

ISSN : 2620 - 8741 (Cetak) ISSN : 2620 - 7362 (Online)

Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur

# JETM

VOLUME 01

Nomor 01  
Halaman 1-XX

TAHUN 2018

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno Hatta No. 9 Malang

Email : [jetm@polinema.ac.id](mailto:jetm@polinema.ac.id)

Web : <http://jetm.polinema.ac.id/>

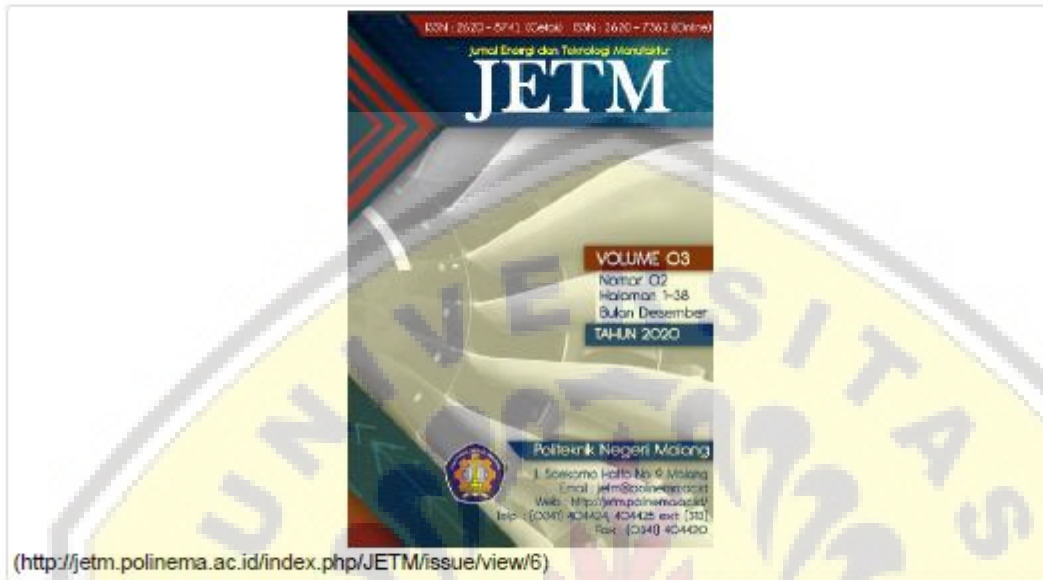
Telp : (0341) 404424, 404425 ext: (313)

Fax : (0341) 404420

## Current Issue

---

Vol 3 No 02 (2020)



Published: 2020-12-31

### Articles

---

Pengaruh Temperatur Mesin Terhadap Kadar Emisi NOx pada Motor dengan Bahan Bakar Compressed Natural Gas (CNG)

(<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/59>)

Hadi Rahmad, Mujahid Wahyu, Devina Rosa Hendarti  
1-4

Distribusi Ketebalan Aluminium Pada Proses Single-step Incremental Backward Hole-flanging terhadap Laju Pembentukan

(<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/64>)

Muhammad Fakhruddin, Imam Mashudi, Agus Hardjito, Rafik Djoenaidi  
5-10

[pdf \(http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/64/38\)](http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/64/38)

**Analisis Thermal Kolektor Pemanas Air Yang Dilengkapi PCM Parafin – Mentega**  
(<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/14>)

Adhe Reza Firmansyah, Aris Zainul Muttaqin, Agus Triono, Nasrul Ilminnafik  
11-14

pdf (<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/14/39>)

**Pengaruh Variasi Radius Sudu Turbin Angin Darrieus Tipe Sudu-J**  
(<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/65>)

Sulistiyono Sulistyono, Elka Faizal, Alfi Tranggono Agus Salim  
15-18

pdf (<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/65/40>)

**PENGUJIAN DAN PERAWATAN MESIN GRANULAR**  
(<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/54>)

Zul Ihsan, Robby Gunawan, Eka Sunitra, Rivanol Chadry, Yuli Yetri  
19-24

pdf (<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/54/41>)

