



SNTTM XVII

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% rekayasa material dan 4,19% pendidikan teknik mesin.

Pada kesempatan ini, kami menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada BKS-TM Indonesia, para pimpinan Program 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.Si., 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, konsultasi dan riset dibidang mekanika terapan dan material komposit, perancangan dan pengembangan produk, inovasi produk, manajemen strategik inovasi, EPC & Project Management, Project Risk Management, Kelayakkan Angkutan Udara, Transportasi Udara dan Engineering Management. Beliau juga pernah bekerja sebagai Researcher di Industri Pesawat Terbang Aerospasiale 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*, dan *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, Makasar.
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	Computational Analysis of Fluid Flows Crossing Square Cylinder Dimpled Half Ball Nasaruddin Salam, Rustan Tarakka, Jalaluddin dan Andi Machfud	001-007
KE - 02	Analyse Coefficient Of Performance System To Result Of Condensation At Appliance Of Converter Portable Fathir Muhammad, Dominggus G.H.Adoe, Gusnawati	008-013
KE - 03	Analysis of heat loss of hot mix asphalt during the waiting time the overlay Muhammad Muhammad, Ahmad Syuhada, Syifaul Huzni, Zahrul Fuadi	014-021
KE - 04	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 MSK Tony Suryo Utomo, Syaiful dan Riszcky Fermansah	022-031
KE - 05	Analysis of The Effect of Temperature and Time of Distillation toward Bioethanol Alcohol content of Lontar (Borassus Flabellifer) Fruit Mesocarp Dominggus Adoe, Defmit Riwu, Musa Magang	032-036
KE - 06	Analysis Of The Utilization Of Corn Cobs Waste As An Alternative Fuel Based On Grain Variations Sallolo Suluh, Petrus Sampelawang, Frans Robert Bethony, Yafet Bontong, Gabriel Padda Pabisa	037-042
KE - 07	Analysis of Water Hyacinth Dryers Using Fluent 6.2.16 Noviyanti Nugraha, M. Alexin Putra, Aep Syaeful Rohman, Danang Pinanditio	043-048
KE - 08	Analysis On Solar Heating System Error On Public Road Lighting Power Plant In Banda Aceh And Sabang Ahmad Syuhada, M. Ilham Maulana	049-054
KE - 09	Analysis Performance of Savonius Wind Turbines with combined blade without loaded Arifin Sanusi, Nurhayati dan Hikmah	055-059
KE - 10	Analysis Type of Fluid With Thermosyphon Cooling System Against With Output Power Thermoelectric Generator Ben Vasco Tarigan, Arifin Sanusi dan Marsel Marthinus Liu	060-063
KE - 11	Application of 3-inch Hydraulic Ram Pump in Dryland Irrigation at The Baumata Village, Taebenu District, Kupang Regency Muhamad Jafri, Wenseslaus Bunganaen, Nurhayati dan Gusnawati	064-068
KE - 12	Characteristic Testing of Solar Still X Desalination Technology in Indonesia using Seawater Raldi Artono Koestoer, Ibnu Roihan, dan Valerie Deva Simangunsong, Adi Surjosatyo	069-077
KE - 13	Characteristics Of Pet Plastic Pyrolysis Products With Temperature Variations	078-082

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

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

The Addition of Phase Change Materials in the Wall to Reduce the Overall Thermal Transfer Value (OTTV)

Muhammad Irsyad^{1,*}, Amrizal¹ dan M Dyan Susila¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung – Bandar Lampung

