

Program Studi Teknik Mesin

**Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)**

Judul TA : Kajian Kapasitas Pengumpulan Energi Termal pada Tangki Pemanas Air Tenaga Surya yang Melibatkan PCM

Judul Naskah Publikasi : Kajian Kapasitas Pengumpulan Energi Termal pada Tangki Pemanas Air Tenaga Surya yang Melibatkan PCM

Nama Mahasiswa: Yuda Nurhidayatulloh

NIM : 20150130047

Pembimbing 1: Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng

Pembimbing 2: Tito Hadji Agung S., S.T., M.T

Hal yang dimintakan persetujuan \*:

- |  |   |                                |                                |
|--|---|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia | <input type="checkbox"/> Naskah Publikasi | <input type="checkbox"/> ..... | <input type="checkbox"/> ..... |
| <input type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris   | <input type="checkbox"/> .....            | <input type="checkbox"/> ..... | <input type="checkbox"/> ..... |

\*beri tanda ✓ di kotak yang sesuai



Tanda Tangan  
Yuda Nurhidayatulloh

Tanggal, 27 September 2019

**Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi**

Disetujui



Tanda Tangan  
Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng.

Tanggal, 27 September 2019

  
Tanda Tangan

Berli Paripurna Kani, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D

Tanggal, 27 September 2019

Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.

## KAJIAN KAPASITAS PENGUMPULAN ENERGI TERMAL PADA TANGKI PEMANAS AIR TENAGA SURYA YANG MELIBATKAN PCM

Yuda Nurhidayatulloh<sup>a</sup>, Muhammad Nadjib<sup>b</sup>, Tito Hadji Agung Santoso<sup>c</sup>  
Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah  
Yogyakarta  
Yogyakarta 55183, Indonesia.  
[yuda.nurhidayatulloh91@gmail.com](mailto:yuda.nurhidayatulloh91@gmail.com)

---

### INTISARI

Pemanas air tenaga surya (PATS) merupakan sebuah teknologi yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari oleh masyarakat, seperti untuk mandi air hangat pada skala rumah tangga. Umumnya instalasi PATS berada di luar ruangan, dengan memanfaatkan cahaya matahari. Namun, hal ini memiliki kelemahan dikarenakan radiasi matahari bersifat fluktuatif sehingga memerlukan metode lain untuk mendapatkan radiasi yang konstan. Penelitian ini mengkaji kapasitas pengumpulan energi termal pada PATS yang melibatkan PCM. HTF, PCM, kapsul, dan tangki merupakan material yang memiliki fungsi sebagai pengumpul energi termal pada tangki TES.

Metode penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *solar simulator* yang memiliki fungsi untuk mensuplai *heat flux* yang konstan pada PATS di dalam sebuah ruangan (*indoor*). Ada 25 buah termokopel yang ada di dalam tangki PATS, kemudian PATS diisi penuh oleh air dan solar simulator kemudian dinyalakan. Pada saat itu juga, PC (*personal computer*) dan laptop yang sudah dipasang data *logger* temperatur dan *software* diaktifkan. Kemudian, solar simulator di *setting* sehingga menghasilkan *heat flux* variasi 800 W/ m<sup>2</sup>, 1000 W/m<sup>2</sup>, dan 1200. Lalu merekam data temperatur air yang ada di dalam tangki. Pengujian dilakukan berulang dengan mengubah-ubah variasi *heat flux*. Analisis data ini dilakukan agar mengetahui informasi tentang pengaruh *heat flux* terhadap kapasitas pengumpulan energi termal di dalam tangki PATS-PCM.

Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah akumulasi energi termal paling tinggi adalah 7,734 MJ pada variasi *heat flux* 1200 W/m<sup>2</sup>. Maka, semakin tinggi *heat flux*, semakin besar energi yang terkumpul. Peneliti menemukan bahwa HTF memiliki peranan penting dalam penyimpanan energi termal.