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK ALUMINA (AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) PADA RESIN  
POLYESTER BTQN 157 TERHADAP KEKUATAN IMPACT KOMPOSIT SERAT  
KULIT POHON WARU (HIBISCUS TILIACEUS)**  
(<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/57>)

Viky Hermawan Hermawan, Nova R.Ismail, Akhmad Farid, Arief Rizki Fadhillah  
25-32

pdf (<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/57/42>)

**RANCANG BANGUN ALAT PENGADUK SABUN CAIR BAHAN BAKU MINYAK  
SERAI WANGI** (<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/60>)

Muhammad Zuber, Alfansuri Alfansuri  
33-38

pdf (<http://jetm.polinema.ac.id/index.php/JETM/article/view/60/43>)

# Editorial Team

---

## Chief Editor

- Dr. Wirawan, B. Eng.(Hons), M.T. (Scholar ID (<https://scholar.google.co.id/citations?user=dDrZ0x8AAAAJ&hl=en>))

## Editor

- Prof. Dr. Ir. Bambang Irawan, M.T. (Scholar ID (<https://scholar.google.co.id/citations?user=ILAbao4AAAAJ&hl=id>))

- Dr. Ir. R. Edy Purwanto, M.Sc. (Scholar ID (<https://scholar.google.co.id/citations?user=OxgZe64AAAAJ&hl=en>))

## Desain Website dan Operasional (Web Admin):

Sulistiyono, S.T., M.T.

Hangga Wicaksono, S.T., M.T.

Elka Faizal, S.T., M.T.

Nila Alia, S.Pd., M.Pd.

Fauzan Baananto, S.T., M.T.

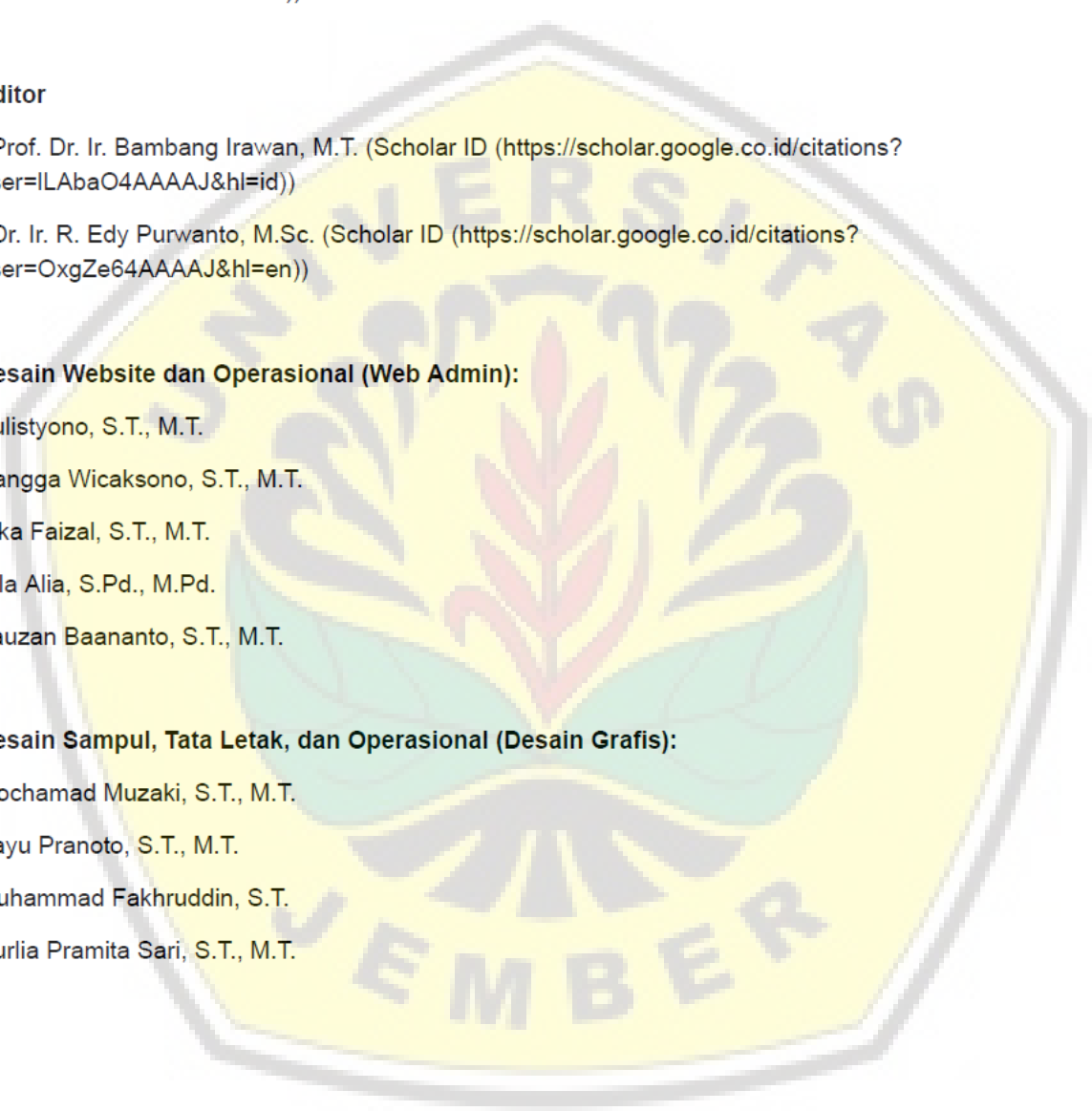
## Desain Sampul, Tata Letak, dan Operasional (Desain Grafis):

