

PROSIDING

Editor :
Rafiuddin Syam, PhD



SEMINAR NASIONAL KE 3 REKAYASA MATERIAL, SISTEM MANUFAKTUR DAN KONVERSI ENERGI

TEMA :

**TANTANGAN DAN PELUANG REKAYASA MATERIAL, SISTEM MANUFAKTUR DAN
PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN YANG BERKELANJUTAN DAN RAMAH LINGKUNGAN**

Makassar-Gowa, 16 - 17 November 2016
Kampus Teknik Gowa, Universitas Hasanuddin,
JL. Poros Malino No 72, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia



ISBN 978-979-18011-2-6

2016

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

ISBN : 978-979-18011-2-6

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL
KE 3 REKAYASA MATERIAL,
SISTEM MANUFAKTUR DAN
KONVERSI ENERGI 2016**

TEMA:

**TANTANGAN DAN PELUANG REKAYASA MATERIAL, SISTEM
MANUFAKTUR DAN PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN YANG
BERKELANJUTAN DAN RAMAH LINGKUNGAN**

Makassar-Gowa, 17-18 November 2016
Kampus Teknik Gowa, Universitas Hasanuddin,
JL. Poros Malino No 72, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia

Editor :
Rafiuddin Syam, PhD
Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT

**Jurusan Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin**

PROSIDING SEMINAR NASIONAL KE 3 REKAYASA MATERIAL, SISTEM MANUFAKTUR DAN KONVERSI ENERGI 2016

ISBN : 978-979-18011-2-6

©2016 Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Dilarang keras mengutip, menjiplak atau memfotokopi baik sebagian maupun seluruh isi
buku ini serta memperjualbelikannya tanpa mendapat izin tertulis dari Penerbit Departemen Teknik
Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Permintaan dan pertanyaan tentang reproduksi dan
hak kekayaan intelektual dialamatkan ke Rafiuddin Syam., PhD
email : rafiuddin@unhas.ac.id

Kekayaan intelektual dari setiap jurnal yang ada dalam prosiding ini tetap berada
di tangan penulis seperti yang tercantum pada jurnal tersebut.

Penerbit oleh :
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Jl. P. Kemerdekaan Km 10 Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia
90221 Telp/Fax ; (0411) 586015
Email: teknik@unhas.ac.id

Kata Pengantar

Pertama, kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh peserta yang bersedia mengirim makalah ilmiah hasil penelitian dan ikut dalam Seminar Nasional Rekayasa Material, Sistem Manufaktur dan Energi tahun 2016. Sebagai seminar nasional pertama yang dilakukan oleh Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, kami mengusung tema **TANTANGAN DAN PELUANG REKAYASA MATERIAL, SISTEM MANUFAKTUR DAN PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN YANG BERKELANJUTAN DAN RAMAH LINGKUNGAN**

Tema ini dipilih mengingat posisi penting Indonesia didunia ini, dimana bangsa Indonesia masih sangat membutuhkan teknologi dalam tiga bidang ini. Untuk itu beberapa langkah yang dilakukan adalah dengan mengadakan percepatan riset dan publikasi dalam bidang teknoains meliputi Material, Sistem dan Energi. Ketiga bidang ilmu itu menjadi salah satu bagian yang perlu dipacu untuk menjadi bangsa Indonesia yang maju dalam bidang Teknologi. Selanjutnya hasil riset menjadi asupan yang baik untuk percepatan Industri mulai dari hulu hingga hilir.

Adapun bidang penulisan tidak terbatas pada:

- Rekayasa Material yang meliputi berbagai bidang ilmu, mulai dari Teknik Material, Teknik Mesin, Teknik Geologi, Teknik Pertambangan, Ilmu Kimia, Ilmu Material untuk Infrastruktur dan Gedung.
- Sistem Mekanika yang meliputi Konstruksi Mesin, Sistem Otomotif, Perancangan Sistem, Konstruksi Kapal, Teknik Manufaktur, Sistem Manufaktur, Robotika, Mekatronika, Sistem Transportasi, Teknik Industri.
- Bidang Energi meliputi Energi baru dan terbarukan, konversi Energi, perpindahan panas dan massa, termodinamika, motor pembakaran dalam, motor pembakaran luar, Mekanika dan Dinamika Fluida, Hidrodinamika dan konservasi energy.
- Bidang Pendidikan yang terkait dengan bidang ilmu diatas.

Demikian pengantar ini diharapkan bapak/ibu, sdr(i) dapat mengikuti Seminar dengan baik dan bermanfaat bagi Negara kita Republik Indonesia.

Makassar, 17 November 2016

Hormat kami,

Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT
Ketua Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Sambutan Dekan Fakultas Teknik Unhas

Selamat Datang di Kampus II Fakultas Teknik,

Saya mengucapkan terima kasih kepada seluruh pemakalah/peserta The 3 Symposium on Smart Material and Mechatronics dan Seminar Nasional ke 3 Rekayasa Material, Sistem Manufaktur dan Energi 2016.

Kami berharap diskusi, sumbang saran para peserta seminar dapat membantu mempercepat pembangunan Negara ini dalam bidang Rekayasa Material, Sistem Manufaktur dan Energi. Semangat kita untuk membawa bangsa Indonesia menjadi lebih baik, dan melihat kondisi tanah air Indonesia makin lebih baik serta harapan akan pemimpin baru Indonesia, tidak ada jalan lain agar kita harus bahu membahu, bekerja sama dalam membangun bangsa ini.

Impor material yang mengalir sangat deras akibatnya adanya AFTA, system manufaktur yang belum tertata baik serta masalah energy baru dan terbarukan serta sistem distribusi yang kurang tertata baik serta pemanfaatan energy alternatif yang kurang memadai, menjadi alasan kita bertemu pada Symposium Internasional dan Seminar nasional ini. Seperti kita ketahui, masalah material untuk peralatan tempur, kapal selam, peluru kendali membuka peluang agar bangsa Indonesia bisa lebih mandiri bagi peralatan tempur bagi bangsa ini. Selain itu sistem produksi yang masih boros membuat hampir seluruh material di impor bagi bangsa ini, tak lain karena harga produksi yang masih tinggi. Begitupula masalah energi, konsep energy terbarukan dan alternative energi dalam rangka mengantisipasi tingginya harga BBM dunia, kerusakan lingkungan dan menipisnya persediaan BBM dunia.

Mari kita mulai bekerja sama, mari kita mulai membangun jaringan penelitian, mulai dari forum ke forum penelitian, dari jaringan ke komunitas penelitian dimasa yang akan datang.

Sekali lagi terima kasih, Selamat menyampaikan Ide dan Hasil Penelitian yang cemerlang.

