM IX (2010) dilaksanakan di Unsri, Palembang.
10. SNTTM X (2011) dilaksanakan di Unibraw, Malang.
11. SNTTM XI (2012) dilaksanakan di UGM, Yogyakarta.
12. SNTTM XII (2013) dilaksanakan di Unila, Bandar Lampung.
13. SNTTM XIII (2014) dilaksanakan di UI, Jakarta.
14. SNTTM XIV (2015) dilaksanakan di Unlam, Banjarmasin.
15. SNTTM XV (2016) dilaksanakan di ITB, Bandung.
16. SNTTM XVI (2017) dilaksanakan di ITS, Surabaya

## Tentang Kupang

Kota Kupang adalah kota madya dan sekaligus sebagai ibu kota provinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia. Kota Kupang adalah kota yang terbesar di Pulau Timor. Dengan jumlah penduduk lebih dari 450 ribu jiwa (perhitungan pada tahun 2014) yang terdiri dari berbagai macam suku dan bangsa yaitu Timor, Rote, Sabu, Tionghoa, Flores, Alor, Lembata serta sebagian kecil pendatang dari Ambon, Bali, Sulawesi dan Jawa. Kota Kupang merupakan pusat bisnis, perdagangan, industri dan pendidikan di Nusa Tenggara Timur.

Kota Kupang sering dijuluki sebagai Kota Karang. Julukan ini disebabkan oleh kondisi geografis kota Kupang dipenuhi oleh batu karang. Nama Kupang berasal dari nama seorang raja yang memerintah Kota Kupang sebelum bangsa Portugis dan Belanda datang ke Nusa Tenggara Timur yaitu Lai Kopan. Nama Lai Kopan kemudian disebut oleh Belanda sebagai Koepan dan dalam bahasa sehari-hari menjadi Kupang.

Sebagai ibu kota provinsi Nusa Tenggara Timur, Kota Kupang memiliki sarana pendidikan milik pemerintah dan yang dikelola oleh swasta untuk pendidikan formal dan informal dari tingkat PAUD, Play Group, TK, SD, SLTP dan SLTA serta Perguruan Tinggi. Perguruan Tinggi yang ada di Kota Kupang sebanyak 19 Perguruan Tinggi yang terdiri dari 4 Perguruan Tinggi Negeri dan 15 Perguruan Tinggi Swasta.

Kupang juga memiliki beberapa objek wisata yang dapat memanjakan setiap orang yang berkunjung dengan hamparan pasir putih yang indah dan laut biru yang cantik. Sejak beberapa tahun terakhir ini menjadi langganan persinggahan peserta lomba perahu layar internasional, pemandangan yang indah serta keramahan para pedagang yang berjualan di sekitar area wisata yang tidak ternoda oleh pikiran mencari untung sebanyak-banyaknya, yang masih kental akan budaya persaudaraan antar sesama serta kekhasan budaya dan adat. Wisatawan yang berkunjung ke kota ini biasanya terkesan dengan ikan bakar yang ukurannya besar-besar dengan harga yang relatif murah. Pasar malam yang populer di Kota Kupang yang menyajikan makanan sari laut terletak di daerah Kampung Solor di sekitar bekas bioskop Raja. Dinikmati dengan sambal khas Kupang, tentu wisatawan akan langsung berjanji pada diri sendiri: "suatu saat nanti, beta akan kembali lagi".

ISSN 2623-0313

## **Buku Prosiding SNTTM XVII – 2018**

### **SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN XVII**

#### **Tema Seminar**

Peran Ilmu Teknik Mesin yang Berorientasi Global  
Dalam Mendukung Pembangunan Nasional Berkelanjutan

#### **Pelaksanaan**

Hotel Swiss-Belinn Kristal Kupang, 4-5 Oktober 2018

#### **Penerbit**

Program Studi Teknik Mesin  
Kampus UNDANA Penfui Kupang 85148

# SNTTM XVII – 2018

## SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN XVII

Perancangan dan Mekanika Terapan, Proses Manufaktur, Konversi Energi,  
Material Material, Pendidikan Teknik Mesin

### Penanggung Jawab

Prof. Fredik L. Benu, Rektor Undana Kupang  
Drs. Hery L. Sianturi, Dekan Fakultas Sains & Teknik, UNDANA Kupang  
Dr. Jefri S. Bale, Ketua Program Studi Teknik Mesin, UNDANA Kupang

### Penasehat

Dr. Arifin Sanusi, Program Studi Teknik Mesin, UNDANA Kupang  
Dr. Matheus M. Dwinanto, Program Studi Teknik Mesin, UNDANA Kupang  
Wenseslaus Bunganaen, M. T., Program Studi Teknik Mesin, UNDANA Kupang

### Panitia Pelaksana

Ketua Umum: Dominggus G. H. Adoe, M. Eng  
Bendahara: Gusnawati, M. Eng  
Publikasi: Muhamad Jafri, M. Eng  
Perlengkapan: Ben V. Tarigan, M. M.