*Corresponding author: muhammad.irsyad@eng.unila.ac.id

Abstract. Electricity consumption in the building sector is among the largest. Air conditioning system (AC) is one of the equipment that has the largest contribution to the increase in electricity consumption. Solar radiation entering through the wall by conduction is one source of cooling load. The greater cooling load has resulted in an increase in the required AC capacity so that it has an impact on the increase in electrical energy. One criterion of evaluating the thermal transfer capability of a wall is the overall thermal transfer value (OTTV). The lower OTTV of a building wall, it is better impact to the cooling load. This research was conducted to determine the effect of adding PCM on the wall to OTTV and compared to standard walls. OTTV calculations are performed on the vertical wall of the north-facing building and located in Jakarta with a position of 6.12° LS, and on August 8, 2017 with area of 1m². The results of the calculation has showed a daily average OTTV decrease due to the addition of PCMs were 9.8% for walls with PCM coconut oil and 14.4% for walls with PCM Paraffin C13 - C24. Whereas if it involves the phase change process, the daily thermal energy that can be absorbed by each PCMs per square meter were 40.2% for PCM coconut oil and 95.8% for PCM Paraffin C13 - C24.

Abstrak. Konsumsi energi listrik pada sektor bangunan termasuk yang terbesar. Sistem pengondisian udara (*air conditioning* disingkat AC) merupakan salah satu peralatan yang memiliki kontribusi terbesar terhadap peningkatan konsumsi energi listrik tersebut. Radiasi matahari yang masuk melalui dinding secara konduksi merupakan salah satu sumber beban pendinginan. Semakin besar beban pendinginan maka semakin besar pula kapasitas AC yang dibutuhkan sehingga juga berdampak teradap kenaikan energi listrik. Salah satu kriteria mengevaluasi kemampuan perpindahan termal pada dinding adalah dengan menghitung nilai perpindahan energi termal keseluruhan (*overall termal transfer value* dingkat OTTV). Semakin rendah OTTV sebuah dinding bangunan maka semakin bagus dampaknya terhadap beban pendinginan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dampak penambahan PCM pada dinding terhadap OTTV dan dibandingkan dengan dinding standar. Perhitungan OTTV dilakukan pada dinding vertikal bangunan yang menghadap utara yang terletak di Jakarta dengan posisi 6,12° LS, dan pada tanggal 8 Agustus 2017 dan memiliki luas sebesar 1m². Hasil perhitungan menunjukkan terjadi penurunan OTTV rata-rata harian akibat penambahan PCM yakni 9,8% untuk dinding dengan PCM minyak kelapa dan 14,4% untuk dinding dengan PCM Paraffin C13 – C24. Sedangkan apabila melibatkan proses prubahan fasa maka energi termal harian yang dapat diserap oleh masing-masing PCM per meter persegi adalah 40,2% untuk PCM minyak kelapa dan 95,8% untuk PCM Paraffin C13 – C24.

Keywords: OTTV, PCM, minyak kelapa, paraffin, dinding, AC

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

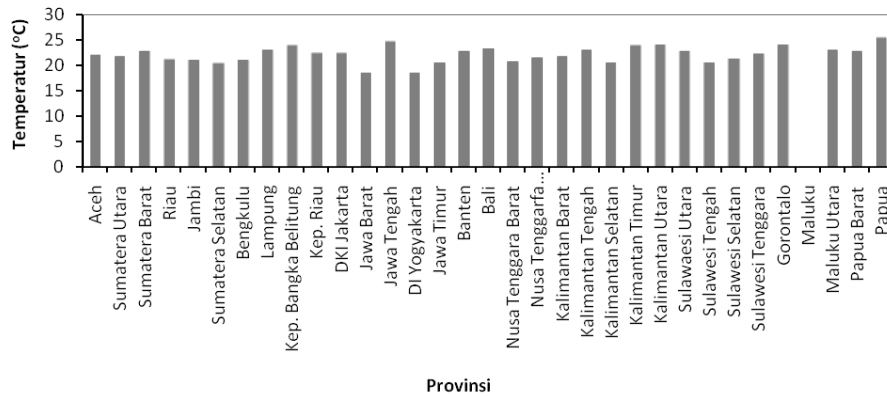
Indonesia dengan radiasi matahari rata-rata setiap hari adalah 4,8 kW/m² memberikan kontribusi terhadap peningkatan beban pendinginan ruangan pada gedung. Besar beban pendinginan ruangan ini berdampak pada kebutuhan energi listrik untuk sistem pengondisian udara. Penggunaan energi listrik pada bangunan komersial termasuk yang terbesar yakni berkisar antar 47 – 65% [1].

