

ANALISA THERMAL KOLEKTOR SURYA PELAT DATAR YANG DILENGKAPI PCM CAMPURAN PARAFIN DENGAN BAHAN BERBASIS MINYAK

Nanda Jefri A.R¹, Hary Sutjahjono², Dwi Djumhariyanto³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

³Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

Email: nandajefriaditya@gmail.com

ABSTRACT

World energy demand continue to increase throughout civilization people human. Effort to get alternative energy has long been done to reduce dependency of energy that can not be updated, one of them with solar energy usage as a collector for water heaters. Collector water heater be equipped with the media heat exchanger form Phase Change Material (PCM) to optimize collector performance. There are four ingredients used for PCM is a mixture of paraffin with coconut oil, cooking oli, used coconut oi, and used cooking oil each percentage of the four ingredients with as much paraffin 20% of total volume. Conclusions from this study show that useful energy solar collector be equipped PCM that highest score is solar collector that equipped PCM mix – used coconut oil 20% amount 360,36 watt. With increasing rate of heat transfer on PCM paraffin with a mixture of coconut oil used then temperature change or water also increases so that efficiency sola collector the higher it is. Efficiency solar collektor be equipped PCM the biggest mix is PCM mixed paraffin - used coconout oil 20% amount 62% in the minutes to 360.

Keywords : Thermal analysis; Solar collector; An oil-based mixture; PCM

1.PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan energi dunia terus meningkat sepanjang peradaban umat manusia. Proyeksi permintaan energi pada tahun 2050 hampir mencapai tiga kali lipat. Usaha-usaha untuk mendapatkan energi alternatif telah lama dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi yang tidak dapat diperbaharui. Selain itu dari berbagai penelitian telah didapatkan salah satu contoh bahwa kualitas udara telah semakin mengawatirkan akibat pembakaran minyak bumi (Widodo dkk, 2009)

Di Indonesia sendiri masih menghadapi persoalan dalam mencapai target pembangunan bidang energi. Di sisi lain, ternyata indonesia menghadapi penurunan cadangan energi fosil yang terus terjadi dan belum dapat diimbangi dengan penemuan cadangan baru untuk memenuhi segala konsumsi di dalam negeri. Indonesia merupakan daerah katulistiwa dan daerah tropis dengan luas daratan hampir 2 juta km^2 . Ada banyak energi yang bisa dimanfaatkan dimuka bumi indonesia ini, salah satu contoh yaitu energi surya. Dikarunia penyinaran matahari lebih dari 6 jam sehari atu sekitar 2.400 jam dalam setahun (Manan, tanpa tahun).

Adapun salah satu manfaat dari energi panas matahari ini adalah untuk pemanas air. Untuk dapat

langsung memanfaatkan energi panas matahari untuk memanaskan air dapat digunakan suatu perangkat yang dapat mengumpulkan suatu energi matahari sampai kepermukaan bumi, perangkat atau alat itu disebut dengan kolektor surya. Kolektor surya ini bisa didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi matahari sebagai sumber energi utama (Sulaiaman dkk, 2013).

Untuk memaksimalkan penyimpanan panas pada tangki penyimpan air panas adalah dengan memanfaatkan material berubah fasa (*phse change material*, PCM) sebagai material penyimpan panas. Kebanyakan kajian dialkuakn untukuk pemanfaatan material penyimpan panas dari hidrat garam, parafin dan senyawa organik (Abhat, 1981). Potensi untuk menghasilkan PCM yang bau dan murah serta tersedia di Indonesia masih banyak, salah satunya adalah dengan memanfaatkan minyak nabati (irsayd,2015). Minyak nabati memiliki konduktivitas termal yang lebih baik dari parafin. Namun masih banyak bahan lain yag berbentuk minyak yang pastinya lebih murah dan mudah didaptkan disekitar kita, yaitu seperti minyak bekasn atau serih disebut minyak jelantah.