### Editor

Dr. Jefri S. Bale  
Dr. Arifin Sanusi  
Yeremias M. Pell, M. Eng  
Kristomus Boimau, M. T.  
Muhamad Jafri, M. Eng  
Boy Bistolen, M. Eng

## **Reviewer**

---

Perancangan dan Mekanika Terapan

Daud Pulo Mangesa, M. T.  
Rima N. Selan, M. T.  
Jack C. A. Pah, M. T.

Proses Manufaktur

Wenseslaus Bunganaen, M. T.  
Adi Y. Tobe, M. T.  
Defmit B. N. Riwu, M. T.

Konversi Energi

Dr. Arifin Sanusi  
Muhamad Jafri, M. Eng  
Gusnawati, M. Eng  
Ben V. Tarigan, M. M.  
Yuftriani Littik, M. Eng

Rekayasa Material

Dr. Jefri S. Bale  
Yeremias M. Pell, M. Eng  
Kristomus Boimau, M. T.  
Dominggus G. H. Adoe, M. Eng  
Boy Bistolen, M. Eng

Pendidikan Teknik Mesin

Wenseslaus Bunganaen, M. T.  
Daud Pulo Mangesa, M. T.  
Rima N. Selan, M. T.  
Jack C. A. Pah, M. T.  
Adi Y. Tobe, M. T.

## Daftar Isi

### KONVERSI ENERGI [KE]

KODE MAKALAH	JUDUL MAKALAH	HALAMAN
KE - 01	<b>Computational Analysis of Fluid Flows Crossing Square Cylinder Dimpled Half Ball</b> Nasaruddin Salam, Rustan Tarakka, Jalaluddin dan Andi Machfud	001-007
KE - 02	<b>Analyse Coefficient Of Performance System To Result Of Condensation At Appliance Of Converter Portable</b> Fathir Muhammad, Domingus G.H.Adoe, Gusnawati	008-013
KE - 03	<b>Analysis of heat loss of hot mix asphalt during the waiting time the overlay</b> Muhammad Muhammad, Ahmad Syuhada, Syifaул Huzni, Zahrul Fuadi	014-021
KE - 04	<b>Analysis of Seal Gas Supply Conditioning and Numerical Simulation of The Influence of Seal Gas Supply Pressure on the Compressor Balance Line Pressure of Labyrinth Dry Gas Seal</b> MSK Tony Suryo Utomo, Syaiful dan Riszcky Fermansah	022-031
KE - 05	<b>Analysis of The Effect of Temperature and Time of Distillation toward Bioethanol Alcohol content of Lontar (Borassus Flabellifer) Fruit Mesocarp</b> Domingus Adoe, Defmit Riwu, Musa Magang	032-036
KE - 06	<b>Analysis Of The Utilization Of Corn Cobs Waste As An Alternative Fuel Based On Grain Variations</b> Sallolo Suluh, Petrus Sampelawang, Frans Robert Bethony, Yafet Bontong, Gabriel Padda Pabisa	037-042
KE - 07	<b>Analysis of Water Hyacinth Dryers Using Fluent 6.2.16</b> Noviyanti Nugraha, M. Alexin Putra, Aep Syaeful Rohman, Danang Pinanditio	043-048
KE - 08	<b>Analysis On Solar Heating System Error On Public Road Lighting Power Plant In Banda Aceh And Sabang</b> Ahmad Syuhada, M. Ilham Maulana	049-054
KE - 09	<b>Analysis Performance of Savonius Wind Turbines with combined blade without loaded</b> Arifin Sanusi, Nurhayati dan Hikmah	055-059
KE - 10	<b>Analysis Type of Fluid With Thermosyphon Cooling System Against With Output Power Thermoelectric Generator</b> Ben Vasco Tarigan, Arifin Sanusi dan Marsel Marthinus Liu	060-063
KE - 11	<b>Application of 3-inch Hydraulic Ram Pump in Dryland Irrigation at The Baumata Village, Taebenu District, Kupang Regency</b> Muhamad Jafri, Wenseslaus Bunganaen, Nurhayati dan Gusnawati	064-068
KE - 12	<b>Characteristic Testing of Solar Still X Desalination Technology in Indonesia using Seawater</b> Raldi Artono Koestoer, Ibnu Roihan, dan Valerie Deva Simangunsong, Adi Surjosatyo	069-077
KE - 13	<b>Characteristics Of Pet Plastic Pyrolysis Products With Temperature Variations</b>	078-082