Upaya peurunan beban pendinginan yang berasal dari radiasi matahari dan diteruskan melewati dinding adalah dengan penggunaan

lapisan dan warna cat, menambahkan awning di depan dinding, penambahan PCM dan vertikal garden. Penggunaan lapisan cat sebagai insulasi termal dapat menurunkan enegi termal yang masuk sebesar 20% - 40% [2]. Penambahan *awning* di depan dinding untuk mengurangi radiasi matahari langsung ke dinding dapat mengurangi energi termal yang masuk mencapai 23% [3]. Begitu juga dengan penggunaan PCM sebagai material penambah pada dinding dapat mengurangi konsumsi energi bangunan sebesar 15% [4]. *Vertical greening* yang sekarang sedang digiatkan dapat mengurangi temperatur bangunan hingga 6,2% [5].

Temperatur udara rata-rata minimum pada malam hari di Indonesia mencapai 23,7°C merupakan potensi yang bagus untuk aplikasi PCM pada bangunan untuk menyerap energi termal dari radiasi matahari [6]. Namun riset tentang penggunaan PCM pada dinding untuk mengurangi energi termal yang masuk melalui dinding ini di

Indonesia masih sedikit diantaranya adalah sebagai berikut: Indartono 2011 menggunakan PCM dari minyak kelapa yang sudah dienkapsulasi sebagai material batako dapat mengurangi beban puncak. [7]. Irsyad dkk (2017) menggunakan PCM minyak kelapa [8].



Gambar 1. Temperatur udara minimum rata-rata setiap Provinsi di Indonesia [6]

PCM untuk aplikasi sebagai penyerap energi termal pada dinding dipilih dengan memperhatikan temperatur perubahan fasanya yakni tidak lebih rendah dari temperatur udara minimum. Persyaratan ini dipilih agar PCM dapat mengalami perubahan fasa sehingga kemudian dapat berfungsi kembali menyerap energi termal. Beberapa PCM yang cocok untuk kondisi di Indonesia berdasarkan temperatur perubahan fasanya seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. PCM yang potensial diaplikasikan di dinding

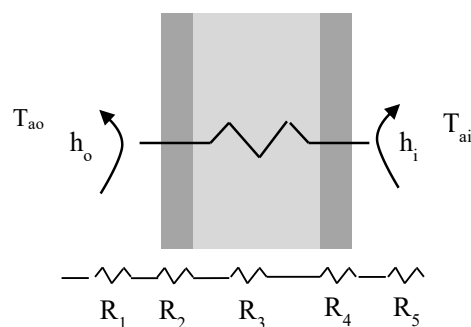
Material	T _f (°C)	L _f (kJ/Kg)	k (W/m.K)	Ref
Paraffin C17–C18	20 - 22	152	-	9
Paraffin C13–C24	22–24	189	0.21 (s)	10
Capric–lauric acid (45%–55%)	21	143	-	11
Dimethyl sabacate	21	120–135	-	12
Mystiric acid–Capric acid (34%–66%)	24	147.7	0.164	13
S23	23	175	0.540	14
S21	22	170	0.540	14
ClimSel C24	24	126	0.5–0.7	15
Minyak Kelapa	22–24	103,2	0,62	16

Energi dari radiasi matahari yang diterima dinding kemudian merambat secara konduksi melewati lapisan daan material dinding. Laju perpindaan panas pada dinding sangat dipengaruhi oleh konduktivitas termal masing-masing lapisan dan material. Laju perpindahan panas pada dinding diperlihatkan dalam bentuk skema pada Gambar 2.