**Kata kunci:** PATS sistem aktif, HTF, PCM, *solar simulator*.

---

### ABSTRACT

*Solar water heater (SWH) is a technology that is widely used in daily life by the community, such as for bathing hot water on a household scale. Generally, SWH installations are outdoors, utilizing sunlight. However, this has a disadvantage because solar radiation is fluctuating so it requires other methods to get constant radiation. This study examines the capacity of collecting thermal energy in SWH involving PCM. HTF, PCM, capsules, and tanks are materials that have the function of collecting thermal energy in TES tanks.*

*This research method was carried out using a solar simulator that has a function to supply a constant heat flux to the SWH in an indoor room. There are 25 thermocouples in the SWH tank, then the SWH is fully filled with water and the*

*solar simulator is turned on. At that moment, PC (personal computer) and laptops with temperature data loggers and software were installed. Then, the solar simulator is set to produce heat flux variations of 800 W/m<sup>2</sup>, 1000 W/m<sup>2</sup>, and 1200 W/m<sup>2</sup>. Then record data on the temperature of the water in the tank. Testing is done repeatedly by varying the variation of heat flux. This data analysis was carried out in order to find out information about the effect of heat flux on the thermal energy collection capacity in the SWH-PCM tank.*

*The results obtained from this study are the highest thermal energy accumulation is 7,734 MJ on 1200 W/m<sup>2</sup> heat flux variations. Then, the higher the heat flux, the greater the energy collected. Researchers found that HTF has an important role in thermal energy storage.*

**Keywords:** *PATS active system, HTF, PCM, solar simulator.*

## 1. PENDAHULUAN

Zaman sekarang ini teknologi semakin berkembang, kebutuhan manusia dalam menggunakan energi pun semakin meningkat. Namun, tidak semua energi dapat diperbaharui, dan akan menyebabkan keterbatasan energi. Dengan adanya keterbatasan energi ini telah mengakibatkan krisis energi yang mulai melanda di dunia. Salah satu energi yang tidak dapat diperbaharui adalah energi fosil. Energi fosil merupakan sumber daya energi yang masih dominan digunakan. Akan tetapi jika terus menerus digunakan, energi fosil akan semakin terbatas, dan keterbatasan energi fosil di masa depan bisa tidak terhindarkan. Terbukti dengan hasil survai yang telah dilakukan oleh Kepala Pusat Riset dan Pengembangan dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia bahwa energi fosil bisa habis dengan jangka waktu 10 hingga 20 tahun mendatang (Prasetyo dan Wulandari, 2016).

Menyikapi menipisnya energi fosil maka perlu dicari solusi untuk mencari energi alternatif lain mencegah keterbatasan energi fosil di masa depan, salah satunya adalah energi matahari. Sudah banyak teknologi yang menggunakan energi matahari tersebut, salah satunya adalah pemanas air tenaga surya (PATS). Dalam kehidupan sehari-hari pemanas air ini cukup banyak digunakan oleh masyarakat, salah satunya adalah untuk memenuhi kebutuhan pada skala rumah tangga untuk mandi air hangat. Pemakaian PATS dapat memberi pengaruh yang besar terhadap aspek ekonomi, lingkungan dan konservasi energi. Pendapat tersebut beralasan sebab pemanasan air memberi andil cukup besar terhadap konsumsi energi rumah tangga. PATS konvensional pada umumnya menggunakan air sebagai HTF (*heat transfer fluid*), selain itu penggunaan PATS ini relatif murah dan mempunyai sifat termal yang baik sehingga sudah banyak yang menggunakannya. Namun, karena memiliki nilai densitas energi yang rendah PATS ini memiliki kekurangan yaitu harus memiliki volume penyimpanan yang besar, dan SHS (*sensible heat storage*) yang menggunakan air cenderung memiliki karakteristik sistem yang berat (Nadjib dan Tito, 2017).