KE - 14	Hesti Istiqlaliyah, Am Mufarrih dan M. Muslimin Ilham <b>Computational Study on the Analysis of Blowing Application Towards Flow Fields on Vehicle Models with Variations on Front Geometry</b>	083-087
KE - 15	Rustan Tarakka, Nasaruddin Salam, Jalaluddin, Muhammad Ihsan <b>Design and Evaluation of Energy Characteristics of a Horizontal Venturi Bulb Turbine Based on Sea Current Data of The Haya Strait</b>	088-092
KE - 16	W. M. Rumaherang, R. Ufie, J. Louhenapessy, J. Latuny <b>Design of Hydraulic Ram Pump To Help The Community Agricultural Irrigation System In Sumberrejo, Kemiling Distric, Bandar Lampung</b>	093-097
	Jorfri Boike Sinaga, Harnowo Supriadi, Ahmad Suudi, Raja Aman Simarmata, dan Sugiman	
KE - 17	<b>Drag Reduction Impact of Slurry by Spiral Pipe Geometry</b>	098-102
	Yanuar dan Sealtial Mau	
KE - 18	<b>Droplet Combustion Characteristics of Methanol-Kemiri Sunan Biodiesel Blends</b>	103-106
	Nurkholis Hamidi, Purnami, Rizal Maulana Fahmi	
KE - 19	<b>Effect of Diesel Engine Speed on Performance of Reciprocating Compressor</b>	107-112
	Khairul Muhajir, I Gusti Gde Badrawada dan Agus Fajar W	
KE - 20	<b>Energy Engineering for Agricultural Drying System based on Diesel Engine Exhaust Gases Integrated with Rice Milling Unit</b>	113-119
	Nasruddin Aziz	
KE - 21	<b>Experimental Study of Burning Deposition Characteristics Balinese Arak Fuel in the Engine Combustion Chamber</b>	120-125
	I Gusti Ketut Sukadana, I Wayan Bandem Adnyana	
KE - 22	<b>Experimental Study of Comparation of Drift Bike Tire Traction in Asphalt, Concrete, and Grass Media on Fuel Efficiency</b>	126-129
	Ismail Thamrin dan M. Alfarabi	
KE - 23	<b>Experimental Study on the Influence of Angle of Attack and Number of Blade on Break Power of Darrieus Wind Turbine Type H-Rotor Integrated with Cooling Tower</b>	130-133
	Budi Santoso, Dominicus Danardono dan Miko Hadi Wijaya	
KE - 24	<b>Improvement Of Droplet Combustion Speed Of Kapuk Randu Oil With Addition Of Cengkeh Oil As Catalyst</b>	134-138
	Purnami, ING Wardana, Widya Wijayanti	
KE - 25	<b>Investigation of Lifting Force of Delivery Valve and Increased Pressure in Air Chamber of Hydram Pump</b>	139-145
	Made Suarda, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma, Made Sucipta dan Ainul Ghurri	
KE - 26	<b>Kajian Eksperimental Komparasi Efisiensi Kolektor Surya dengan Variasi Sudut Kemiringan</b>	146-152
	Firmansyah Burlian, Ismail Thamrin, Hendy Chairman	
KE - 27	<b>Konsumsi bahan bakar LCGC (Low Cost Green Car) pada kecepatan normal dan tinggi</b>	153-156
	Harwin Saptoadi	

KE - 28	<b>Modeling of Bubble Flow in Horizontal Pipe</b> Sukamta, Thoharuddin, Roy Mukhlis Irawan	157-161
KE - 29	<b>Numerical Simulation of Cross Flow Around Four Circular Cylinders In An In-Line Square Configuration Near A Plane Wall At Laminar Boundary Layer</b> A.Grummy Wailanduw, Priyo Heru Adiwibowo dan Budihardjo Achmadi Hasyim	162-167
KE - 30	<b>Numerical Study on Undershoot Waterwheel Performance</b> Budiarso, Sanjaya BS. Nasution, Dendy Adanta, Warjito, Satrio AA	168-173
KE - 31	<b>On the Effect off Tube Bank Configuration to Heat Transfer Effectiveness in Heat Pipe Heat Exchanger for Air Conditioning System</b> Ragil Sukarno, Nandy Putra, Ridho Irwansyah	174-180
KE - 32	<b>Optimization of a Dual-Evaporator Vapor Compression Refrigerator</b> Matheus M. Dwinanto, Suhanan dan Prajitno	181-187
KE - 33	<b>Pengaruh Penambahan Fix Drag Reducing Pada Bilah Terhadap Kinerja Turbin Angin Savonius</b> Indra Herlamba Siregar, Moch Effendy dan Akhmad Hafizh Ainur Rasyid	189-192
KE - 34	<b>Effect of Microwave longtime of Esterification Process to Physics Properties Of Biodiesel Rubber Seed Oil (<i>Hevea Brasiliensis</i>)</b> Slamet Wahyudi, Nurkholis Hamidi, Yuniar A Arsandi	193-197
KE - 35	<b>Performance analysis of hybrid PV/T solar collector under the tropical climate conditions of Indonesia</b> Amrizal, Amrul, Miftahul Aziz, Adi Suprianto	198-202
KE - 36	<b>Physical Properties of Biodiesel from Microalgae <i>Chlorella Vulgaris</i></b> Adjar Pratoto, Rury Dwi Nurhadi dan Abdi Dharma	203-207
KE - 37	<b>Planning A Condenser Type Concentric Tube Exchanger As An Instrument For Testing And The Learning</b> Sobar Ihsan	208-211
KE - 38	<b>Simplification Design of Nozzle and Blade of Pico Hydro Turbine type Cross-flow</b> Dendy Adanta, Aji Putro Prakoso, A.I. Siswantara, Warjito, Budiarso	212-217
KE - 39	<b>The Addition of Phase Change Materials in the Wall to Reduce the Overall Thermal Transfer Value (OTTV)</b> Muhammad Irsyad, Amrizal dan M Dyan Susila	218-223
KE - 40	<b>The Effect of Addtion Bioethanol From Palm Fruit to Calorific Value Gasoline and Exhaust Emissions of Vehicle 4 Stroke 125 cc</b> Dominggus G. H. Adoe , Ben V. Tarigan , Rima Nindia Selan, Boy Bistolen	224-229
KE - 41	<b>The Effect of Air Flow Rate on the Performance of Thermoelectric Cooling System</b> Mega Nur Sasongko dan Franz Jipri Fernando	230-234