Pada permukaan dinding luar terjadi perpindahan panas secara konveksi. Hal yang sama juga terjadi pada permukaan dinding bagian dalam. Laju perpindahan panas konveksi dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 1. Sedangkan pada material dinding terjadi perpindahan panas konduksi. Laju perpindahan panas dipengaruhi oleh konduktivitas termal masing-masing material dinding. Laju perpindahan panas konduksi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$\dot{q} = h \cdot A \cdot \Delta T \quad (1)$$

$$q = \frac{k \cdot \Delta T}{\Delta x} \quad (2)$$



Gambar 2. Skema perpindahan panas melewati dinding

Data konduktivitas termal lapisan dan material dinding diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat-sifat material dinding

Jenis material	k (W/m.K)	C _p (kJ/kg.K)	ρ (kg/m ³)	Ref
Material isolasi	0,17	0,92	1.200	[17]
Beton	1,26	1,00	2.000	[17]
Bata	0,5	0,84	840	[17]
Plester	0,9	0,91	1.800	[17]
Bata berongga	0,32	0,84	1.070	[17]
Semen pelapis/Aci	0,72	0,84	1.860	[18]

Berdasarkan hal di atas, untuk mengurangi perpindahan termal ke ruangan melewati dinding perlu dilakukan kajian pengaruh penggunaan PCM pada dinding terhadap nilai perpindahan energi termal keseluruhan (*overall thermal transfer value* dingkat OTTV). Tujuan penelitian ini adalah memperoleh nilai OTTV pada dinding yang ditambah PCM dan persentase penurunan nilai OTTVnya dibandingkan dengan dinding standar.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah analitik dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan-persamaan yang terkait. Sifat material dan geometri material dinding diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data lapisan dinding yang diteliti

Dinding	Lapisan dinding	Δx (m)	k (W/m.K)
Dinding 1 (Standar)	Lapisan cat	0,001	0,170
	Lapisan semen	0,003	0,720
	Plester	0,010	0,900
	Batako	0,140	1,590
	Plester	0,010	0,900
	Lapisan semen	0,003	0,720
Dinding 2 (PCM Minyak kelapa)	Lapisan cat	0,001	0,170
	Lapisan semen	0,003	0,720
	Plester	0,010	0,900
	Batako	0,140	1,590
	Plester	0,010	0,900
	Lapisan semen	0,003	0,720
	Aluminium	0,001	205
	PCM	0,005	0,62
	Aluminium	0,001	205
	Tripleks	0,005	0,22
Dinding 3 (PCM Paraffin C13- C24)	Lapisan cat	0,001	0,170
	Lapisan semen	0,003	0,720
	Plester	0,010	0,900
	Batako	0,140	1,590
	Plester	0,010	0,900
	Lapisan semen	0,003	0,720
	Aluminium	0,001	205
	PCM	0,005	0,21
	Aluminium	0,001	205
	Tripleks	0,005	0,22
	Lapisan cat	0,001	0,170

Penempatan PCM yang sudah dimasukkan ke dalam box aluminium adalah pada dinding bagian dalam, dan kemudian ditutup dengan tripleks yang sudah dilapisi cat. Urutan lapisan dan tebal masing-masing lapisan seperti yang telah dijelaskan pada Tabel 3. Sifat-sifat PCM yang digunakan adalah seperti diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat PCM yang diteliti

Material	T _f (°C)	L _f (kJ/kg)	ρ (kg/m ³)
Minyak kelapa	22 - 24	103,2	920
Paraffin C13 – C24	22 - 24	189	900

Perhitungan perpindahan panas pada bagian dinding dapat dilakukan dengan menghitung nilai perpindahan energi termal keseluruhan (*overall thermal transfer value* dingkat OTTV). OTTV digunakan sebagai salah satu kriteria evaluasi kemampuan perpindahan termal dinding. Dinding dengan OTTV yang rendah sangat baik untuk mengurangi beban termal ruangan. Untuk memperoleh OTTV dari sebuah dinding dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 3.