Makassar, 17 November 2016

Hormat saya,

Dr.-Ing. Wahyu H. Piarah, MSME
Deakan Fakultas Teknik Unhas

T I M E D I T O R
**PROSIDING SEMINAR NASIONAL KE 3 REKAYASA MATERIAL,
SISTEM MANUFAKTUR DAN KONVERSI ENERGI 2016**

Penanggung Jawab : Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT
Pengarah : Dr.-Ing Wahyu H. Piarah

Ketua : Rafiuddin Syam, PhD
Anggota :

Prof.Dr.Ir. Hammada Abbas, MSME
Prof.Dr.Ir. Syamsul Arifin Padjalangi,M.Eng
Prof. Dr.Ir. Effendi Arief, ME
Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, M.T.
Ir. Abdullah Mappaita, MSME
Dr. Ir. Luther Sule, MT
Ir. Baharuddin Mire, MT
Ir. Muh. Yamin, MT
Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT
Dr. Ir. Onny Suryono Sutresman, MT
Ir. Thomas Tjandinegara, MSME
Dr. Ir. Johannes Leonard, DEA
Dr. Ir. Abdul Hay, MT
Ir. Ilyas Jamal, MT
Ir. Baharuddin Mire, MT
Dr.-Ing.Ir. Wahyu Haryadi Piarah, MSME
Ir. Muhammad Noor Umar, MT
Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra, ST., MT
Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT
Rafiuddin Syam,ST.,M.Eng,Ph.D
Dr. Ir. H. Nasruddin Azis, M.Si
Ir. Syahrir Arief, MT
Dr. Ir. Ahmad Yusran Aminy, MT
Ir. Mukhtar, MT
Dr.Eng. Jalaluddin, ST.,MT
Ir. Machmud Syam, DEA.
Dr. Lukmanul Hakim Arma., ST.,MT
Dr. Rustan Tarakka, ST., M.T.
Ir. Andi Mangkau,MT
Dr. Hairul Arsyad,ST.,MT
Dr. Fauzan, ST, MT
Dr.Eng. Novriany Amaliyah,ST.MT
Dr. Muhammad Syahid,ST.,MT
Dr. Andi Amijoyo Mochtar,ST.,M.Sc
Azwar Hayat, ST.,M.Sc, Ph.D

Daftar Isi Seminar Nasional Ke 3 Rekayasa Material, Sistem Manufaktur dan Energi 2016

No	Nama Peneliti	J u d u l	Hal
1	Rafiuddin Syam, Onny S Sutresman, Sapta Asmal* dan Amiruddin	Desain Sederhana Roket Sebagai Wahana Tanpa Awak Permukaan	1-8
	Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin rafiuddinsyam@gmail.com Amiruddin_ripers@yahoo.com		
2	Ahmad Zambarkah S S ^[1] , Nur Sultan Salahuddin ^[2] , TriniSaptariani ^[3]	Alat Pembaca Gerakan Lengan Menggunakan Accelerometer Dan Gyroscope Untuk Menggerakkan Robot Lengan	9-14
	Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Gunadarma Ahmad.zambarkah@gmail.com ^[1] , nur_sultan_s@yahoo.com ^[2] , tsaptariani@hotmail.com ^[3]		
3	Bukti Tarigan, Ir.,MT. Agus Sentana, Ir.,MT	Karakterisasi material bantalan Luncur dalam rangka pembuatan Dan peningkatan kualitas Komponen mesin komponen mesin	15-24
	Teknik Mesin Universitas Pasundan, Bandung bukti.tarigan@yahoo.com		
4	Chaidir Anwar ¹ , Chistoforus Yohannes ² , Faizal Arya Samman ³	Perancangan Mesin Bor PCB Skala Lab berbasis Mikrokontroler	25-30
	Universitas Hasanuddin Makassar, Indonesia chaidiranwar01@gmail.com christ.mitra@gmail.com faizalas@unhas.ac.id		
5	Hery Sonawan, Riki ¹⁾	Pengoptimalan Kecepatan Putar Nosel pada Proses <i>Flashing Purification</i> yang Menggunakan Nosel Berputar	31-34
	Fakultas Teknik – Universitas Bandung, Indonesia hsonawan@ymail.com		
6	Kennedy, Khairil Anwar, Moch. Briand Anggara	Pengaruh Laju Aliran Fluida <i>Liquid-Cooled Heat Sink</i> Terhadap Unjuk Kerja Sistim Pendingin Termoelektrik	35-40
	Universitas Tadulako Palu, Indonesia kennedy@untad.ac.id edymarsan@gmail.com		

7	Muh.Sadat Hamzah Wawan Hasan Aj	Distribusi Ukuran Serbuk dan Kuat Tekan Komposit <i>Clay/Fly ash</i> Untuk Aplikasi <i>Fire brick</i>	41-44
	Universitas Tadulako Palu, Indonesia muh.sadathamzah_untad@yahoo.co.id		
8	Rifan Arfandy ¹⁾ , Effendy Arif ²⁾ , Jalaluddin ^{3*)}	Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Rumah	45-48
	Universitas Hasanuddin, Tamalanrea Makassar, Indonesia, jalaluddin_had@yahoo.com		
9	Faizal Arya Samman ¹ , Rhiza S. Sadjad ² , Andy Lukman Affandy ³ , Justiadi ⁴	Konverter DC/DC Tipe Buck untuk Saluran DC pada Suplai Daya Listrik Berbasis Energi Terbarukan	49-54
	Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin faizalas@unhas.ac.id rhiza@unhas.ac.id		
10	Obet Ranteallo, H.Abbas ¹⁾ , O.Sutresma ²⁾ , A.Y.Aminy ³⁾	Hubungan Mikrostruktur, Komposisi Kimia Terhadap Kekerasan Pahat Sisipan Lapis Tio ₂ Dan Al ₂ O ₃ -Tio ₂	55-58
	Universitas Hasanuddin Makassar, takke.ranteallo@gmail.com , ahmadyusrana@yahoo.co.id		
11	Yafet Bontong Nitha	Perilaku Sifat Mekanis Baja Karbon Rendah Akibat Pack Carburizing Dengan Media Arang Tulang Kerbau	59-64
	Universitas Hasanuddin Makassar, Indonesia nithamaska@yahoo.com		
12	Bukti Tarigan, Ir.,MT. Agus Sentana, Ir.,MT	Analisa hasil pengelasan tabung Lpg dan permasalahannya	65-72
	Teknik Mesin Universitas Pasundan, Bandung bukti.tarigan@yahoo.com		
13	Zulkifli Djafar ¹ , Hammada Abbas ² , Massriyady Massaguni ³	Komposit Berpenguat Serat Kulit Batang Waru (<i>Hibiscus Tiliaceus</i>) dengan <i>Epoxy Resin</i> : Kekuatan Tarik	73-79
	Universitas Hasanuddin Makassar, Indonesia		
14	Muhammad Nurdin, S.T., M.Si., M.T, Muhammad Chaerul Rijal, S.T., M.T	Proteksi kendaraan bermotor Berbasis telepon seluler	80-85
	Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang E-mail : adya.athifa@gmail.com		