## Performance analysis of hybrid PV/T solar collector under the tropical climate conditions of Indonesia

Amrizal<sup>1,\*</sup>, Amrul<sup>2</sup>, Miftahul Aziz<sup>3</sup>, Adi Suprianto<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Magister Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung – Bandarlampung

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung – Bandarlampung

\*Corresponding author: amrizal@eng.unila.ac.id

**Abstract.** Solar energy can be converted into electrical energy by exciting electrons in photovoltaic *cells*. However, the efficiency of photovoltaic (PV) is only around 12% -18% and more than 80% of the radiation received will be absorbed into heat. The heat absorbed would increase the surface temperature of the photovoltaic module. In fact, every 1 °C temperature increase of the surface temperature, the electricity efficiency would decline by approximately 0.5%. In an effort to stabilize the surface temperature, solar thermal collector is needed to be attached under the surface of the PV. This type of collector is well known as a Hybrid Photovoltaic Thermal (PV/T) collector. This study aims to determine the performance of Hybrid Photovoltaic Thermal (PV/T) solar collector which is performed under the tropical climate of Indonesia. Solar collector test method (European Norm-EN 12975) was used to characterize the thermal performance of PV/T collector under indoor system using a solar simulator. In term of electrical *efficiency*, it was measured by the ability of the PV/T collector to convert sunlight into electricity. The results indicate that if the percentage of increase in fluid mass flow rate is about 30%, the maximum percentage of increase is 45 % in thermal losses and 51% in pressure drop, respectively. In addition, the PV/T collector increase in electrical efficiency is 2.5% in comparison with PV collector only.

**Abstrak.** Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik melalui penggunaan sel surya (*photovoltaic cell*). Akan tetapi efisiensi *photovoltaic* hanya berkisar 12%-18% dimana lebih dari 80% radiasi yang diterima akan diserap menjadi panas. Energi panas ini akan meningkatkan temperatur permukaan *photovoltaic* sehingga mengurangi efisiensi listrik sebesar 0,5% setiap peningkatan temperatur permukaan photovoltaic (PV) 1 °C. Sebagai upaya untuk menstabilkan temperatur permukaan photovoltaic tersebut maka dibutuhkan kolektor termal surya yang ditempelkan dibawah permukaan PV. Jenis kolektor ini dikenal dengan kolektor *hybrid photovoltaic thermal* (PV/T). Sementara itu iklim lingkungan yang berbeda akan berpengaruh terhadap unjuk kerja suatu kolektor PV/T. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja kolektor surya *hybrid photovoltaic thermal* (PV/T) aliran serpentin yang dikarakterisasi pada iklim tropis Indonesia. Pengujian unjuk kerja termal mengikuti standar EN 12975 sistem indoor menggunakan solar simulator. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan laju aliran massa fluida 30% memberikan peningkatan yang paling maksimum untuk parameter rugi-rugi termal dan pressure drop masing-masing 45% dan 51%. Sementara itu efisiensi listrik mengalami peningkatan sebesar 2.5% jika dibandingkan dengan efisiensi listrik kolektor PV tanpa kolektor termal.

**Keywords:** Kolektor *Hybrid Photovoltaic Thermal (PV/T)*, laju aliran massa, termal.

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Energi matahari atau energi surya merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan. Energi ini memiliki ketersediaan yang sangat melimpah, ramah lingkungan serta bebas polusi [1]. Matahari memancarkan energi yang sangat besar, dimana energi tersebut dapat diterima oleh permukaan bumi mencapai lebih dari 1000 W/m<sup>2</sup>[2].

Potensi energi surya yang besar ini diantaranya dapat dimanfaatkan atau diubah menjadi energi listrik dan termal. Energi listrik dapat diperoleh

dengan menggunakan sel surya (*photovoltaic cell*). Akan tetapi *photovoltaic* ini hanya mampu mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik dengan efisiensi 12 - 18% dan lebih dari 80% energi radiasi matahari tersebut akan diserap atau diubah menjadi energi panas [3].