Mochamad Muzaki, S.T., M.T.

Bayu Pranoto, S.T., M.T.

Muhammad Fakhruddin, S.T.

Nurlia Pramita Sari, S.T., M.T.





## Reviewer

Dr. Ir. Bambang S.A.P., M.Sc. (Scholar ID (<https://scholar.google.co.id/citations?user=W-4jIR0AAAAJ&hl=en>)) (SINTA ID (<http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=5986365&view=overview>)) (Politeknik Negeri Malang)

Dr. Eng. Anggit Murdani, S.T., M. Eng. (Scholar ID (<https://scholar.google.co.id/citations?user=XgYLINwAAAAJ&hl=en&oi=ao>)) (SINTA ID (<http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=257275&view=overview>)) (Politeknik Negeri Malang)

Ir. Syamsul Hadi, M.T., Ph.D. (Scholar ID (<https://scholar.google.co.id/citations?user=fuEZTSQAAAAJ&hl=en>)) (SINTA ID (<http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=5997016&view=overview>)) (Politeknik Negeri Malang)

Dr. Eng. Budi Prawara, S.T., M.Eng. (Scholar ID (<https://scholar.google.co.id/citations?user=3qloADwAAAAJ&hl=en>)) (LIPI)

Dr. Gaguk Jatisukanto, S.T., M.T. (Scholar ID (<https://scholar.google.co.id/citations?user=iSTpPWUAAAAJ&hl=en>)) (SINTA ID (<http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=6655715&view=overview>)) (Universitas Jember)

Dr. Putu Wijaya Sunu, S.T., M.T. (Scholar ID (<https://scholar.google.co.id/citations?user=HYkGmAYAAAAJ&hl=en>)) (SINTA ID (<http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=5977330&view=overview>)) (Politeknik Negeri Bali)

Dr. Eng. Karnowo, S.T., M.Eng. (Scholar ID (<https://scholar.google.co.id/citations?user=9BAn3S0AAAAJ&hl=en>)) (SINTA ID (<http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=6096221&view=overview>)) (Univesitas Negeri Semarang)