$$OTTV_w = \frac{(A_w \cdot U_w \cdot T_{Deq}) + (A_f \cdot U_f \cdot \Delta T) + (A_f \cdot SC \cdot SF)}{A_o} \quad (3)$$

Ada beberapa persamaan untuk mendukung perhitungan OTTV ini yakni:

$$U_w = \frac{1}{\sum R} \quad (4)$$

$$T_{Deq} = (T_{ao} + [\alpha \cdot R_{so} \cdot I_t - \epsilon \cdot R_{so} \cdot I_l] - T_{ai}) \quad (5)$$

$$A_o = A_w + A_f \quad (6)$$

Perhitungan OTTV pada dinding ini dilakukan pada bangunan di Jakarta dengan posisi 6,12° LS, dan pada tanggal 8 Agustus 2017. Posisi dinding adalah vertikal dan menghadap ke arah utara dengan luas 1 m².

Hasil dan Pembahasan

Perhitungan OTTV dimulai dengan menghitung koefisien perpindahan pada total dinding (U_w). Hasil perhitungan koefisien perpindahan panas total untuk masing-masing dinding diperlihatkan pada Tabel 5.

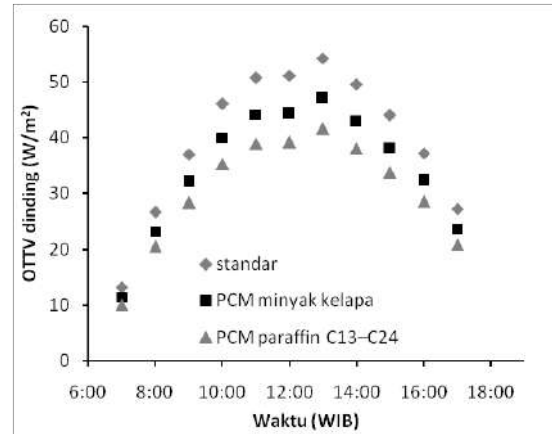
Penambahan lapisan PCM dapat mengurangi koefisien perpindahan panas total dinding dibandingkan dinding standar. Hal ini disebabkan oleh nilai konduktivitas termal PCM dan tripleks yang relatif rendah.

Tabel 3. Koefisien perpindahan panas total dinding

Dinding	Lapisan dinding	R ($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$)	U_w ($\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$)
Dinding 1 (standar)	Lapisan cat	0,006	3,517
	Lapisan semen	0,004	
	Plester	0,011	
	Batako	0,088	
	Plester	0,011	
	Lapisan semen	0,004	
	Lapisan cat	0,006	
	Konveksi permukaan luar	0,044	
	Konveksi permukaan dalam	0,110	
Dinding 2 (PCM minyak kelapa)	Lapisan cat	0,006	3,173
	Lapisan semen	0,004	
	Plester	0,011	
	Batako	0,088	
	Plester	0,011	
	Lapisan semen	0,004	
	Aluminium	4,9E-06	
	PCM	0,008	
	Aluminium	4,9E-06	
	Tripleks	0,023	
	Lapisan cat	0,006	
	Konveksi permukaan luar	0,044	
	Konveksi permukaan dalam	0,110	
Dinding 3 (PCM Paraffin C13 – C24)	Lapisan cat	0,006	3,022
	Lapisan semen	0,004	
	Plester	0,011	
	Batako	0,088	
	Plester	0,011	
	Lapisan semen	0,004	
	Aluminium	4,9E-06	
	PCM	0,024	
	Aluminium	4,9E-06	
	Tripleks	0,023	
	Lapisan cat	0,006	
	Konveksi permukaan luar	0,044	
	Konveksi permukaan dalam	0,110	