Energi panas yang diterima secara terus menerus akan menyebabkan kenaikan temperatur permukaan pada *photovoltaic*. Akibatnya, *photovoltaic* akan mengalami penurunan efisiensi elektrik sebesar 0,5 % pada setiap kenaikan temperatur 1 °C [4].

Sebagai upaya untuk menstabilkan temperatur permukaan *photovoltaic* maka perlu direkatkan atau

ditempelkan sebuah kolektor termal dibawah permukaan *photovoltaic*. Salah satu kolektor yang dapat digunakan secara baik adalah kolektor termal surya pelat datar aliran serpentin [5]. Kolektor jenis ini dapat menyerap panas berlebih pada permukaan *photovoltaic* [2].

Penggabungan antara *photovoltaic cell* dengan kolektor termal surya (*solar thermal collector*) disebut sebagai sistem hybrid *Photovoltaic Thermal (PV/T)*. Sistem hybrid ini akan menyerap energi panas yang tidak bermanfaat dari *photovoltaic*. Penyerapan energi akan lebih efisien bila dibandingkan dengan *photovoltaic* atau kolektor surya yang digunakan secara terpisah [6,7]. Sementara itu unjuk kerja kolektor ini juga dipengaruhi oleh iklim lingkungan seperti intensitas radiasi matahari, kecepatan dan kelembaban udara serta kondisi awan.

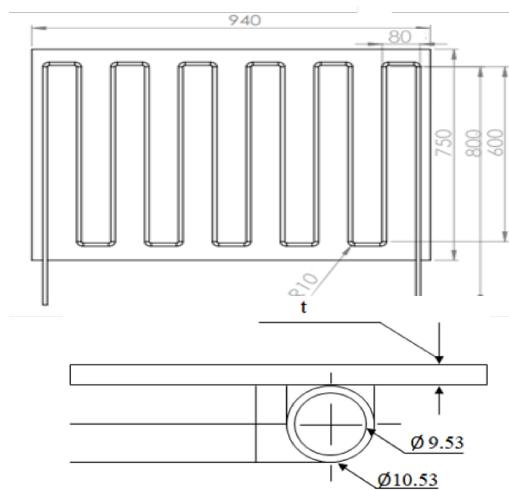
Data desain dan hasil pengujian unjuk kerja kolektor surya PV/T yang berkaitan dengan daerah ekuator termasuk Indonesia masih belum banyak dipublikasikan. Berkaitan dengan hal ini sangat diperlukan penelitian dan pengembangan tentang unjuk kerja kolektor surya hybrid *Photovoltaic thermal (PV/T)* yang dikarakterisasi berdasarkan iklim tropis Indonesia.

## Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan perancangan dan pembuatan kolektor hybrid PV/T pelat datar dan kemudian dilanjutkan dengan proses pengujian unjuk kerja. Pengolahan dan analisa data dilakukan untuk mengetahui kinerja kolektor yang dikarakterisasi berdasarkan iklim tropis Indonesia.

### 1. Desain Kolektor Surya PV/T Pelat Datar

Gambar hasil rancangan kolektor surya pelat datar dengan tipe aliran *serpentine* terlihat pada Gambar 1. Desain *kolektor termal* ini menggunakan pipa tembaga dengan diameter dalam 9.53 mm dan diameter luar 10.53 mm serta sambungan *elbow* 90°. Jarak antara pipa 80 mm dengan panjang total pipa adalah 7 m. Pelat datar sebagai bahan absorber menggunakan bahan tembaga dengan ketebalan 2 mm dan panjang 940 mm serta lebar 750 mm.



Gambar 1. Desain absorber terdiri dari pipa dan pelat datar

Komponen-komponen absorber tersebut yang terdiri dari pipa dan pelat dirakit dengan susunan seperti terlihat pada Gambar 2. Pelat dan pipa absorber direkatkan atau ditempelkan pada bagian bawah permukaan panel PV untuk menjadi kolektor PV/T.



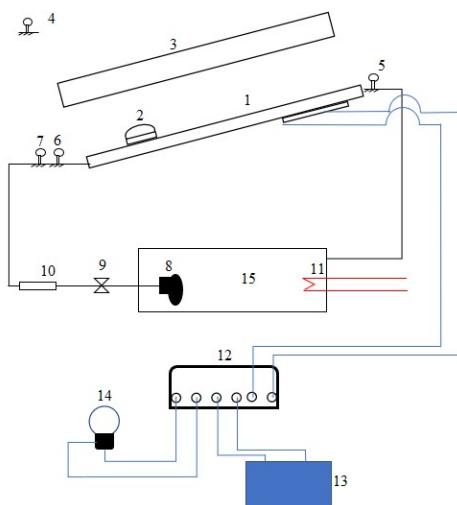
Gambar 2. Hybrid photovoltaic thermal (PV/T)

### 2. Pengujian Hybrid Photovoltaic Thermal (PV/T)

Pengujian unjuk kerja termal dilakukan berdasarkan standar pengujian EN 12975-2. Standar ini dipublikasikan oleh Komite Standarisasi Eropa (*Comite Europeen de Normalization-CEN*) pada tahun 2001 dan direvisi pada tahun 2006.