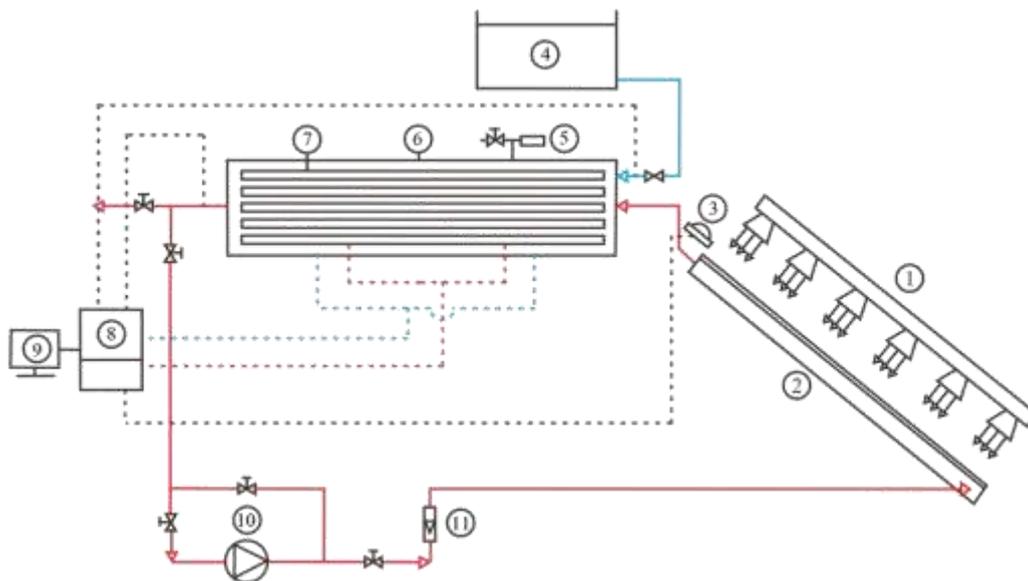
Untuk meminimalkan kekurangan penggunaan SHS ini dapat digunakan material penyimpanan kalor laten (*latent heat storage*, LHS). PCM (*phase change materials*) dalam penyimpanan energi termal (*thermal energy storage*, TES) dapat dijadikan solusi karena memiliki penyimpanan kalor yang tiap unit volumenya

lebih besar daripada SHS dan pelepasan kalornya terjadi pada temperatur yang konstan. Namun dalam penelitian Nadjib dan Suhanan (2013) bahwa aplikasi LHS memiliki kelemahan yaitu rendahnya kecepatan proses pengambilan dan pelepasan kalornya yang disebabkan oleh konduktivitas termal dari PCM yang rendah. *Paraffin Wax* yang merupakan salah satu jenis PCM yang memiliki densitas energinya cukup tinggi (~ 200 kJ/kg), tidak berbahaya dan tidak reaktif, serta sifat termalnya stabil di bawah 500°C (Nadjib dan Tito, 2017). Dengan adanya beberapa pertimbangan karakteristik tersebut membuat *paraffin wax* menarik untuk digunakan pada PATS.

HTF, PCM, kapsul dan tangki adalah material yang berfungsi sebagai pengumpul energi termal di dalam tangki TES. Penelitian-penelitian terdahulu belum ada yang secara khusus membahas tentang kontribusi tiap-tiap material tersebut dalam pengumpulan energi termal yang dikaitkan dengan perubahan *heat flux*. Dari uraian di atas, penelitian untuk mengkaji kapasitas pengumpulan energi termal pada PATS yang melibatkan PCM penting dilakukan.

## 2. METODE

PATS sistem aktif yang digunakan memiliki kapasitas air 60 liter. Adapun dan skema alat ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Skema PATS : (1) *solar simulator*, (2) kolektor surya, (3) piranometer, (4) bak penampung air, (5) kran air masuk, (6) tangki PATS, (7) kapsul PCM, (8) akuisisi data, (9) PC, (10) pompa, (11) rotameter air.

Penelitian ini menggunakan *solar simulator* untuk menggantikan energi matahari. *Solar simulator* menggunakan 24 lampu *hologen* dengan dimensi utama meliputi panjang 2,27 m, lebar 1,73 m, dan tinggi 3 m. Daya yang dimiliki setiap lampunya 300W dan 230V, maka total daya lampunya adalah 7200W. *Solar simulator* ditempatkan di atas kolektor surya dengan ukuran 1m x 1,9m dan dipasang dengan kemiringan 20°. Tiap-tiap dari material *absorber* dan pipa *absorber* menggunakan aluminium dan pipa tembaga. *Cover* menggunakan kaca

es yang memiliki tebal 5mm dan menggunakan insulasi berupa polyurethane-aluminium foil. Kapsul PCM pada PATS berjumlah 13 buah dengan panjang tiap kapsul adalah 1 m dan memiliki diameter luar 1 inch. Tangki PATS ditutup menggunakan aluminium foil dan *glass wool* guna mengurangi *heat loss*. Tangki memiliki panjang 122 cm, diameter luar 25 cm, dan kapasitas 60 liter. Termokopel tipe K dipasang di HTF, PCM, dan saluran HTF pada sistem PATS yang jumlahnya 25 buah. Graphtec midi LOGGER GL220 dan GL820 yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk merekam data temperatur melalui kawat termokopel yang sudah terpasang di PATS, data tersebut dapat dibaca oleh PC dan laptop.