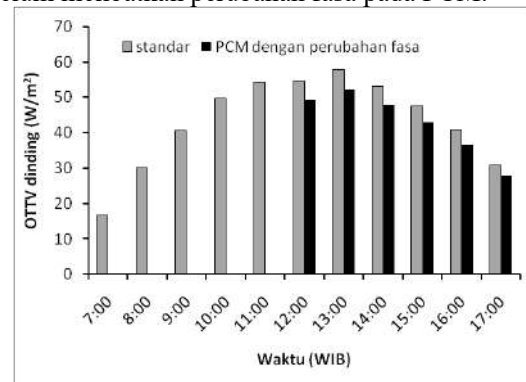
Penambahan lapisan PCM dapat mengurangi koefisien perpindahan panas total dinding dibandingkan dinding standar. Hal ini disebabkan oleh nilai konduktivitas termal PCM dan tripleks yang relatif rendah.

Perhitungan OTTV dilakukan menggunakan Persamaan 3 dengan memperhatikan letak bangunan yakni di Jakarta dengan posisi $6,12^\circ$ LS, dan pada tanggal 8 Agustus 2017. Letak, tanggal dan waktu sangat mempengaruhi sudut penyinaran matahari terhadap dinding. Hasil perhitungan OTTV dari jam 7:00 WIB sampai dengan 17:00 WIB diperlihatkan pada Gambar 3.

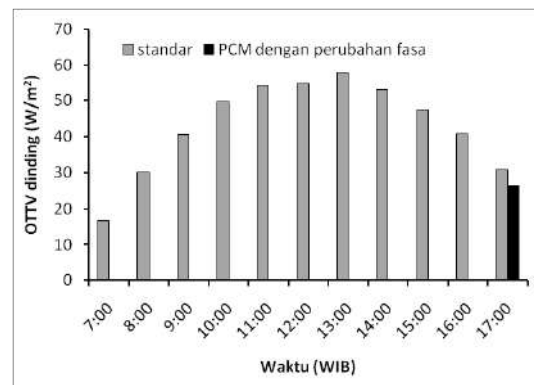


Gambar 3. Perbandingan OTTV dinding

OTTV pada pagi masih rendah dan cenderung meningkat seiring dengan pergerakan matahari dan mencapai puncak pada jam 13:00, serta kembali menurun sampai sore hari. Penggunaan PCM dapat menurunkan OTTV dinding. Rata-rata penurunan OTTV harian adalah 9,8% untuk dinding dengan PCM minyak kelapa dan 14,4% untuk dinding dengan PCM Paraffin C13 – C24. Penurunan OTTV ini adalah akibat penambahan PCM dan lapisan tripleks yang memiliki konduktivitas termal yang relatif rendah. Hasil perhitungan OTTV ini belum melibatkan perubahan fasa pada PCM.



Gambar 4. OTTV dinding dengan PCM minyak kelapa dan melibatkan proses perubahan fasa



Gambar 5. OTTV dinding dengan PCM Paraffin C13 – C24 dan melibatkan proses perubahan fasa

Energi termal yang masuk ke dinding diserap oleh PCM sehingga mengalami proses perubahan fasa. Energi yang diserap oleh PCM sebanding dengan panas laten fusi yang dimilikinya. Dari hasil perhitungan untuk luas 1 m², PCM minyak kelapa dengan massa 4,28 kg mampu menyerap energi termal sebesar 442,04 kJ. Sedangkan PCM Paraffin C13 – C24 dengan massa 4,19 kg mampu menyerap energi termal sebesar 1.122,79 kJ. Energi termal yang masuk melewati dinding akan diserap oleh PCM terlebih dahulu sampai terjadi perubahan fasa. Proses ini dapat menghalangi energi termal masuk ke dalam ruangan. Berdasarkan hal ini maka OTTV dinding yang ditambahkan PCM dengan melibatkan proses perubahan fasa terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Dinding dengan PCM Paraffin C13 – C14 memiliki kemampuan peyerapan energi termal yang lebih besar dibandingkan dinding dengan PCM minyak kelapa. Persentase energi termal yang dapat diserap masing-masing PCM dari energi termal harian yang masuk melewati dinding per meter persegi adalah 40,2% untuk PCM minyak kelapa dan 95,8% untuk PCM Paraffin C13 – C24.