Dr. Muhammad Rais, M.Pd., M.T. (Scholar ID (<https://scholar.google.co.id/citations?user=hH8FlycAAAAJ&hl=en>)) (SINTA ID (<http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=5975896&view=overview>)) (Univesitas Negeri Makassar)

Dr. Sugeng Hadi Susilo, S.T., M.T. (Scholar ID (<https://scholar.google.com/citations?user=9z7Z6h8AAAAJ&hl=id>)) (SINTA ID (<http://sinta.ristekbrin.go.id/authors/detail?id=6007339&view=overview>)) (Politeknik Negeri Malang)

Dr. Asrori, S.T., M.T. (Scholar ID (<https://scholar.google.com/citations?user=FkgBu1kAAAAJ&hl=en>)) (SINTA ID (<http://sinta.ristekbrin.go.id/authors/detail?id=6026499&view=overview>)) (Politeknik Negeri Malang)

Nova Risdiyanto Ismail, S.T., M.T. (Scholar ID (<https://scholar.google.com/citations?user=i47o5TIAAAAAJ&hl=en>)) (SINTA ID (<http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=5989963&view=overview>)) (Universitas Widyagama Malang)



## Analisis Thermal Kolektor Pemanas Air Yang Dilengkapi PCM Parafin – Mentega

Adhe Reza Firmansyah<sup>1</sup>, Aris Zainul Muttaqin<sup>2</sup>, Agus Triono<sup>2</sup>, Nasrul Ilminnafik<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

\*Email Penulis: [nasrul.teknik@unej.ac.id](mailto:nasrul.teknik@unej.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 27/07/2018  
Naskah Direvisi 03/02/2019  
Naskah Disetujui 31/12/2020  
Naskah Online 31/12/2020

### ABSTRACT

*Energy needs are increasing with advances in technology so that humans try to exploit energy sources optimally. Therefore, new innovations are needed to replace these energy sources, one of which is the use of Phase Change Material (PCM) in the water heater collector. In this study, the PCM used was paraffin with the addition of butter. The addition of butter to paraffin is used to increase the thermal conductivity of PCM paraffin. The purpose of this study was to determine the characteristics of PCM with variations in the mixture of ingredients, namely butter - paraffin and the efficiency of the water heater collector. The percentage of the butter and paraffin mixture is 10%, and 20% of the total volume. Based on the research, the highest efficiency was found in the water heater collector equipped with a PCM mixture of 20% paraffin-butter at 82.09%.*

*Keywords: Collector Efficiency, Thermal Conductivity, PCM*

### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi semakin meningkat dengan adanya kemajuan teknologi di dunia. Sumber energi yang banyak dipakai seperti minyak, dan gas bumi. Karena kebutuhan energi yang meningkat maka membuat usaha manusia untuk mengeksploitasi sumber energi tersebut juga meningkat. Mengingat terbatasnya persediaan sumber energi tersebut, manusia mulai memanfaatkan sumber energi lain seperti energi angin, energi air, ataupun energi matahari, dll.

Letak Indonesia yang berada pada 6<sup>o</sup>LU dan 11<sup>o</sup> LS daerah katulistiwa, maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10 - 12 jam dalam sehari. Potensi sumber energi matahari di Indonesia sebagai sumber energi alternatif sangat perlu dikembangkan.

Kolektor surya adalah sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Namun, ada beberapa masalah dalam pemanfaatan energi surya adalah sifat radiasi surya yang *intermiten*, dan besarnya radiasi yang tersedia dipengaruhi oleh waktu, kondisi cuaca dan posisi lintang. Untuk pemecahan permasalahan tersebut, teknologi yang dianggap sangat cocok adalah penyimpanan energi termal (*Thermal Energy Storage*, TES) [1].