Proses pengujian dilakukan di dalam laboratorium menggunakan *solar simulator*. Skema pengujian dapat dilihat pada Gambar 3. Tiga variasi laju aliran massa fluida diaplikasikan mulai dari 0.005 kg/s, 0.010 kg/s dan 0.015 kg/s. Setiap variasi laju aliran massa dilakukan pengambilan data sebanyak 4 kali sesuai dengan standar pengujian EN 12975. Tahapan pengukurannya adalah sebagai berikut:

- a. Pengukuran temperatur fluida masuk ( $T_{in}$ ) dari kolektor  $PV/T$  ( $^{\circ}C$ )
- b. Pengukuran laju aliran massa fluida  $\dot{m}$  (kg/s)
- c. Pengukuran energi radiasi pada *solar simulator*, menggunakan *solar power meter*.
- d. Pengukuran temperatur fluida keluar ( $T_{out}$ ) dari kolektor  $PV/T$  ( $^{\circ}C$ )
- e. Pengukuran temperatur udara lingkungan ( $^{\circ}C$ )
- f. Pengukuran temperatur permukaan pada *photovoltaic* ( $^{\circ}C$ )
- g. Pegukuran tegangan *photovoltaic* ( $PV$ ) (V)
- h. Pengukuran arus keluar *photovoltaic* ( $PV$ ) (A)



Gambar 3. Skema rangkaian pengujian kolektor  $PV/T$

Keterangan:

- |                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| 1. Kolektor Hybrid ( $PV/T$ ) | 8. Pompa sirkulasi  |
| 2. Solar power mater          | 9. Katup            |
| 3. Solar simulator            | 10. Flow meter      |
| 4. Digital thermometer        | 11. Heater          |
| 5. Outlet temperature         | 12. Control charger |
| 6. Inlet temperature          | 13. Accu            |
| 7. Pressure gauge             | 14. Lampu           |

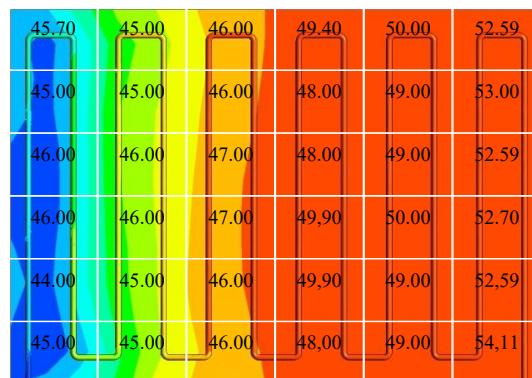
## Hasil dan Pembahasan

Pengujian kolektor  $PV/T$  telah dilakukan dan data ditampilkan dalam bentuk gambar, grafik dan tabel. Hasil dan pembahasan dapat diuraikan sebagai berikut:

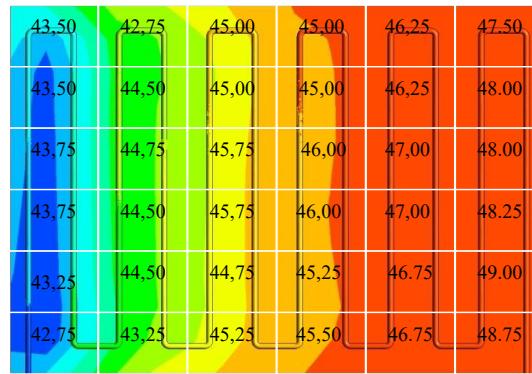
### 1. Distribusi temperatur permukaan *photovoltaic*

Gambar 4,5 dan 6 merupakan salah satu contoh hasil pengujian menjelaskan tentang distribusi temperatur pada permukaan PV dimana terjadi perbedaan nilai temperatur antara bagian daerah

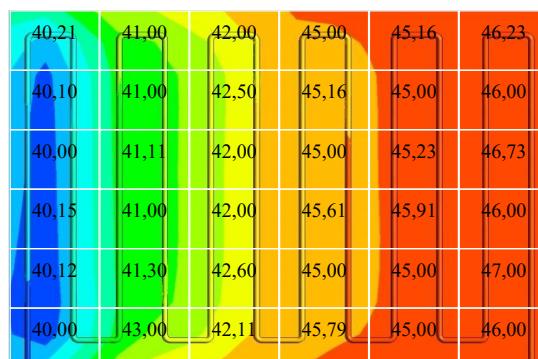
kedua (fluida masuk), tengah dan kanan (fluida keluar).