Dalam penelitian ini dipilih ada empat bahan minyak sebagai material yang ditambahkan kedalam

parafin. Yaitu minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas. Karena dari ke empat bahan tersebut memiliki nilai konduktivitas termal yang lebih tinggi dari parafin. Dengan penambahan minyak nabati atau minyak minyak nabati bekas/jelantah didalam parafin sebagai PCM diharapkan konduktivitas termal dan titik leleh parafin lebih tinggi.

Dengan beberapa konteks tersebut dapat disimpulkan bahwa masih perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap material penyimpan panas sehingga dapat meningkatkan efisiensi kolektor surya. Dalam penelitian ini dipilih ada empat bahan minyak sebagai material yang ditambahkan didalam parafin. Yaitu minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas. Untuk memperoleh kehandalan lilin parafin dengan ke empat bahan jenis minyak tersebut sebagai material penyimpan panas akan dirancang alat uji berupa alat penukar panas untuk mengetahui penyimpanan kalor melalui siklus termal penyerapan dan pengeluaran kalor.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologo Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menganalisa karakteristik termal PCM parafin – minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas, serta perpindahan panas yang terjadi pada PCM dalam kolektor.

3.2 Waktu dan Tempat penelitian

Penelitian ini bertempat di Laboratorium Konversi Energi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember, pada bulan Maret 2016 - April 2017. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Alat

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

2. Bahan

- Parafin
- Minyak kelapa, Minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan Minyak goreng bekas
- Pipa Tembaga Ø12,7 mm dan Ø28,6mm
- Air

3.4 Variabel Penelitian

Variabel Bebas

Variabel bebas dari penelitian ini adalah bahan campuran PCM parafin dengan minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak

goreng bekas dengan presentase campuran masing – masing bahan 20% dari volume total PCM dalam tabung kolektor dan lama waktu pengambilan data.

Variabel Terikat

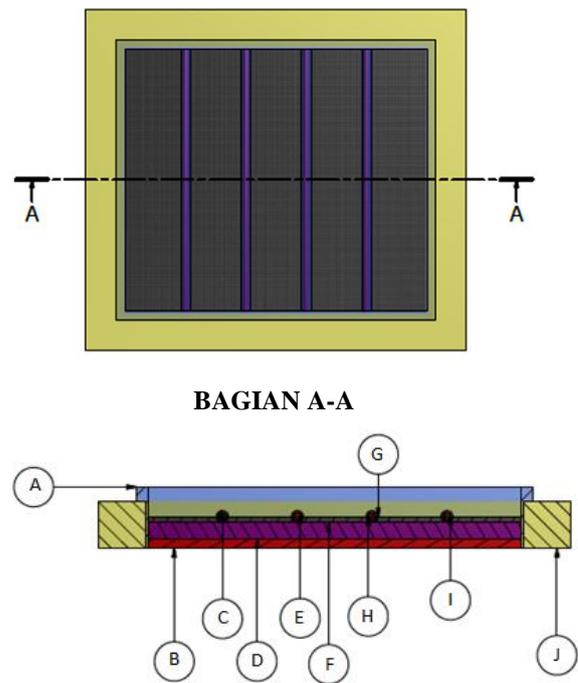
Variabel terikat dari penelitian ini adalah perubahan temperatur (T_{in}) dan air keluar (T_{out}), Energi berguna, dan Efisiensi kolektor surya.