15	Frans Robert Bethony Nitha	Perlakuan anyaman strip bambu petung sebagai penguat resin epoxy terhadap sifat mekanik komposit	86-90
	Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. fransbethoni@yahoo.co.id nithamaska@yahoo.com		
16	Rahman	Kepadatan kendaraan Tidak seimbang dengan jaringan jalan Kota makassar	91-95
	Masyarakat transportasi Indonesia Makassar, Indonesia rahmansemtrs@gmail.com		
17	Effendy Arif, Jeri Tangalajuk Siang ¹⁾ , Dwi Yumianus ²⁾	Pengaruh Penggunaan Campuran Isobutane – Propane Terhadap Performans Mesin Pendingin ¾ PK	96-98
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Teknik Mesin Universitas Atma Jaya Makassar Effar01@gmail.com jeritsiang@gmail.com		
18	Dermawan, S.T., M.T ⁽¹⁾ , Muhammad Nurdin, S.T., M.Si., M.T	Kontrol Pergerakan Robot <i>Soccer</i> Beroda berbasis <i>Disturbance Observer</i>	99-103
	Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang nurdin08@yahoo.com , dermawan@poliupg.ac.id		
19	M. Irsyad ¹ , Ari D. Pasek ² , Yuli S. Indartono ² , Willy Adriansyah ² , Irvan B Tarigan ²	Karakteristik Viskositas Garam Hidrat Pada Temperatur Perubahan Fasa	104-107
	Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. irsyad71@students.itb.ac.id		
20	M. Irsyad ^{1,*} , Harmen ¹	Potensi Penggunaan Material Fasa Berubah Untuk Aplikasi Penyejuk Ruangan Di Indonesia	108-112
	Universitas Lampung Bandar Lampung, Indonesia irsyadmuh@eng.unila.ac.id		
21	Rahman	Analisa Perluasan Pengembangan Infrastruktur Dermaga Pelabuhan Terhadap Sistem Transportasi Laut Pelabuhan Cabang Makassar	113-117
	Masyarakat transportasi Indonesia Makassar, Indonesia rahmansemtrs@gmail.com		
22	Subur Mulyanto ^{1,a} , Ida Bagus Dharmawan ^{2,b}	Perbandingan variasi <i>purification</i> dengan <i>steel wool</i> terhadap <i>Hydrogen Sulfida (H₂S)</i> pada biogas	118-121
	Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Balikpapan, subur.mulyanto@poltekba.ac.id , bagus@poltekba.ac.id		

23	Randis ¹ , Zulkifli ² , Hadi Hermansyah	Hubungan kadar Si pada pelumas engine terhadap keausan Fe, Al, Cu, Pb dan Cr dengan metode <i>analisis product moment</i>	122-128
	Program Studi Alat Berat - Politeknik Negeri Balikpapan randis@poltekba.ac.id , zulkifli@poltekba.ac.id hadi.hermansyah@poltekba.ac.id		
24	Johannes Leonard ⁽¹⁾ , Hairul Arsyad ⁽²⁾ , Trisbenheiser ⁽³⁾	Perubahan Kekerasan Dan Keausan Permukaan Baja St 40 Yang Telah Mengalami Proses <i>Nitriding</i> Dengan Variasi Suhu Dan Waktu	129-131
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin johannesleonard55@yahoo.com arsyadhairul@yahoo.com hilank_achoc@yahoo.co.id		
25	Rafiuddin Syam, Amiruddin	Desain Sistem Rotari Smart Green House untuk Tanaman Produktif	132-136
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin rafiuddinsyam@gmail.com Amiruddin_ripers@yahoo.com		
26	Zulkifli Djafar ^{1*} , Zuryati Djafar, Ilyas Jamal ³ , Muhammad Yamin ⁴	Pengaruh Jenis Tenunan Rami Pada Komposit Terhadap Sifat Kekuatan Mekanis	137-142
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin zulkiflidjafar65@gmail.com		
27	Nasaruddin Salam ^(1a) , Rustan Tarakka ^(1b) , Jalaluddin ^(1c)	Reduksi Tahanan Aliran Fluida Melintasi Silinder Persegi Tersusun Tandem Dengan Penambahan <i>Inlet Disturbance Body (IDB)</i>	143-147
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin nassalam.unhas@yahoo.co.id rustan_tarakka@yahoo.com		
28	Agus Sentana ¹⁾ , dan Bukti Tarigan ²⁾	Rancang Bangun Mesin/Alat Pemasang <i>Gallon Water Dispenser</i> Untuk Kebutuhan Masyarakat	149-154
	Teknik Mesin Universitas Pasundan (Unpas) Bandung agssent@gmail.com tarigan@yahoo.com		
29	Luther Sule	Perilaku aliran air terhadap kinerja roda air arus bawah untuk pembangkit listrik skala pikohidro	155-163
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Luther.sule@yahoo.co.id		

**Daftar Isi Seminar Nasional Ke 3
Rekayasa Material, Sistem Manufaktur
dan Energi 2016**

16 November 2015,
Session 1A

Schedule Parallel Session Seminar

No	Nama Penelitian	J u d u l	Ruangan	Hal
1	Rafiuddin Syam, Onny S Sutresman, Sapta Asmal* dan Amiruddin	Desain Sederhana Raket Sebagai Wahana Tanpa Awak Permukaan	LectureTheatre 2, Lantai 2	Paper 1
	Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin rafiuddinsyam@gmail.com Amiruddin_ripers@yahoo.com			
2	Ahmad Zambarkah S S ^[1] , Nur Sultan Salahuddin ^[2] , TriniSaptariani ^[3]	Alat Pembaca Gerakan Lengan Menggunakan Accelerometer Dan Gyroscope Untuk Menggerakkan Robot Lengan	LectureTheatre 2, Lantai 2	Paper 2
	Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Gunadarma Ahmad.zambarkah@gmail.com ^[1] , nur_sultan_s@yahoo.com ^[2] , tsaptariani@hotmail.com ^[3]			
3	Bukti Tarigan, Ir.,MT. Agus Sentana, Ir.,MT	Karakterisasi material bantalan Luncur dalam rangka pembuatan Dan peningkatan kualitas Komponen mesin komponen mesin	LectureTheatre 2, Lantai 2	Paper 3
	Teknik Mesin Universitas Pasundan, Bandung bukti.tarigan@yahoo.com			
4	Chaidir Anwar ¹ , Chistoforus Yohannes ² , Faizal Arya Samman ³	Perancangan Mesin Bor PCB Skala Lab berbasis Mikrokontroler	LectureTheatre 2, Lantai 2	Paper 4
	Universitas Hasanuddin Makassar, Indonesia chaidiranwar01@gmail.com christ.mitra@gmail.com faizalas@unhas.ac.id			
5	Hery Sonawan, Riki ¹⁾	Pengoptimalan Kecepatan Putar Nosel pada Proses <i>Flashing Purification</i> yang Menggunakan Nosel Berputar	LectureTheatre 2, Lantai 2	Paper 5
	Fakultas Teknik – Universitas Bandung, Indonesia hsonawan@ymail.com			
6	Kennedy, Khairil Anwar, Moch. Briand Anggara	Pengaruh Laju Aliran Fluida <i>Liquid- Cooled Heat Sink</i> Terhadap Unjuk Kerja Sistim Pendingin Termoelektrik	LectureTheatre 2, Lantai 2	Paper 6
	Universitas Tadulako Palu, kennedy@untad.ac.id edymarsan@gmail.com			
7	Muh.Sadat Hamzah Wawan Hasan Aj	Distribusi Ukuran Serbuk dan Kuat Tekan Komposit <i>Clay/Fly ash</i> Untuk Aplikasi <i>Fire brick</i>	LectureTheatre 2, Lantai 2	Paper 7
	Universitas Tadulako Palu, Indonesia muh.sadathamzah_untad@yahoo.co.id			