*Solar simulator* diposisikan tepat di atas PATS agar terkena radiasi dengan mengatur ketinggian antara kolektor dan *solar simulator* untuk mengetahui variasi *heat flux* 800 W/m<sup>2</sup>, 1000 W/m<sup>2</sup>, dan 1200 W/m<sup>2</sup>. Langkah selanjutnya yaitu tangki PATS diisi dengan air hingga penuh, kemudian HOBOSoftware pada PC dan laptop diaktifkan. Pompa dinyalakan dan mengatur debit 2 LPM, setelah itu memulai proses *charging* dengan mengaktifkan *solar simulator* setelah menyalakan komputer terlebih dahulu. Data dikumpulkan untuk mendapatkan rekamana temperature HTF dan PCM selama proses *charging*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

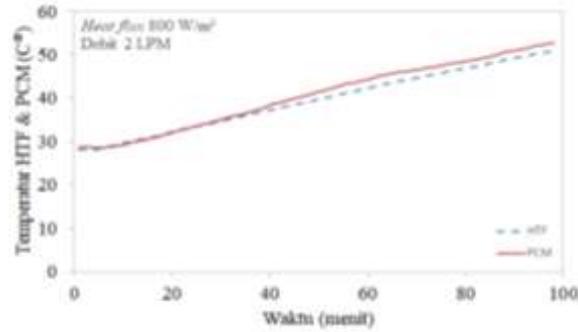
Hasil uji *solar simulator* untuk mendapatkan variasi *heat flux* dengan menempatkan *pyranometer* di enam titik yang telah ditentukan dan mengatur tiga variasi ketinggian. Titik tersebut sudah dianggap mewakili tiap baris lampu. Hasil uji *solar simulator* tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji *solar simulator*

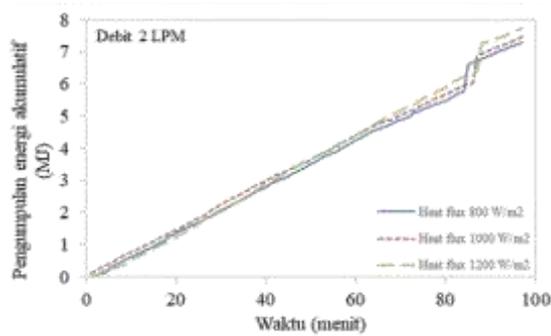
Posisi	Intensitas radiasi (W/m <sup>2</sup> )		
	10 cm	15 cm	22 cm
A	1256,00	1276,90	920,78
B	1110,53	975,81	705,67
C	1235,01	936,16	715,67
D	1276,90	1072,60	767,77
E	1276,90	1007,52	814,34
F	1276,90	1080,13	781,87
<b>Rata-rata</b>	1238,71	1058,19	784,35

Data yang dikumpulkan kemudian diolah dengan menghitung perubahan temperatur rata-rata HTF dan PCM selama proses *charging* 98 menit dengan *heat flux* 800 W/m<sup>2</sup> dan debit 2 LPM, energi termal yang terkumpul di dalam tangki dengan ketiga variasi *heat flux*, dan kontribusi pengumpulan kalor tiap material. Setelah itu memplot grafik perubahan temperatur rata-rata HTF dan PCM yang disajikan pada Gambar 2. Gambar 3 menunjukkan energi termal yang terkumpul