3.5 Parameter Penelitian

1. Suhu lingkungan
2. Radiasi *warm lampu* dengan *Pyranometer*
3. Konduktivitas antara pipa luar dengan Material PCM
4. Konduksi pada Material PCM dengan pipa dalam
5. Konveksi antara pipa dalam dengan air
6. Laju perpindahan panas keseluruhan
7. Panas berguna keseluruhan
8. Efisiensi kolektor surya

3.6 Skema Alat Uji

- 1.) Skema Kolektor Surya Pelat Datar

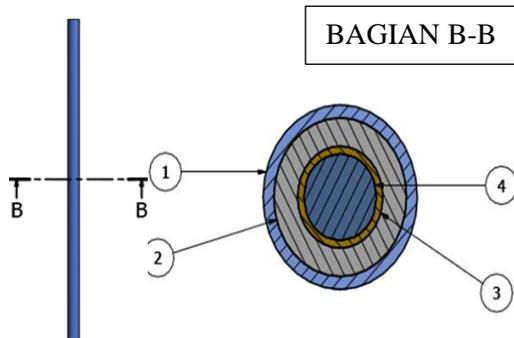


Gambar 3.1 Skema kolektor surya pelat datar

Keterangan :

- A = Kaca
- B = Glaswol
- C = Parafin – Minyak Goreng Bekas (20% VT)
- D = Sterofoam
- E = Parafin – Minyak Kelapa Bekas (20% VT)
- F = Plat Tembaga
- G = Pipa

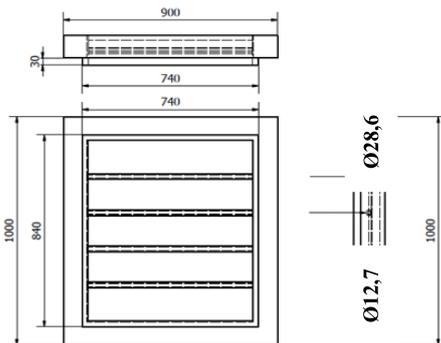
- H = Parafin – Minyak Goreng (20% VT)
 I = Parafin – Minyak kelapa (20% VT)
 J = Kayu
 2.) Sekema Pipa Tembaga Dalam Kolektor Surya Pelat Datar



Gambar 3.2 Skema pipa tembaga

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

3.) Dimensi Kolektor Surya Pelat Datar

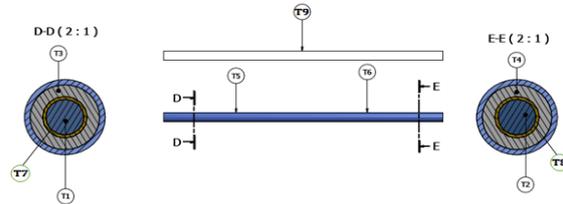


Gambar 3.3 Dimensi kolektor surya pelat datar

- Keterangan :
 a. Panjang kolektor : 1000 mm
 b. Lebar kolektor : 900 mm
 c. Panjang kolektor yang terkena radiasi lampu : 840 mm
 d. Lebar kolektor yang terkena radiasi lampu : 740 mm
 e. Jarak antara kaca dengan kolektor : 30 mm
 f. Jarak antara pipa : 160 mm

- g. Diameter pipa tembaga : Ø28,6 mm
 h. Diameter pipa tembaga dalam : Ø12,7 mm

3.7 Skema Pengujian



Gambar 3.4 Skema pengujian suhu pipa kolektor

Keterangan :

- T1 = Suhu air in
 T2 = Suhu air out
 T3 = Suhu PCM 1
 T4 = Suhu PCM 2
 T5 = Suhu pipa bagian luar 1
 T6 = Suhu pipa bagian luar 2
 T7 = suhu pipa bagian dalam 1
 T8 = Suhu pipa bagian dalam 2