Session 1B

8	Rifan Arfandy ¹⁾ , Effendy Arif ²⁾ , Jalaluddin ^{3*)}	Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Rumah	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 8
	Universitas Hasanuddin, Tamalanrea Makassar, Indonesia, jalaluddin_had@yahoo.com			
9	Faizal Arya Samman ¹ , Rhiza S. Sadjad ² , Andy Lukman Affandy ³ , Justiadi ⁴	Konverter DC/DC Tipe Buck untuk Saluran DC pada Suplai Daya Listrik Berdasarkan Energi Terbarukan	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 9
	Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin faizalas@unhas.ac.id rhiza@unhas.ac.id			
10	Obet Ranteallo, H.Abbas ¹⁾ , O.Sutresma ²⁾ , A.Y.Aminy ³⁾	Hubungan Mikrostruktur, Komposisi Kimia Terhadap Kekerasan Pahat Sisipan Lapis TiO ₂ Dan Al ₂ O ₃ -TiO ₂	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 10
	Universitas Hasanuddin Makassar, takke.ranteallo@gmail.com, ahmadyusrana@yahoo.co.id			
11	Yafet Bontong Nitha	Perilaku Sifat Mekanis Baja Karbon Rendah Akibat Pack Carburizing Dengan Media Arang Tulang Kerbau	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 11
	Universitas Hasanuddin Makassar, Indonesia nithamaska@yahoo.com			
12	Bukti Tarigan, Ir.,MT. Agus Sentana, Ir.,MT	Analisa hasil pengelasan tabung Lpg dan permasalahannya	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 12
	Teknik Mesin Universitas Pasundan, Bandung bukti.tarigan@yahoo.com			
13	Zulkifli Djafar ¹ , Hammada Abbas ² , Massriyady Massaguni ³	Komposit Berpenguat Serat Kulit Batang Waru (<i>Hibiscus Tiliaceus</i>) dengan <i>Epoxy Resin</i> : Kekuatan Tarik	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 13
	Universitas Hasanuddin Makassar, Indonesia			
14	Muhammad Nurdin, S.T., M.Si., M.T, Muhammad Chaerul Rijal, S.T., M.T	Proteksi kendaraan bermotor Berbasis telepon seluler	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 14
	Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang E-mail : adya.athifa@gmail.com			

Session II A

15	Frans Robert Bethony Nitha	Perlakuan anyaman strip bambu petung sebagai penguat resin epoxy terhadap sifat mekanik komposit	Lecture Theatre 2, Lantai 2	Paper 15
	Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. fransbethoni@yahoo.co.id			

16	Rahman	Kepadatan kendaraan Tidak seimbang dengan jaringan jalan Kota makassar	Lecture Theatre 2, Lantai 2	Paper 16
	Masyarakat transportasi Indonesia Makassar, Indonesia rahmansemtrs@gmail.com			
17	Effendy Arif, Jeri Tangalajuk Siang ¹⁾ , Dwi Yumianus ²⁾	Pengaruh Penggunaan Campuran Isobutane – Propane Terhadap Performans Mesin Pendingin ¾ PK	Lecture Theatre 2, Lantai 2	Paper 17
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Teknik Mesin Universitas Atma Jaya Makassar Effar01@gmail.com jeritsiang@gmail.com			
18	Dermawan, S.T., M.T ⁽¹⁾ , Muhammad Nurdin, S.T., M.Si., M.T	Kontrol Pergerakan Robot Soccer Beroda berbasis <i>Disturbance Observer</i>	Lecture Theatre 2, Lantai 2	Paper 18
	Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang nurdin08@yahoo.com , dermawan@poliupg.ac.id			
19	M. Irsyad ¹ , Ari D. Pasek ² , Yuli S. Indartono ² , Willy Adriansyah ² , Irvan B Tarigan ²	Karakteristik Viskositas Garam Hidrat Pada Temperatur Perubahan Fasa	Lecture Theatre 2, Lantai 2	Paper 19
	Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. irsyad71@students.itb.ac.id			
20	M. Irsyad ^{1,*} , Harmen ¹	Potensi Penggunaan Material Fasa Berubah Untuk Aplikasi Penyejuk Ruangan Di Indonesia	Lecture Theatre 2, Lantai 2	Paper 20
	Universitas Lampung Bandar Lampung, Indonesia irsyadmuh@eng.unila.ac.id			
21	Rahman	Analisa Perluasan Pengembangan Infrastruktur Dermaga Pelabuhan Terhadap Sistem Transportasi Laut Pelabuhan Cabang Makassar	Lecture Theatre 2, Lantai 2	Paper 21
	Masyarakat transportasi Indonesia Makassar, Indonesia rahmansemtrs@gmail.com			

Session II B

22	Subur Mulyanto ^{1,a} , Ida Bagus Dharmawan ^{2,b}	Perbandingan variasi <i>purification</i> dengan <i>steel wool</i> terhadap <i>Hydrogen Sulfida (H₂S)</i> pada biogas	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 22
	Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Balikpapan, subur.mulyanto@poltekba.ac.id , bagus@poltekba.ac.id			
23	Randis ¹ , Zulkifli ² , Hadi Hermansyah	Hubungan kadar Si pada pelumas engine terhadap keausan Fe, Al, Cu, Pb dan Cr dengan metode <i>analisis product moment</i>	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 23
	Program Studi Alat Berat - Politeknik Negeri Balikpapan randis@poltekba.ac.id , zulkifli@poltekba.ac.id hadi.hermansyah@poltekba.ac.id			