Media penyimpanan energi panas dapat dibagi atas dua bagian, yaitu penyimpan panas sistem panas sensibel dan penyimpan panas sistem panas laten. Pada sistem panas sensibel, energi dalam bentuk panas disimpan dalam bentuk

perbedaan temperatur dan pada sistem panas laten, energi dalam bentuk panas disimpan dalam bentuk perubahan fasa [2]. Diantara jenis penyimpanan energi panas, yang paling menarik adalah penyimpanan energi dalam bentuk panas laten menggunakan material berubah fasa (PCM) yang memiliki banyak keuntungan diantaranya mampu menyimpan energi panas dalam kapasitas besar dengan volume material yang kecil.

Parafin wax merupakan salah satu PCM yang banyak digunakan, namun parafin memiliki konduktivitas termal yang rendah sehingga perlu waktu untuk proses peleburan dan pematatan, yang mengurangi daya keseluruhan dari perangkat penyimpanan panas dan dengan demikian akan membatasi aplikasi [3]. Untuk mengatasi masalah ini, berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi konsep-konsep peningkatan laju perpindahan panas, diantaranya menggunakan pengaduk, atau mengalirkan slurry dalam alat penukar panas [4].

Berdasarkan pertimbangan diatas dapat disimpulkan bahwa masih diperlukan penelitian lanjutan guna melakukan kajian peningkatan efisiensi kolektor surya dan material penyimpan panas. Penelitian tersebut diarahkan pada pemilihan material penyimpan panas, dan perancangan alat penukar kalor. Pada penelitian ini akan dilakukan kajian peningkatan panas laten lilin parafin (*paraffin wax*) sebagai material penyimpan kalor dengan cara menambahkan

material penyimpan panas laten lainnya yaitu mentega dalam material berubah fasa parafin.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menganalisa karakteristik termal PCM parafin – mentega.

### 2.2 Waktu dan Tempat penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember dan di Workshop Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Waktu penelitian berlangsung selama 2 bulan yaitu dimulai dari bulan Maret 2017 sampai dengan bulan April 2017. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

#### 1. Alat

- Kabel Termokopel Tipe T
- *Termoreader*
- *Pyranometer*
- 2 buah lampu 1000 watt

#### 2. Bahan

- Parafin
- Mentega
- Pipa Tembaga Ø12,7 mm dan Ø28,6mm
- Air

### 2.3 Variabel Penelitian

#### a) Variabel Bebas

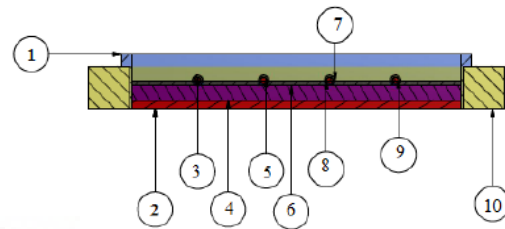
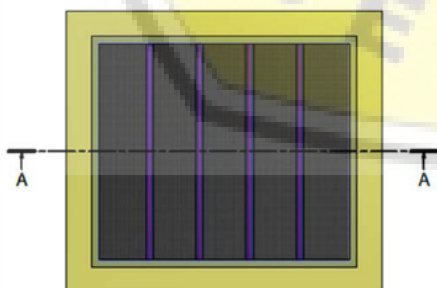
Variabel bebas dari penelitian ini adalah penambahan presentase campuran mentega sebanyak 10% dan 20% dari volume total PCM dalam pipa kolektor pemanas air.

#### b) Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini meliputi karakteristik PCM campuran parafin-mentega, energi berguna kolektor, dan efisiensi kolektor.