3.8 Prosedur Penelitian

1. Tahapan Persiapan
 - a.) Mempersiapkan bahan PCM dengan variasi campuran 20% dari volume total parafin dengan minyak kelapa, minyak goreng, minyak kelapa bekas, dan minyak goreng bekas
 - b.) Mengukur suhu lingkungan
 - c.) Menganalisa Karakteristik PCM menggunakan gelas volume 50 ml dengan PCM 100% parafin, PCM campuran – minyak kelapa 20%, minyak goreng 20%, minyak kelapa bekas 20%, dan minyak goreng bekas 20% dari volumw total dengan suhu 100°C pada proses pemanasan selama 60 menit di dalam *microwave*
 - d.) Menganalisa karakteristik PCM menggunakan gelas volume 50 ml dengan PCM 100% parafin, PCM campuran parafin – minyak kelapa 20%, minyak goreng 20%, minyak kelapa bekas 20%, dan minyak goreng bekas 20% dari volume total dengan 100°C pada proses pendinginan selama 120 menit di dalam *microwave*
2. Tahap Penelitian
 - a.) Pengambilan data dilakukan dengan menempatkan kolektor dibawah sinar lampu 200 watt
 - b.) Memasang rangkaian untuk mengukur temperatur air masuk kolektor, temperatur air keluar dari kolektor, temperatur PCM, temperatur pipa bagian luar, temperatur pipa bagian dalam dan kaca bagian penutup

- c.) Intensitas radiasi lampu diukur dengan sensor *pyranometer*
- d.) Mencatat hasil pengukuran pada tiap interval waktu setiap 30 menit
- e.) Pengukuran dilakukan pada kondisi lampu dihidupkan (*proses charging*) selama 360 menit dan kondisi lampu dimatikan (*proses discharging*)
- f.) masukkan data ke dalam tabel 3.1 hingga tabel 3.9
- g.) Menghitung energi berguna yang terjadi didalam kolektor

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p (T_{f0} - T_{f1})$$

- h.) Mencatat perhitungan energi berguna ke dalam 3.4

- i.) menghitung efisiensi kolektor surya didalam PCM

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot C_p (T_{f0} - T_{f1})}{A_c \cdot I_t} = \frac{Q_u}{A_c \cdot I_t}$$

- j.) Menganalisa grafik antara efisiensi dengan perbedaan temperatur

3.9 Metode Pengujian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental pendekatan kuantitatif. Uji statistik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimental faktorial. Dimana pengujian ini digunakan apabila terdapat lebih dari satu faktor yang mempengaruhi sesuatu yang diamati.

Bentuk eksperimen faktorial dari data hasil percobaan Y_{ijk} dapat di nyatakan dengan model matematis Kismiantini (dalam Setiawan, 2011) :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad \text{dengan } i = 1, 2, \dots a$$

$$j = 1, 2, \dots b$$

$$k = 1, 2, \dots r$$

Dimana :

Y_{ijk} : Pengamatan pada faktor a taraf ke-i, faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

μ : Rataan umum

α_i : Pengaruh utama faktor A taraf ke-i

β_j : Pengaruh utama faktor B taraf ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$: Pengaruh interaksi dari faktor A taraf ke-i dan faktor B taraf ke-j

ϵ_{ijk} : Pengaruh acak pada faktor A taraf ke-i, faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

1. Percobaan Faktorial dengan Metode Rancang Acak Rangkap dimana penelitian ini ingin mengetahui pengaruh variasi bahan dan pengaruh lama waktu pengambilan data terhadap efisiensi termal kolektor surya diberikan perlakuan sama (homogen) untuk seluruh spesimen uji dan kombinasi perlakuan ditempatkan secara acak dan bebas pada percobaan.

Tabel 3.1 Tabel Anova

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel 5%
Faktor A	JKB	a - 1	$\frac{JKB}{a - 1}$	KTG/ KTG	
Faktor B	JKK JK	b - 1	$\frac{JKK}{a - 1}$	KTB/ KTG	
Interaksi	(BK)	(a - 1) (b - 1)	$\frac{JK(BK)}{(a - 1)(b - 1)}$	KTA B/KTG	
Galat	JKG	ab(n-1)	$\frac{JKG}{ab(n - 1)}$		
Total	JKT	abn - 1			

Sumber: Walpole, E (1995:409)