24	Johannes Leonard ⁽¹⁾ , Hairul Arsyad ⁽²⁾ , Trisbenheiser ⁽³⁾	Perubahan Kekerasan Dan Keausan Permukaan Baja St 40 Yang Telah Mengalami Proses <i>Nitriding</i> Dengan Variasi Suhu Dan Waktu	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 24
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin johannesleonard55@yahoo.com arsyadhairul@yahoo.com hilank_achq@yahoo.co.id			
25	Rafiuddin Syam, Amiruddin	Desain Sistem Rotari Smart Green House untuk Tanaman Produktif	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 25
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin rafiuddinsyam@gmail.com Amiruddin_ripers@yahoo.com			
26	Zulkifli Djafar ^{1*} , Zuryati Djafar, Ilyas Jamal ³ , Muhammad Yamin ⁴	Pengaruh Jenis Tenunan Rami Pada Komposit Terhadap Sifat Kekuatan Mekanis	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 26
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin zulkiflijdjar65@gmail.com			
27	Nasaruddin Salam ^(1a) , Rustan Tarakka ^(1b) , Jalaluddin ^(1c)	Reduksi Tahanan Aliran Fluida Melintasi Silinder Persegi Tersusun Tandem Dengan Penambahan <i>Inlet Disturbance Body</i> (IDB)	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 27
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin nassalam.unhas@yahoo.co.id rustan_tarakka@yahoo.com			
28	Agus Sentana ¹⁾ dan Bukti Tarigan ²⁾	Rancang Bangun Mesin/Alat Pemasang <i>Gallon Water Dispenser</i> Untuk Kebutuhan Masyarakat	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 28
	Teknik Mesin Universitas Pasundan (Unpas) Bandung agssent@gmail.com tarigan@yahoo.com			
29	Luther Sule	Perilaku aliran air terhadap kinerja roda air arus bawah untuk pembangkit listrik skala pikohidro	Lecture Theatre 4, Lantai 3	Paper 29
	Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Luther.sule@yahoo.co.id			

Potensi Penggunaan Material Fasa Berubah Untuk Aplikasi Penyejuk Ruangan Di Indonesia

M. Irsyad^{1,*}, Harmen¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Lampung
Bandar Lampung, Indonesia
*irsyadmuh@eng.unila.ac.id

Abstrak— Sistem pengondisian udara menjadi kebutuhan yang tidak terelakkan yang digunakan untuk mendapatkan kenyamanan termal ruangan. Penggunaan ini berdampak signifikan terhadap peningkatan konsumsi energi listrik bangunan. Efektifitas dalam penggunaan AC adalah dengan menurunkan beban pendinginan dan meningkatkan efisiensi. Kondisi iklim dengan perbedaan temperatur siang dan malam yang signifikan, memiliki potensi dalam upaya mengurangi pemakaian AC. Potensi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan material fasa berubah (*phase change material* disingkat PCM) sebagai penyimpan energi termal dalam bentuk panas laten. Pada malam hari PCM melepaskan energi sehingga terjadi proses pembekuan, sedangkan pada siang hari PCM mengambil energi sehingga terjadi proses pelelehan, Potensi pemanfaatan PCM untuk aplikasi ini perlu ditinjau dengan melihat data temperatur rata-rata maksimum dan minimum udara bulanan di beberapa kota di Indonesia. Selain itu juga perlu diketahui potensi PCM yang bisa dimanfaatkan untuk aplikasi ini. Secara umum temperatur rata-rata minimum udara di beberapa kota di Indonesia lebih rendah dari temperatur kenyamanan termal ruangan, sehingga penggunaan PCM sangat memungkinkan. Beberapa material PCM yang tersedia banyak di Indonesia seperti minyak nabati dari biji Nyamplung, Jarak, Kelapa dan Kelapa Sawit dapat dimanfaatkan dalam bentuk campuran asam lemak yang dikandungnya. Selain itu ada juga beberapa garam hidrat dan paraffin yang bisa dimanfaatkan.

Kata Kunci: Bahan berubah fasa, beban pendinginan, penyimpanan energi.

I. PENDAHULUAN

Indonesia terletak termasuk negara tropis yang berada antara 6° 08' Lintang Utara dan 11° 15' Lintang Selatan dan 94° 45' – 141° 45' bujur Timur, serta dilalui oleh garis katulistiwa. Hal ini mengakibatkan temperatur udara relative lebih tinggi. Secara umum temperatur udara rata-rata di siang hari di Indonesia melebihi temperatur kenyamanan termal ruangan. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6390-2011, temperatur kenyamanan termal ruangan untuk orang Indonesia adalah 25°C ± 1.5°C dengan kelembaban 60% ± 5% [1].

Untuk mendapatkan kenyamanan termal ruangan pada saat beraktivitas maupun beristirahat, maka digunakanlah sistem pengondisian udara (*air conditioning system* disingkat AC). Penggunaan AC ini terus meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan dan jumlah bangunan. Hal ini

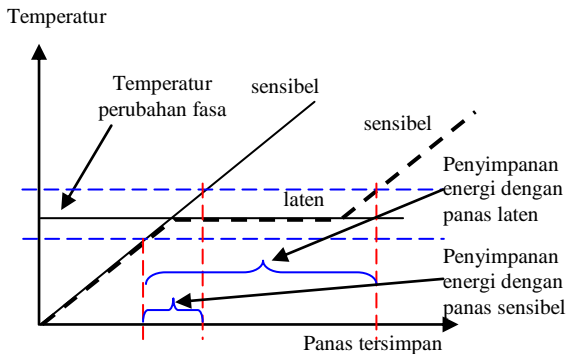
mengakibatkan konsumsi energi pada sektor bangunan juga meningkat. Data penelitian JICA 2008, menunjukkan bahwa konsumsi energi pada sektor bangunan komersial didominasi oleh penggunaan AC, yakni; sebagai berikut; hotel 65%, rumah sakit 57%, Mall/pusat perbelanjaan 57%, kantor pemerintah 55%, dan bangunan kantor 47% [2]. Hal yang serupa juga diperlihatkan pada Negara yang termasuk daerah tropis lainnya seperti Malaysia sebesar 57% [3].

Salah satu upaya mengurangi konsumsi energi dari penggunaan AC adalah dengan menggunakan PCM, sebagai penyimpan energi termal. Material ini berfungsi mengambil panas dalam ruangan pada siang hari dan pada malam hari melepaskan panas. Beberapa aplikasi material ini dalam pendinginan ruangan adalah dipasang pada bagian dinding dan plafon, serta dipasang pada alat penukar kalor untuk mendinginkan udara secara konveksi paksa. Beberapa penelitian menunjukkan hasil yang positif terhadap penggunaan PCM, diantaranya akan dipaparkan berikut ini. Castel dkk. (2010) menggunakan PCM dari RT-27 and SP-25 A8 yang sudah dibentuk menjadi enkapsulasi pada bata bangunan dan dapat menurunkan konsumsi energi listrik sebesar 15% [4]. Zalba dkk. (2004) menggunakan PCM dari Paraffin RT25, dengan memanfaatkan udara pada malam hari untuk pembekuan dan mengambil panas dari udara yang dialirkan pada siang hari [5]. Indartono dkk. (2012) menggunakan minyak kelapa yang sudah di mikroenkapsulasi sebagai material pencampur bata, dan memberikan pengaruh positif terhadap penurunan temperatur ruangan [6]. irsyad dkk. (2016), menggunakan PCM dari minyak kelapa yang diisikan ke dalam aluminium hollow dan disusun pada permukaan dinding bagian dalam model bangunan dan dapat menurunkan temperatur permukaan dinding sampai 2°C [7].