### 2.4 Skema Alat Uji

#### A. Skema Kolektor Surya Pelat Datar

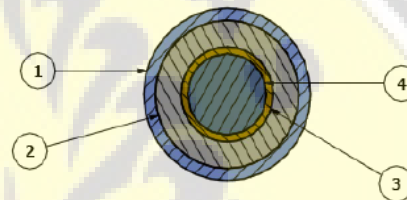


Gambar 1. Skema kolektor surya pelat datar

Keterangan :

- |               |                            |
|---------------|----------------------------|
| 1 = Kaca      | 6 = Pelat tembaga          |
| 2 = Glasswol  | 7 = Pipa                   |
| 3 = Air       | 8 = Parafin – mentega 10%  |
| 4 = Sterofoam | 9 = Parafin – mmentega 20% |
| 5 = Parafin   | 10 = Kayu                  |

#### B. Skema Pipa Tembaga Dalam Kolektor Surya Pelat Datar



Gambar 2. Skema pipa tembaga

Keterangan :

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 1 = Pipa Tembaga Luar | 3 = Pipa Tembaga Dalam |
| 2 = PCM               | 4 = Air                |

### 2.5 Prosedur Penelitian

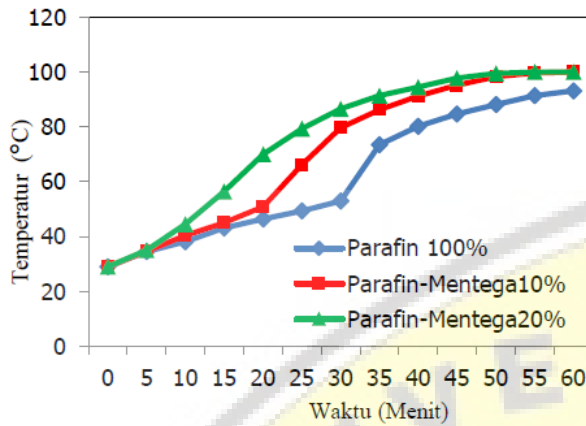
1. Pengambilan data dilakukan dengan menempatkan kolektor di bawah sinar lampu 2000 watt.
2. Memasang rangkaian untuk mengukur temperatur air masuk ke kolektor, temperatur air keluar dari kolektor, temperatur PCM, temperatur pipa bagian luar, temperatur pipa bagian dalam dan kaca bagian penutup.
3. Intensitas radiasi lampu diukur dengan sensor *pyranometer* ( $820 \text{ W/m}^2$ ).
4. Mencatat hasil pengukuran pada tiap interval waktu setiap 30 menit.
5. Pengukuran dilakukan pada kondisi lampu dihidupkan (*proses charging*) selama 360 menit dan kondisi lampu dimatikan (*proses discharging*) selama 120 menit.
6. Memasukkan data ke dalam tabel 3.1 hingga tabel 3.9
7. Menghitung energi berguna yang dihasilkan kolektor surya.
8. Menghitung efisiensi kolektor surya dilengkapi PCM
9. Menganalisa grafik antara efisiensi berdasarkan laju aliran air dengan perbedaan temperatur.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### a) Karakteristik Pemanasan PCM

Pengujian karakteristik pemanasan 50ml PCM parafin dan PCM campuran parafin – mentega dilakukan dengan memanaskan dalam *microwave* selama 60 menit dan temperatur konstan  $100^\circ\text{C}$ .



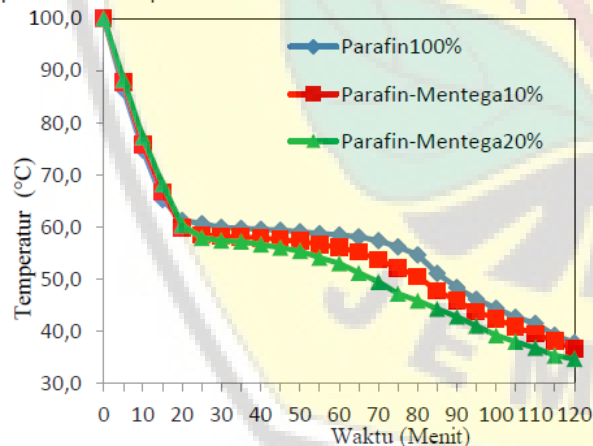


Gambar 3. Kenaikan suhu PCM pada proses pemanasan

Dari Gambar 3 terlihat perbedaan kenaikan suhu untuk masing-masing PCM. PCM dengan campuran parafin-mentega 20% mengalami kenaikan temperatur lebih cepat dari pada PCM parafin 100% dan PCM campuran parafin-mentega 10%. Hal ini disebabkan karena perbedaan konduktivitas termal yang dimiliki masing-masing PCM. Penambahan mentega pada PCM membuat konduktivitas termal lebih baik dari pada PCM parafin 100%.