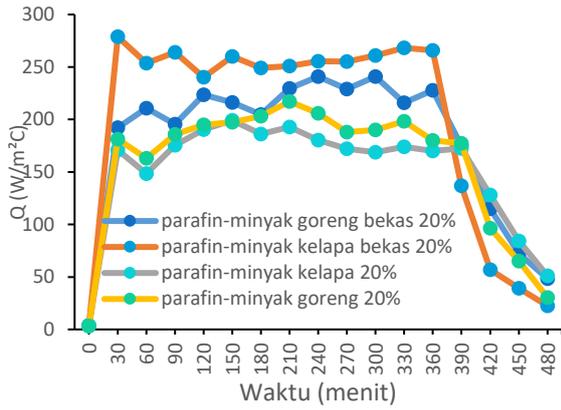
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembahasan

1. Laju Perpindahan Panas PCM pada Kolektor Surya

Perpindahan panas yang terjadi pada PCM didalam kolektor dipengaruhi oleh radiasi yang diserap oleh kolektor surya. Dalam penelitian ini radiasi yang dipakai adalah radiasi dari dua buah lampu hogen dengan daya 1000 watt per – lampu yang dilakukan diatas kolektor surya dengan jarak tertentu hingga menghasilkan radiasi 820 Watt/s yang diterima kolektor surya.

Berikut ini adalah grafik hasil perhitungan laju perpindahan total pada kolektor surya:



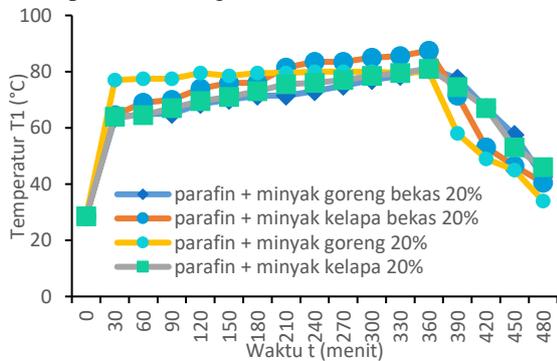
Gambar 4.1 Laju perpindahan panas pada kolektor surya

Dengan data diatas terlihat bahwa perpindahan panas yang paling tinggi terdapat pada PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% sebesar 278,7 W/m²C menit ke 30. Sedangkan perpindahan panas terendah pada proses pemanasan terdapat pada PCM campuran parafin – minyak kelapa 20% sebesar 171 W/m²C.

Dengan koefisien koevisien konveksi rata-rata tertinggi dimiliki oleh PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% dikarenakan faktor dari bilangan Nuselt yang lebih tinggi, serta konduktivitas termal yang lebih baik dari PCM campuran lainnya. Penambahan partikel yang memiliki konduktivitas termal yang lebih tinggi, akan mampu meningkatkan konduktivitas termal lilin parafin, untuk pemakaian sebagai material penyimpan panas (Dailami dkk, 2012).

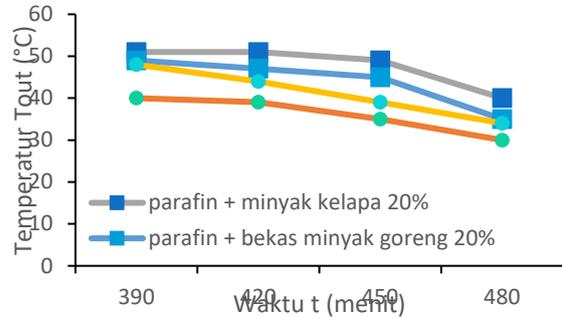
2. Energi Berguna pada Proses Charging dan Discharging

Pengujian PCM campuran parafin – dengan ke empat bahan minyak masing – masing persente 20% dilakukan dengan 3 kali pengulangan dengan rincian satu kali pengulangan dilakukan 6 jam proses charging dan 2 jam proses discharging hingga PCM mencapai suhu ruangan.