II. MATERIAL FASA BERUBAH SEBAGAI PENYIMPAN ENERGI TERMAL

Material fasa berubah dapat menyimpan energi termal yang besar dibandingkan material satu fasa seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Material ini memanfaatkan panas laten pada proses perubahan fasa, sedangkan material satu fasa memanfaatkan panas *sensible* untuk menyimpan energi termal. Perpindahan energi pada proses perubahan fasa dapat dihitung dengan persamaan 1. Sedangkan perpindahan energi pada material tanpa perubahan fasa dapat dihitung dengan persamaan 2. Beberapa pengertian dari symbol-symbol yang ada dalam

persamaan adalah sebagai berikut. Q merupakan laju perpindahan panas, m adalah massa PCM, L_f merupakan panas laten pada proses pelelehan, C_p adalah panas spesifik tekanan konstan, ΔT adalah perubahan temperatur.

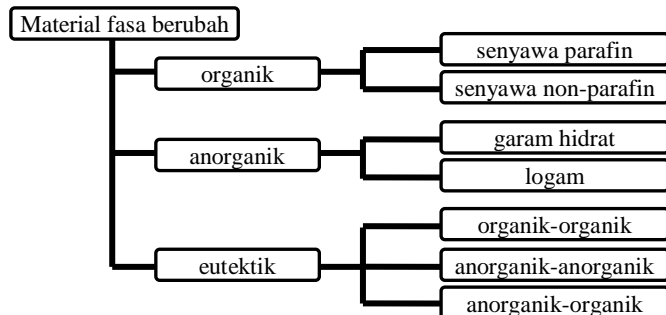


Gambar 1. Penyimpanan energi termal dengan panas sensible dan panas laten

$$Q = mL_f \quad \dots 1$$

$$Q = mC_p\Delta T \quad \dots 2$$

PCM dapat dikelompokkan menjadi senyawa organik, senyawa anorganik dan autektik, seperti terlihat pada Gambar 2. Senyawa organik terdiri dari bahan yang berasal dari asam lemak, parafin dan alkali. Senyawa anorganik berupa garam hidrat dan logam. Sedangkan senyawa eutektik merupakan campuran senyawa kimia atau unsur yang memiliki range temperatur perubahan fasa sangat kecil sekali.



Gambar 2. Klasifikasi Material fasa berubah[8]

Material fasa berubah masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dan kekurangan untuk masing-masing kelompok tersebut dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 2. Sifat-sifat PCM untuk aplikasi penyejuk ruangan

Material	Kelompok	Temperatur leleh (°C)	Panas laten (kJ/Kg)	Cp (kJ/kg.K)	Konduktivitas termal (W/m.K)	Referensi
KF.4H ₂ O	anorganik	18.5	231	1.84 (s)	-	12
Mn(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	anorganik	25.8	125.9	2.34 (s)	-	13
Paraffin C17-C18	organik	20 - 22	152	2.2	-	14
Paraffin C13-C24	organik	22-24	189	2.1 (s)	0.21 (s)	15
Capric-lauric acid (45%-55%)	organik	21	143	-	-	12
Dimethyl sabacate	organik	21	120-135	-	-	16
Mystiric acid-Capric acid (34%-66%)	organik	24	147.7	-	0.164	17

Tabel 1. Kelebihan dan kekurangan bahan berubah fasa[8,9]

Kelebihan	Kekurangan
Organik - Dapat digunakan pada range temperatur yang luas - Panas laten tinggi - Tidak supercooling - Sifat kimia stabil dan bisa didaur ulang - Penyesuaian dengan bahan lain bagus	Organik - Rendah konduktivitas termal (sekitar 0,2 W/m.K) - Perubahan volume relatif besar - Mudah terbakar
Anorganik - Panas laten tinggi - Konduktivitas termal tinggi (sekitar 0,5W/m.K) - Perubahan volume rendah - Tersedia dalam harga yang rendah	Anorganik - Subcooling/ supercooling - Korosi
Eutektik - Temperatur leleh singkat - Tinggi penyimpanan energi persatuan volume	Eutektik - Saat ini data sifat termo-fisik masih kurang data

Penggunaan PCM harus memperhatikan beberapa kriteria. Kriteria ini dikelompokkan menjadi lima bagian yakni; sifat termal, sifat fisik, sifat kinetik, sifat kimia dan aspek ekonomis. Sifat termal material yang perlu diperhatikan adalah temperatur perubahan fasa cocok untuk kondisi penggunaannya, memiliki panas laten yang tinggi dan perpindahan panasnya bagus. Sifat fisik yang baik adalah memiliki kestabilan fasa, kerapatan tinggi, perubahan volume kecil, dan tekanan uap rendah. Kriteria sifat kinetik yang baik adalah laju kristalisasi memadai dan tidak mengalami supercooling. Kriteria dari sifat kimia adalah memiliki stabilitas kimia yang baik, cocok dengan bahan konstruksi, tidak beracun, dan tidak mudah terbakar. Sedangkan dari sudut pandang ekonomi, PCM tersedia dalam jumlah yang banyak, dan biaya terjangkau [10,11].

Pemilihan material fasa berubah untuk aplikasi penyejuk ruangan adalah dengan memperhatikan temperatur perubahan fasanya yakni harus lebih rendah dari temperatur kenyamanan termal ruang dan lebih besar atau sama dengan temperatur minimum udara pada malam hari. Tabel 2 memperlihatkan PCM yang sudah diteliti untuk aplikasi penyejuk ruangan.