#### b) Karakteristik Pendinginan PCM

Pengujian karakteristik pendinginan PCM dilakukan dengan mengamati temperatur penurunan yang terjadi pada PCM setiap 5 menit dan dimulai dari suhu 100°C.

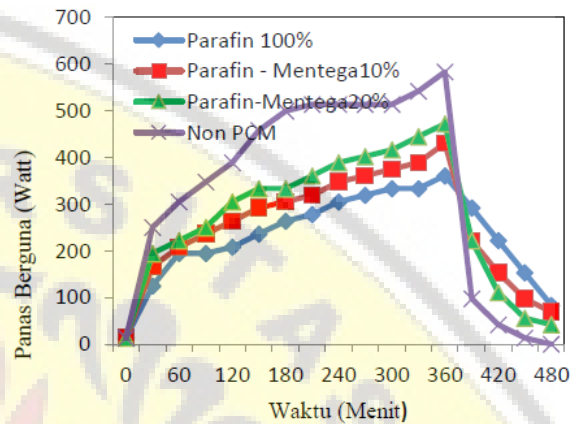


Gambar 4. Penurunan suhu PCM pada proses pendinginan

Pada Gambar 4 menunjukkan grafik penurunan temperatur dari masing-masing PCM. Dari grafik tersebut terlihat jelas konduktivitas termal sangat berpengaruh dalam perubahan temperatur masing-masing PCM. Penurunan temperatur yang paling cepat yaitu PCM parafin – mentega 20% dengan suhu 34,7°C ketika di menit 120, sedangkan PCM parafin – mentega 10% tercatat suhu akhir 36,6°C dan PCM parafin 100% suhu akhirnya 37,8°C.

#### c) Energi Berguna

Pengujian PCM parafin 100%, PCM campuran parafin - mentega 10%, PCM campuran parafin – mentega 20% dalam kolektor surya dilakukan 6 jam proses *charging* (pemanasan) dan 2 jam proses *discharging* (pendinginan). Proses *charging* dilakukan dengan memanaskan kolektor plat datar menggunakan 2 lampu berkapasitas 1000 watt dengan intensitas yang dihasilkan sebesar 820 W/m<sup>2</sup>.

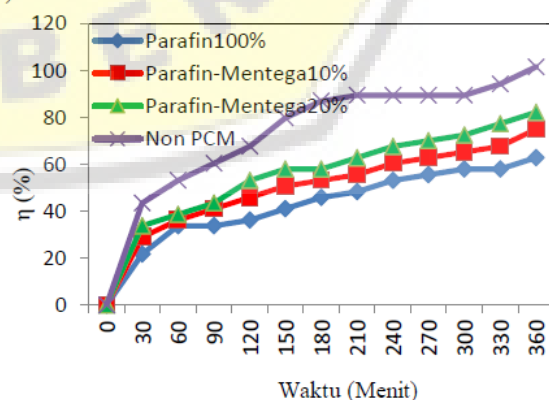


Gambar 5. Energi Berguna pada Kolektor

Dari Gambar 5 dapat dilihat energi berguna yang diserap oleh air terbesar pada proses *charging* ketika menit ke 360 terdapat pada pipa kolektor surya non PCM sebesar 582,12 watt, selanjutnya PCM parafin-mentega 20% sebesar 471,24 watt, PCM parafin-mentega 10% sebesar 429,66 watt, dan PCM parafin 100% sebesar 360,36 watt. Sedangkan energi berguna yang diserap oleh air pada proses *discharging* dimenit ke 480 PCM parafin 100% sebesar 83,16 watt, PCM parafin-mentega 10% sebesar 69,3 watt, PCM parafin-mentega 20% sebesar 41,8 watt, dan non PCM sebesar 0 watt.