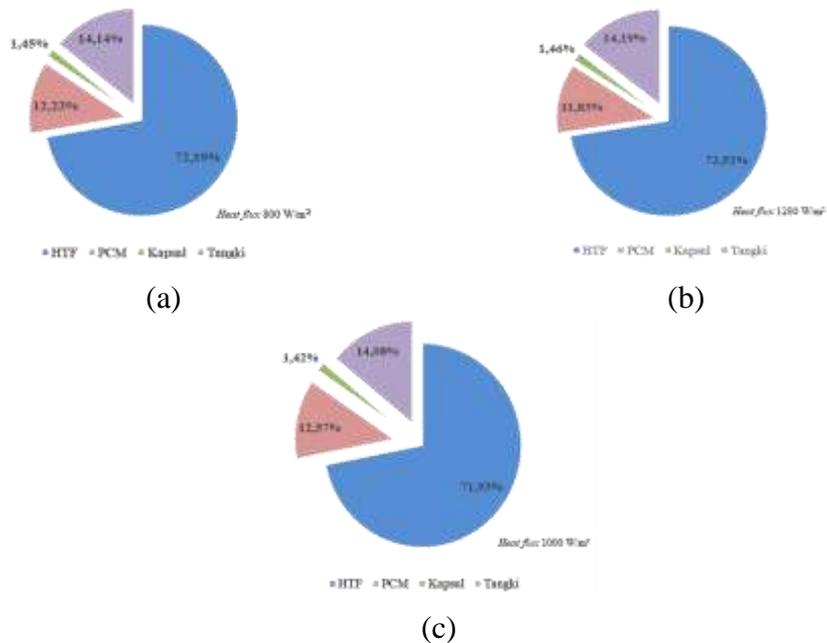
di dalam tangki. Gambar 4. Menyajikan diagram *pie* dari kontribusi pengumpulan kalor tiap material.



Gambar 2. Evolusi temperatur HTF dan PCM



Gambar 3. Pengumpulan energi termal akumulatif



Gambar 4. Rekapitulasi energi akumulatif (a) *heat flux* 800 W/m<sup>2</sup> (b) *heat flux* 1000 W/m<sup>2</sup> (c) *heat flux* 1200 W/m<sup>2</sup>

Semakin besar *heat flux* maka semakin tinggi energi yang terkumpul dari tiap-tiap material. Hal tersebut terjadi karena kalor yang diterima semakin bertambah mengakibatkan temperatur tiap-tiap material semakin tinggi seiring berjalannya waktu. Temperatur *output* kolektor semakin lama semakin meningkat. Peningkatan temperatur kolektor tersebut akan meningkatkan temperatur tiap-tiap material di dalam tangki. Perolehan kontribusi pengumpulan energi tiap-tiap material yang terbesar adalah HTF, tangki, PCM, dan kapsul. Urutan tersebut dipengaruhi dari besar volume tiap material. HTF memiliki peranan penting dalam instalasi ini dimana HTF mendominasi energy yang terkumpul.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dalam penelitian ini maka dapat disimpulkan:

1. Semakin tinggi *heat flux*, semakin besar energi termal yang terkumpul di dalam sistem TES. Akumulasi energi termal paling tinggi adalah 7,734 MJ yang terjadi pada variasi *heat flux* 1200 W/m<sup>2</sup>.
2. HTF memegang peran penting dalam pengumpulan energi termal di dalam tangki TES.

##### 4.2. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan selama proses *charging*, maka saran yang diberikan adalah sebagai berikut.

1. Penelitian serupa dapat dilakukan dengan mempertimbangkan rugi-rugi kalor ke lingkungan.
2. Penelitian dapat dilanjutkan dengan menggunakan jumlah kapsul yang lebih banyak dan variasi debit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Prasetio, P.J.D, dan Nina Wulandari. 2016. RancangBangun Mobil Surya V-1ct0ry – Polineri (Bagian: SistemSel Surya). *JurnalTeknikMesin*. 5, (1). 1-15.
- Nadjib, Muhammad, dan Tito Hadji Agung Santosa. Februari 2017. Perilaku Termal Pemanas Air Tenaga Surya Yang Berisi Pcm Pada Unit Tangki. *The 5th Urecol Proceeding*. 392-399.
- Nadjib, Muhammad, dan Suhanan. 2013. Studi Eksperimental Penyimpanan Energi Termal Proses Charging pada Pemanas Air Tenaga Surya Thermosyphon Menggunakan Air dan Paraffin Wax sebagai Material Penyimpanan Kalor. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin*. 355-359.