Gambar 4. Distribusi temperatur permukaan photovoltaic dengan laju aliran fluida 0,005 kg/s



Gambar 5. Distribusi temperatur permukaan photovoltaic dengan laju aliran fluida 0,010 kg/s

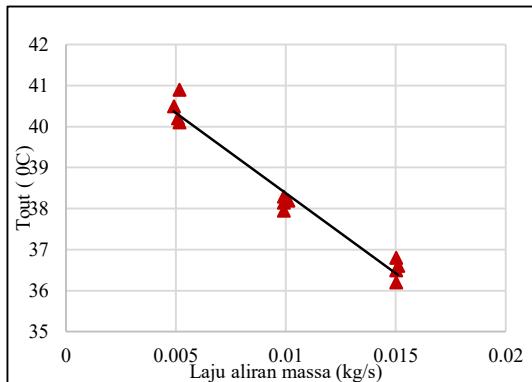


Gambar 6. Distribusi temperatur permukaan photovoltaic dengan laju aliran fluida 0,015 kg/s

Distribusi temperatur yang terjadi ini disebabkan karena adanya perbedaan laju perpindahan panas antara fluida dengan komponen absorber. Waktu yang lebih lama dibutuhkan oleh fluida kerja untuk mencapai daerah paling ujung dari kolektor PV

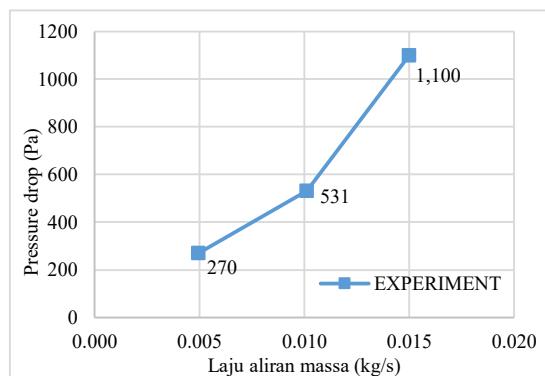
sehingga terjadi proses perpindahan panas yang lebih lama antara permukaan PV dengan fluida kerja tersebut. Kondisi ini menyebabkan fluida di daerah bagian keluar kolektor tersebut mempunyai temperatur yang lebih tinggi dibandingkan daerah sebelumnya (kiri dan tengah). Disamping itu semakin tinggi laju aliran fluida maka temperatur rata-rata permukaan kolektor PV/T semakin rendah karena terjadi peningkatan laju perpindahan panas antara absorber dengan fluida kerja. Perbandingan ini dapat dilihat pada Gambar 4,5 dan 6 dimana laju aliran fluida yang lebih besar mempunyai luas daerah bertemperatur tinggi yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan fluida untuk menyerap panas memberikan kontribusi yang cukup signifikan sehingga temperatur permukaan PV dapat menjadi lebih rendah dan terjadi peningkatan kinerja atau efisiensi listrik dari PV seperti ditunjukkan pada Gambar 10.

Begitu juga kondisi yang sama dialami oleh aliran fluida dari kolektor PV/T. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 7 yang menjelaskan pengaruh laju aliran massa fluida terhadap temperatur keluar fluida yang identik dengan kondisi perubahan temperatur yang terjadi pada permukaan PV.



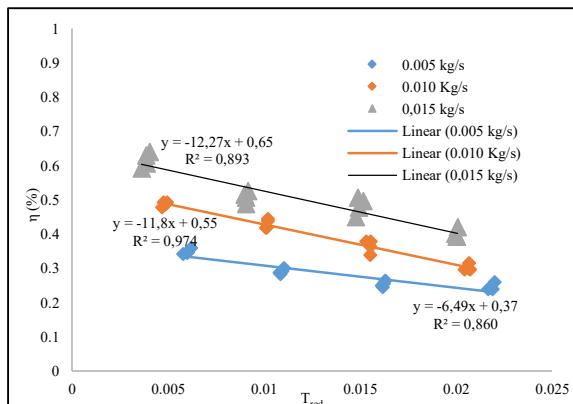
Gambar 7. Grafik pengaruh laju aliran massa terhadap temperatur fluida keluar.

Fluida yang berkontak dengan pipa akan menyerap panas lebih cepat dengan laju aliran massa yang lebih besar.



Gambar 8. Grafik pengaruh variasi laju aliran massa terhadap *pressure drop*.

Namun kenaikan laju aliran massa yang tinggi berdampak kepada *pressure drop* yang terjadi seperti dijelaskan pada Gambar 8. Pada laju aliran massa terendah yaitu 0,005 kg/s nilai *pressure drop* pada pengujian yang dilakukan adalah sebesar 270 Pa. Sedangkan ketika laju aliran massa ditingkatkan menjadi 0,0150 kg/s maka nilai *pressure drop* yang terjadi ikut naik yaitu sebesar 531 Pa (kenaikan 49%). Sama halnya untuk nilai *presure drop* pada laju aliran massa 0,015 kg/s terus meningkat signifikan yaitu 1100 Pa. Dengan kenaikan laju aliran massa tiga kali lipat maka *pressure drop* yang terjadi menjadi empat kali lebih tinggi. Laju aliran massa yang besar akan berakibat pada tingginya *pressure drop* ( $\Delta P$ ) yang akan dialami oleh aliran fluida. *Pressure drop* ( $\Delta P$ ) yang tinggi akan berakibat pada peningkatan kinerja pompa yang dibutuhkan sehingga biaya energi yang dikeluarkan akan menjadi lebih mahal.