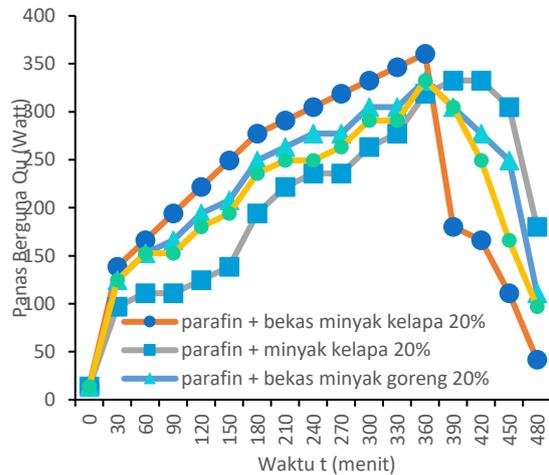
Gambar 4.2 Perbandingan antara waktu dan temperatur PCM didalam pipa kolektor surya

Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa pada PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% terjadi kenaikan lebih tinggi dengan suhu 80°C menit 210 dibandingkan dengan bahan campuran lainnya. Namun untuk PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% dalam mempertahankan suhu masih kurang baik dari pada PCM lainnya.



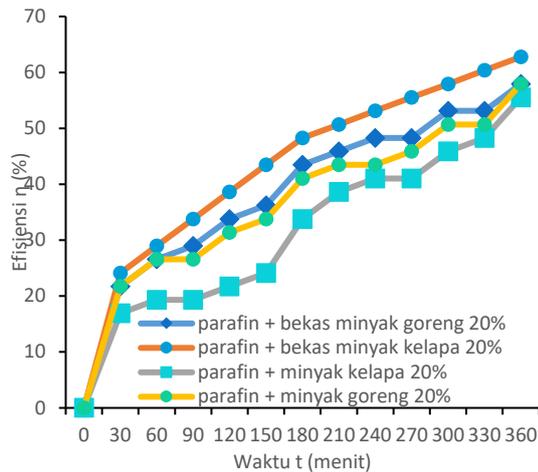
Gambar 4.3 Temperatur air pada saat pendinginan

Pada grafik diatas dapat dilihat penurunan yang terjadi pada kolektor yang dilengkapi PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% lebih cepat dari pada PCM lainnya, yaitu pada menit ke-30 suhu air yang dihasilkan sebesar 40°C. Sedangkan yang tertinggi pada pipa kolektor surya yang dilengkapi PCM campuran parafin – minyak kelapa 20% sebesar 51°C. Serta PCM campuran parafin – minyak goreng 20% dan minyak goreng bekas 20% berurutan sebesar 48°C dan 49°C.



Gambar 4.4 Distribusi energi berguna terhadap waktu pada kolektor surya

Dari grafik diatas bisa disimpulkan bahwa energi berguna tertinggi diperoleh PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% yaitu pada menit ke 360 adalah 360,36 watt, namun untuk energi berguna stabil terjadi pada PCM campuran parafin – minyak goreng bekas 20%.



Gambar 4.5 Korelasi efisiensi terhadap waktu pada kolektor surya

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh kolektor surya yang dilengkapi oleh PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% merupakan yang tertinggi tingkat efisiensinya diantara kolektor surya yang dilengkapi PCM lainnya sebesar 62,7% dengan suhu air keluar (T_{out}) sebesar 53°C, kemudian PCM campuran parafin – minyak goreng bekas 20%, minyak goreng 20%, dan minyak kelapa 20% sebesar 57,9%, 57%, dan 55,5%.