S23	anorganik	23	175	2.20	0.540	18
S21		22	170	2.20	0.540	18
ClimSel C24		24	126	3.60	0.5-0.7	19

III. POTENSI APLIKASI PCM UNTUK PENDINGINAN RUANGAN

A. Kondisi temperatur udara rata-rata di Indonesia

Dari data Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada tahun 2013, yang dikumpulkan melalui beberapa stasiun pengamatan di masing-masing provinsi se Indonesia menunjukkan rata-rata temperatur minimum berada di bawah temperatur kenyamanan termal ruangan yakni 21.5°C. Sedangkan rata-rata temperatur maksimum berada di atas temperatur kenyamanan termal ruangan, yakni 30°C. Data temperatur rata-rata minimum dan maksimum untuk masing masing provinsi diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Temperatur udara rata-rata tahunan di Indonesia [20]

Provinsi	Temperatur rata-rata minimum (°C)	Temperatur rata-rata maksimum (°C)	Temperatur rata-rata (°C)
Aceh	22,00	33,70	27,00
Sumatera Utara	21,60	36,5	28,77
Sumatera Barat	22,70	-	25,00
Riau	21,20	36,20	26,00
Jambi	21,00	34,90	26,75
Sumatera Selatan	20,40	34,10	27,30
Bengkulu	21,00	34,20	26,74
Lampung	22,90	33,30	26,70
Kep. Bangka Belitung	23,80	32,00	27,00
Kep. Riau	22,40	33,70	26,77
DKI Jakarta	22,40	35,80	26,20
Jawa Barat	18,50	30,10	23,50
Jawa Tengah	24,64	32,05	28,05
DI Yogyakarta	18,50	35,70	26,20
Jawa Timur	20,60	35,80	27,90
Banten	22,70	32,90	27,00
Bali	23,40	31,50	27,40
Nusa Tenggara Barat	20,80	35,20	28,25
Nusa Tenggara Timur	21,50	34,20	27,50
Kalimantan Barat	21,60	36,40	26,90
Kalimantan Tengah	23,00	33,70	27,40
Kalimantan Selatan	20,60	36,80	26,70
Kalimantan Timur	23,90	32,70	27,43
Kalimantan Utara	24,10	32,80	27,40
Sulawaesi Utara	22,70	32,20	26,37
Sulawesi Tengah	20,60	37,20	27,65
Sulawesi Selatan	21,30	34,20	27,23
Sulawesi Tenggara	22,30	33,30	27,00
Gorontalo	24,10	32,60	27,58
Maluku	-	-	-
Maluku Utara	23,00	32,00	27,00
Papua Barat	22,80	32,60	27,30
Papua	25,3	31,70	27,90

Dari tabel di atas beberapa daerah memiliki temperatur rata-rata minimum yang cukup rendah seperti Jawa Barat, Di Yogyakarta. Namun untu DI Yogyakarta temperatur rata-rata

maksimum juga tinggi. Pelepasan energi termal pada malam hari sangat dimungkinkan sehingga pada siang hari PCM dapat mengambil panas udara ruangan, baik secara natural maupun secara konveksi paksa. Pemilihan PCM yang cocok untuk masing-masing daerah adalah dengan memperhatikan temperatur minimum rata-ratanya. Berdasarkan penelitian Irsyad dkk. (2016) PCM yang digunakan sebaiknya memiliki temperatur perubahan fasa 1 - 2°C diatas temperatur rata-rata minimumnya [21]. Untuk temperatur rata-rata minimum lebih dari 25°C, penggunaan PCM lebih cocok difungsikan sebagai penyerap panas ruangan sehingga dapat mengurangi beban pendinginan

B. Potensi material fasa berubah

Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan material berubah fasa yang digunakan pada bangunan untuk penyejuk ruangan. Dari data-data PCM yang sudah diteliti maka ada tiga kelompok PCM yang dapat dikembangkan yakni; PCM dari minyak nabati, paraffin, dan garam hidrat. Minyak nabati berasal dari tumbuhan terutama dari biji bijian seperti, Kelapa, Kelapa Sawit, Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*, disingkat CISO), Jarak (*Jatropha curcas* disingkat JCSO), dan Karet (*Hevea braziliensis* disngkat HBSO). Pengembangan minyak nabati untuk aplikasi ini diutamakan pada minyak non pangan seperti; Nyamplung, Jarak, dan Karet. Indonesia memiliki potensi yang besar untuk menghasilkan minyak Nyamplung. Berdasarkan foto satelit tahun 2003, luas tanaman Nyamplung diperkirakan sekitar 255.300 hektar dan ditambah 225.400 hektar lahan kosong yang bisa dimanfaatkan untuk tanaman ini [22]. Perkebunan karet di Indonesia juga masih cukup luas. Dari data Deptan, tahun 2011 luas total perkebunan karet di Indonesia diperkirakan sekitar 3,450,144 hektar [23]. Potensi tanaman ini didukung juga dengan ketersediaan lahan kering yang cocok untuk ditanami ini adalah sekitar 14,2 juta hektar [24].

Ketiga jenis biji tanaman ini memiliki kandungan minyak yang relatif tinggi. Minyak Nyamplung selain memiliki kandungan minyak pada biji yang tinggi, juga memiliki produktivitas biji yang tinggi pertahunnya, seperti diperlihaktan pada Tabel 4.

Tabel 4. Produksi Minyak Nabati

	Produksi biji (ton/(ha.th))	Kandungan minyak (%)	Produksi minyak/ (kg/(ha.th))
<i>Calophyllum inophyllum</i>	16 ^[25]	40 - 73 ^[26]	4680 ^[26]
<i>Jatropha curcas</i>	0.1 - 15 ^[26]	37 - 45 ^[28]	1900 - 2500 ^[26]
<i>Hevea braziliensis</i>	0.15 ^[29]	40 - 50 ^[27]	40 - 50 ^[27]

Tabel 5. Kandungan asam lemak pada minyak nabati.

Jenis asam lemak	Komposisi asam lemak (%)				Titik leleh (°C) ^[c]	Panas laten (kJ/kg) ^[d]
	CISO ^[a]	JCSO ^[a]	CPO ^[b]	HBSO ^[a]		
Palmitic	12.01	16.00	43.50	10.20	60,45	221.42
Stearic	12,95	6.50	4.30	8,70	66,87	242.15
Oleic	34.09	43.50	39.80	24,60	13 s/d 14	138.07

Linoleic	38.26	34.40	10.20	39,60	-9 s/d -8	n/a
Linolenic	0,30	0.80	0,30	16,30	-17	n/a

^a[29], ^b[30], ^c[31], ^d[32]

Kandungan asam lemak untuk masing-masing minyak nabati diperlihatkan pada Tabel 5. Masing masing asam lemak memiliki temperatur berubah fasa yang berbeda. Pencampuran beberapa asam lemak dengan komposisi tertentu dapat menghasilkan material dengan temperatur berubah fasa yang diinginkan. Zang dkk.,2010, menggunakan campuran asam lemak lauric, myristic, dan palmitic dengan rasio 55.24:29.74:15.02 dapat menghasilkan temperatur leleh 31.41°C. Begitu juga Indartono dkk, 2010, menggunakan campuran minyak kelapa dengan minyak sawit dengan perbandingan 2 : 1 dapat menghasilkan temperatur perubahan fasa 13.12°C. Dari beberapa hasil penelitian tersebut sangat memungkinkan untuk mendapatkan PCM dengan temperatur perubahan fasa 20 – 23°C, dengan cara mencampurkan beberapa asam lemak dengan komposisi tertentu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih pada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Indonesia yang telah mendanai penelitian ini dalam skim penelitian Fundamental tahun 2016