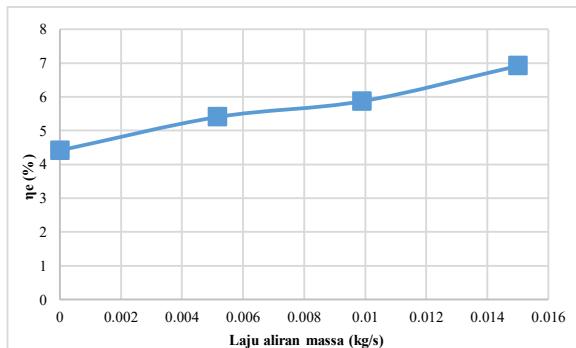
Gambar 9. Grafik hubungan antara efisiensi dan rugi-kalor.

Gambar 9 menjelaskan hubungan efisiensi dan temperatur reduksi ( $T_{red}$ ) dimana pada ketiga laju aliran massa yang berbeda diperoleh perbedaan nilai unjuk kerja rugi-rugi panas dan efisiensi termal.

Hal ini menunjukkan bahwa nilai koefisien rugi-rugi termal meningkat dengan penambahan laju aliran massa begitu juga hal yang sama terjadi untuk nilai efisiensi zero.

## 2. Efisiensi Listrik Photovoltaic

Berdasarkan Gambar 10, efisiensi maksimal daya elektrik yang dihasilkan oleh *photovoltaic* mencapai 7 % yang diuji dengan iklim tropis seperti Indonesia. Terjadi peningkatan kinerja listrik disebabkan pada saat aliran massa fluida tertinggi 0.015 kg/s maka penyerapan panas yang ada di permukaan *photovoltaic* ke fluida berlangsung lebih cepat, sehingga temperatur pada permukaan *photovoltaic* menjadi lebih rendah. Kondisi ini akan menstabilkan bahkan dapat meningkatkan efisiensi PV.



Gambar 10. Pengaruh laju aliran massa pada absorber terhadap efisiensi elektrik ( $\eta_e$ ) photovoltaic

Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa penggunaan fluida kerja yang berfungsi untuk menyerap panas pada permukaan PV/T. Proses ini mampu meningkatkan efisiensi listrik *photovoltaic* mencapai 7% dibandingkan *photovoltaic* tanpa kolektor termal dimana PV tersebut yang hanya memiliki efisiensi listrik sebesar 4.5%.

Selain itu dari grafik pengaruh laju aliran massa terhadap efisiensi listrik terlihat semakin tinggi laju aliran massa, maka semakin tinggi efisiensi listrik yang dihasilkan oleh *photovoltaic*. Hal ini disebabkan oleh semakin banyak kalor di permukaan kolektor PV/T yang ikut diserap oleh air pendingin kolektor. Temperatur permukaan *photovoltaic termal* lebih rendah dibandingkan dengan permukaan *photovoltaic* tanpa kolektor termal.

## Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian kinerja kolektor surya *hybrid PV/T* berdasarkan iklim tropis Indonesia, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan laju aliran massa fluida 30% memberikan peningkatan nilai tertinggi untuk parameter rugi-rugi termal dan pressure drop masing-masing 45 % dan 51%.
2. Efisiensi elektrikal mengalami peningkatan sebesar 2.5 % dari efisiensi *photovoltaic* tanpa kolektor *thermal*.

## Penghargaan

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Lampung yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

## Referensi

- [1] Biro Perencanaan dan Kerja Sama, 2015. *Renstra KESDM 2015-2019*. Kementerian Energi Sumber Daya Mineral.
- [2] Duffie, J.A. dan W.A. Beckman. 1980. Solar Engineering of Thermal Processes. New York: John Wiley and Sons.
- [3] Agrawal, B. and Tiwari, G.N. 2010. Optimizing the Energy and Exergy of Building Integrated Pv thermal (BIPVT) Systems Under Cold Climatic Conditions.
- [4] Chow, T.T. Hand, J.W dan Strachan, P.A. 2003. Building Integrated PV and Thermal Application in A Subtropical Hotel Building. doi.org/10.1016/S1359-4311(03)00183-2.
- [5] Allan, James. D. Zahir dan Mauricette. 2015. Performance Testing Of Thermal and Photovoltaic Thermal Solar Collectors. Inggris: School of Engineering and Design Brunel University
- [6] Mojiri, A. et al. 2013. Spectral Beam Splitting for Efficient Conversion of Solar Energy. A Review. In Renewable and Sustainable Energy Reviews. Pages 654–663. doi:10.1016/j.rser.2013.08.026.
- [7] X. A. Wang and L.G. Wu, 1990, “Analysis And Performance of Flat-Plat Solar Collector Arrays”, International Journal of Solar Energy Vol. 45, NO. 2. PP. 71-78.