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan pembahasan dari pengujian maka bisa diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perpindahan panas diantara ke empat PCM yang diuji, perpindahan panas paling tinggi terdapat pada PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20%, kemudian PCM campuran parafin – minyak goreng bekas 20%, PCM campuran parafin – minyak goreng 20%, dan PCM campuran parafin – minyak kelpa 20%. Laju perpindahan panas tertinggi pada proses pemanasan PCM campuran – minyak kelapa bekas 20% sebesar 278,7 W/m²C pada menit ke-30. Sedangkan perpindahan panas terendah pada proses pemanasan terdapat pada PCM campuran parafin – minyak kelapa 20% sebesar 171 W/m²C.
2. Energi berguna pada proses *charging* yaitu PCM campuran parafin – minyak kelpa bekas 20% pada menit 360 adalah 360,36 watt lebih bagus daripada bahan PCM campuran – minyak kelapa 20%, minyak goreng 20%, minyak goreng bekas 20% yaitu masing – masing 318,78 watt, 332,64 watt, dan 332,64 watt. Energi berguna pada proses *discharging* yaitu PCM campuran parafin – minyak kelapa 20% pada menit 480 adalah 180,18 watt lebih baik dalam mempertahankan

suhu daripada PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20%, minyak goreng 20%, dan minyak goreng bekas 20% yaitu masing – masing 41,8 watt, 97,02 watt, dan 110,88 watt.

3. Meningkatnya energi berguna pada kolektor surya pada tiap PCM yang berbeda maka semakin besar pula efisiensi pada kolektor surya, hal ini yang mempunyai efisiensi paling tinggi yaitu PCM campuran parafin – minyak kelapa bekas 20% pada menit 360 adalah 62%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abhat A. 1981. *Performance studies of a finned heat pipe latent heat thermal energy storage system*. New York : Pergamon press.
- [2] Agyenim, Dkk. 2010. *A Review of materials heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage system (SHS)*. Newtonnabbey : Center of Suistanable Technologies, University Of Ulster.
- [3] Buddhi D. 1977. *Thermal performance of a shell and tube PCM storage heat exchanger for industrial waste heat recovery*. Korea : Solar World Congress.
- [4] Duffie. 1991. *Solar Engineering of Thermal processes*. New York.
- [5] Dwi Lia Ningsih. 2014. *Campuran Minyak Jelantah dan Kerosene Sebagai Bahan Bakar Alternatif Ditinjau Dari Performasi Pembakaran Pada Kompor Tekan*. Jurusan Teknik Kimia, Program Setudi Teknik Energi, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [6] Johan F dkk. 2016. *Analisa Laju Perpindahan Panas Radiasi Pada Inkubator Penetas Telur Ayam Berkapasitas 30 Telur*. Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhamadiyah Jember.
- [7] Kristianto dan Laeyadi. 2000. *Kolektor Surya Prismatik*. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Petra.
- [8] Manan Siful. Tanpa tahun. *Energi Mahari, Sumber Energi Alternatif Yang Effisien Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia*. Program Diploma III Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [9] M. Burhan R. Wijaya dkk. 2009. *Pemanfaatan Kolektor Surya Pemanas Air dengan Menggunakan Seng Bekas Sebagai Absorber Untuk Mereduksi Pemanakain Bahan Bakar Minyak Rumah Tangga*. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- [10] Sharma Atul, Dkk. 2009. *Review on thermal energy storage with phase change materials*

- and applications*. Departemen of Mechanical Engineering, Kun Shan University.
- [11] Sulaeman dan Mapasid. 2013. *Analisa Efisiensi Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Debit Aliran Fluida 3-10 Liter/Menit*. Alumni Teknik Mesin ITP. Dosen Teknik Mesin-Institut Teknologi Padang.
- [12] Setiawan, Dkk. 2012. *Pengujian Proses Discharging Sebuah Pemanas Air Energi Surya Tipe Kotak Sederhana Yang Dilengkapi PCM dengan Kapasitas 100 Liter Air*. Medan : Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatra Utara.
- [13] Widodo, Suryono, Tatyantoro, Tugino. 2009. *Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas*. Semarang: Fakultas Ekonomi, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.