Penambahan mentega pada PCM diharapkan mampu meningkatkan energi berguna lebih baik dari pada PCM parafin 100% ketika proses *charging* saat intensitas cahaya tidak maksimal

#### d) Efisiensi Kolektor



Gambar 6. Efisiensi Kolektor pada proses Charging



Pada Gambar 6 dapat dilihat efisiensi kolektor surya terbaik didapat oleh kolektor surya non PCM hal ini terjadi karena radiasi langsung disalurkan oleh plat dan pipa absorber yang terbuat dari bahan tembaga langsung ke air, sehingga efisiensi yang dihasilkan baik. Efisiensi tertinggi yang dihasilkan sebesar 101,41 % dengan suhu air keluar (T<sub>out</sub>) sebesar 69 °C.

Pada Gambar 6 kolektor surya yang dilengkapi oleh PCM campuran parafin - mentega 20% merupakan yang tertinggi tingkat efisiensinya diantara kolektor surya yang dilengkapi PCM lainnya, yaitu sebesar 82,09% dengan suhu air keluar (T<sub>out</sub>) sebesar 61°C, kemudian PCM campuran parafin-mentega 10% sebesar 74,85% dan yang terakhir PCM parafin 100% dengan tingkat efisiensi sebesar 62,78 %. PCM campuran parafin - mentega 20% mempunyai efisiensi lebih tinggi dikarenakan peningkatan konduktivitas dari penambahan mentega didalam PCM.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Karakteristik pegujian PCM pada proses pemanasan terbaik didapatkan oleh PCM campuran parafin-mentega 20%, hal itu dikarenakan memiliki nilai konduktivitas termal yang lebih tinggi. Sedangkan pada proses pendinginan PCM yang mampu menahan panas lebih lama terdapat pada PCM parafin 100%.
2. Energi berguna pada proses pemanasan yang paling besar terdapat pada pipa kolektor surya non PCM, hal ini terjadi karena radiasi langsung disalurkan oleh plat dan pipa absorber yang terbuat dari bahan tembaga langsung ke air. Untuk pipa yang dilengkapi PCM energi berguna terbesar didapat oleh PCM parafin-mentega 20%. Kemudian PCM parafin-mentega 20% dan yang terendah PCM parafin 100%. Sedangkan pada proses pendinginan energi berguna terbesar terdapat pada PCM parafin 100%.
3. Efisiensi kolektor surya terbaik terdapat pada kolektor surya yang tidak dilengkapi PCM yaitu sebesar 101,41 %. sedangkan kolektor surya dengan penambahan PCM campuran parafin-mentega 20%, 10% dan parafin murni adalah sebesar: 82,09%, 74,85 %, 62,78%.
4. PCM yang cocok digunakan pada kolektor surya adalah PCM dengan penyerapan panas yang cepat yaitu PCM campuran parafin-mentega 20%, sedangkan PCM parafin 100% cocok digunakan sebagai termal *storage* pada tempat penampung air hasil pemanasan kolektor surya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sharma, A., V. V. Tyayogi, C. R Chen, dan D. Buddhi. 2009. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13: 318 – 345.
- [2] Gultom. 2013. Perancangan dan Pengujian Pemanas Air Tenaga Surya yang disertai Material Berubah Fasa (PCM) sebagai Media Penyimpan Panas. Teknik Mesin, Fakultas Teknik Sumatra Utara

- [3] Buddhi, D. 1977. Thermal performance of a shell and tube PCM storage heat exchanger for industrial waste heat recovery. *Presented at solar world congress*, Taejon, Korea, 24-30 Agustus 1977.
- [4] Dailami, Hamdani, Syuhada A., Irwansyah. 2012. Karakteristik perpindahan panas peleburan Parafin – AL2O3 sebagai material penyimpan panas. Teknik Mesin Universitas Syah Kuala