IV. KESIMPULAN

Kondisi temperatur udara di Indonesia sangat memungkinkan dimanfaatkan untuk membantu pendinginan ruangan, dimana temperatur udara minimum rata-rata masih berkisar antara 18 – 25°C. Potensi minyak nabati khususnya minyak non pangan sangat besar dan dapat diolah untuk mendapatkan temperatur perubahan fasa yang cocok dengan mengatur konsentrasi asam lemak yang dicampurkan. Potensi PCM dari paraffin dan garam hidrat juga sangat memungkinkan dikembangkan, karena ketersediaan dan mudah didapat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional (BSN). Standar Nasional Indonesia (Indonesian National Standardization)-SNI 6390:2011 Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung; BSN: Jakarta, Indonesia, 2011.
- [2] JICA Study on Energy Efficiency and Conservation Improvement in Indonesia 2007 -2008 <http://eneken.ieej.or.jp/en/data/pdf/491.pdf>, aces 8 – 10 – 2012
- [3] Saidur R, 2009, Energy consumption, energy savings, and emission analysis in Malaysian office buildings, *Energy Policy* 37, 4104–4113
- [4] Castell A., Martorell I., Medrano M., Pe´ rez G., Cabeza L.F. 2010, Experimental study of using PCM in brick constructive solutions for passive cooling. *Energy and Buildings*, 42 534–540.
- [5] Zalba B, Marin J, Cabeza LF, Mehling H. 2004, Free-cooling of buildings with phase change materials. *International Journal of Refrigeration* 27: 839–49.
- [6] Indartono YS, Suwono A, Pasek AD, Christantho A, 2012, Application of Phase Change Material to Save Air conditioning Energy in Building, *ASEAN Engineering Journal Part A*, 3 (2), 46 – 53
- [7] Irsyad M., Pasek AD., Indartono YS., Pratomo AW., 2016, Heat transfer characteristics of building walls using phase change material, *International Symposium on Green Technology for Value Chains 2016 (GreenVC 2016)*, LIPI, Serpong, 3th – 5th October 2016
- [8] Sharma, S.D., Sagara, K., 2005, Latent Heat Storage Materials and System: A Review , *International Journal of Green Energy*, 2: 1–56, 2005
- [9] Zhou, D., Zhao, C.Y., Tian, Y., 2012, Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications, *Applied Energy* 92 (2012) 593–605
- [10] Abhat, A., 1983, Low temperature latent heat thermal energy storage: heat storage materials. *Solar Energy* 1983;30:313–32.
- [11] Oró, E., Gracia, A., Castell, A., Farid, M.M., Cabeza, L.F., 2012, Review on phase change materials (PCMs) for cold thermal energy storage applications, *Applied Energy* 99 (2012) 513–533
- [12] Hawes DW, Feldman D, Banu D 1993, Latent heat storage in building materials. *Energy and Buildings* 20 77–86.
- [13] Nagano K, Mochida T, Takeda S, Domanski R, Rebow M. 2003, Thermal characteristics of manganese (II) nitrate hexahydrate as a phase change material for cooling systems. *Applied Thermal Engineering*, 23 229–241.
- [14] Dadgostar N, Shaw JM. 2012, A predictive correlation for the constant-pressure specific heat capacity of pure and ill-defined liquid hydrocarbons. *Fluid Phase Equilibria* 313 211–26.
- [15] Zhou D, Zhao CY, Tian Y. 2012, Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications. *Applied Energy* 92 593–605.
- [16] Feldman D, Shapiro MM, Banu D. 1986, Organic phase change materials for thermal energy storage, *Solar Energy Materials and Solar Cells* 13 1–10.
- [17] Lane GA. 1980, Low temperature heat storage with phase change materials. *The International Journal of Ambient Energy* 1 155–68.
- [18] Environmental Process Limited. Available from: (<http://www.pcmproducts.net/>).
- [19] Climator. Available from: (<http://www.climator.com/en/climsel>).
- [20] Statistik Indonesia 2015, Badan Pusat Statistik
- [21] Irsyad M, Pasek AD, Indartono YS. Pratomo AW., 2016, Heat transfer characteristics of building walls using phase change material, 1st International Symposium on Green Technology for Value Chains (GreenVC 2016) Part of Science & Technology Festival 2016, ICE BSD, 3-5 October 2016
- [22] Bustomi, S., Rostiwati, T., Sudradjat, R., Leksono, B., Kosasih, A.S., Anggraeni, I., Syamsuwida, D., Lisnawati, Y., Mile, Y., Djaenudin, D., Mahfudz, Rahman, E. 2008. Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L) Sumber energi biofuel yang potensial. *Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan*.
- [23] Ditjen Perkebunan, 2011 *Luas Areal dan Produksi Perkebunan Seluruh Indonesia Menurut Pengusahaan*, <http://ditjenbun.deptan.go.id/cigraph/index.php/viewstat/komodititutama/2-Karet>, diakses 20 Februari 2013.
- [24] Allorerung, D., Z. Mahmud, A. Rivaie, D.S. Effendi dan A. Mulyani. 2007. Peta Kesesuaian Lahan dan Iklim Jarak Pagar. *Prosiding Lokakarya Status Teknologi Budidaya Jarak Pagar (Jatropha curcas L.)*. Jakarta, April 2006.
- [25] Jahiril MI, Brown JR, Senadeera W, Ashwath N, Laing C, Taylor JL and Rasul MG 2013 *Procedia Engineering* 56 619 - 624
- [26] Kumar A and Sharma S 2011 *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 1791–1800

- [27] Atabani AE Cesar AS 2014 *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 37 644–655
- [28] Rodrigues J, Miranda I, Gominho J, Vasconcelos M, Barradas G, Pereira H, Aguiar FB and Dias FS 2013 *Industrial Crops and Products* 50 828– 837
- [29] Zhu Y, Xu J, Li Q and Mortimer PE 2014 *Energy* 69 837-842
- [30] Tan CH, Ghazali HM, Kuntom A, Tan CP and Ariffin AA 2009 *Food Chemistry* 113 645–650
- [31] Ping BTY and Yusof M 2009, Characteristics and Properties of FTTY Acid Distillates from PLM Oil, *Oil Palm Bulletin* 59 (November 2009) 5-11
- [32] Yuan Y, Zhang N, Tao W, Cao X and He Y 2014 *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29 482–498
- [33] Zhang N., Yuan Y., Wanga X., Cao X., Yang X., Hub S., 2013, Preparation and characterization of lauric–myristic–palmitic acid ternary eutectic mixtures/expanded graphite composite phase change material for thermal energy storage, *Chemical Engineering Journal* 231 214–219
- [34] Indartono YS., Suwono A., Pasek AD., Mujahidin D., Rizal I., 2010, Thermal Characteristics Evaluation of Vegetable Oil to be Used as Phase Change Material in Air Conditioning System, *Jurnal Teknik Mesin*, 12 (2) 119-124