Kesimpulan

Penambahan PCM pada bagian dalam dinding dapat mengurangi OTTV rata-rata harian dinding yakni 9,8% untuk dinding dengan PCM minyak kelapa dan 14,4% untuk dinding dengan PCM Paraffin C13 – C24. Dengan melibatkan proses perubahan fasa PCM dalam menyerap energi termal yang masuk ke dalam dinding maka dapat memperlambat masuknya energi termal ke dalam ruangan. Energi termal yang dapat diserap masing-masing PCM dari energi termal harian yang masuk melewati dinding per meter persegi adalah 40,2% untuk PCM minyak kelapa dan 95,8% untuk PCM Paraffin C13 – C24.

Penghargaan

Tim penulis mengucapkan terima kasih pada Universitas Lampung yang telah membiayai penelitian ini dengan skim Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT) tahun 2018

Referensi

[1] JICA Study on Energy Efficiency and Conservation Improvement in Indonesia 2007-2008
<http://eneken.ieej.or.jp/en/data/pdf/491.pdf>

[2] Buckmaster, D.J. and Abramson, A.R., 2014. Characterization of the effects of insulating

wall paint on space conditioning room, *Journal of Thermal Engineering* Vol.1, No.1. 322-329

- [3] Dubois, M.C. and Arch, M., 1998. Awning and solar-protective glazing for efficient energy use in cold climates, *Proc. of the Renewable Energy Technologies in Cold Climates '98 Conf.*, 4-6 May, Montreal (Canada), 380-385
- [4] Castell, A., et al., 2010. Experimental study of using PCM in brick constructive solutions for passive cooling, *Energi and Buildings* 42 534–540
- [5] Othman, A.R. and Sahidin, N., 2016. Vertical Greening Façade as Passive Approach in Sustainable Design, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 222 845 – 854
- [6] Statistik Indonesia 2015, Badan Pusat Statistik
- [7] Indartono, Y.S. at al., 2011. Application of Phase Change Material to Save Air Conditioning Energi in Building”, *Proceeding of 7th Fluid and Thermal Energi Conversion (FTEC) 2011*, 24-27 September 2011, Zhengzhou, China
- [8] Irsyad, M. et al., 2017. Heat transfer characteristics of building walls using phase change material, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 60 012028
- [9] Dadgostar, N. and Shaw, J.M., 2012. A predictive correlation for the constant-pressure specific heat capacity of pure and ill-defined liquid hydrocarbons. *Fluid Phase Equilibria* 313 211–26.
- [10] Zhou, D. et al., 2012. Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications. *Applied Energy* 92 593–605.
- [11] Hawes, D.W. Feldman, D. Banu, D., 1993. Latent heat storage in building materials. *Energi and Buildings* 20 77–86.
- [12] Feldman, D. Shapiro, M.M. Banu, D., 1986. Organic phase change materials for thermal energy storage, *Solar Energy Materials and Solar Cells* 13 1–10.
- [13] Lane, G.A., 1980. Low temperature heat storage with phase change materials. *The International Journal of Ambient Energy* 1 155–68.
- [14] Environmental Process Limited. Available from: (<http://www.pcmproducts.net/>).

- [15] Climator. Available from:
(<http://www.climator.com/en/climsel>).
- [16] Mettaweea, E.S. and Ead, A.I., 2013. Energy Saving in Building with Latent Heat Storage, International Journal of Thermal & Environmental Engineering, 5 21 – 30.
- [17] Vollaroa, R.D. et al., 2014. An Integrated Approach for an Historical Buildings Energy Analysis in a Smart Cities Perspective, Energy Procedia, 45 372 – 378.
- [18] Huang, Y. Niu, J. Chung, T., 2013. Study on performance of energy efficient retrofitting measures on commercial building external walls in cooling-dominant cities, Applied Energy, 103 97 – 108.