

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi adalah salah satu sumber pokok yang diperlukan umat manusia untuk menjalankan rutinitas setiap hari dalam bidang industri maupun rumah tangga. Untuk saat ini Indonesia merupakan pengguna energi fosil yang dapat habis suatu hari nanti. Kebutuhan energi listrik dan bahan bakar nasional semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, pengembangan wilayah, dan pembangunan dari tahun ke tahun. Maka Potensi negara mengalami krisis energi menjadi tinggi. Saat ini konsumsi di Indonesia masih bergantung pada energi fosil agar nantinya Indonesia dapat mengatasi dampak dari krisis energi global (Zainudin, 2014).

Salah satu upaya penanggulangan penggunaan energi fosil yang berlebihan diperlukan pengalihan penggunaan menuju energi terbarukan. Beberapa energi terbarukan yang mempunyai potensi besar di antaranya adalah energi matahari. Indonesia adalah salah satu negara yang mempunyai potensi energi matahari yang tinggi dikarenakan keberadaannya terletak di daerah khatulistiwa menurut (Walujanto dkk, 2017) Energi surya di Indonesia rata-rata tercatat sebesar $4,8 \text{ kWh/m}^2$ atau setara 112.999 GWp . Pemanfaatan energi matahari dapat dikonversikan menjadi listrik maupun termal. Energi matahari dapat diubah secara langsung menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya. Aplikasi sel surya sangat banyak digunakan untuk kebutuhan rumah tangga seperti lampu, pompa air, telekomunikasi dan lain-lain. Pemanas air tenaga surya (PATS) adalah salah satu alat yang dapat mengonversi energi matahari menjadi termal. PATS dapat digunakan untuk memanaskan air dan udara sebagai fluida pemindah kalor (*heat transfer fluid*, HTF) baik dalam skala rumah tangga maupun industri (Hossain, 2011). PATS mempunyai sistem yang sederhana di mana sinar matahari akan digunakan untuk memanaskan air. air menerima kalor dari absorber yang terkena radiasi matahari menyebabkan suhu air meningkat (Vishal dkk, 2014). PATS dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam berdasarkan sirkulasi HTF yang bekerja, yaitu sistem pasif dan aktif. Sirkulasi sistem pasif menggunakan metode konveksi alami antara kolektor dan tangki yang diletakkan pada atas kolektor. Sedangkan, sirkulasi sistem aktif menggunakan pompa listrik, katup dan pengontrol sebagai sirkulasi air maupun perpindahan panas air dari kolektor (Vishal dkk, 2015).

Penggunaan energi yang efisien selalu melibatkan penyimpanan energi agar dapat memenuhi permintaan yang berfluktuasi. Sistem penyimpanan energi memiliki arti yang lebih besar dalam hal pemanfaatan panas dan dalam situasi yang berhubungan dengan pasokan energi masuk yang terputus-putus seperti energi matahari (Mettawee dan Assassa, 2006). Oleh karena itu diperlukan penyimpanan energi termal (*thermal energi storage*, TES) agar ketersediaan energi yang disimpan dapat memenuhi kebutuhan dan mengatasi ketidaksesuaian antara pasokan energi masuk dan pemakaiannya

Metode penyimpanan energi panas yang umumnya digunakan adalah metode penyimpanan kalor *sensible* (*sensible heat storage*, SHS). Dalam sistem pemanas air tenaga surya, air masih digunakan sebagai penyimpan panas dalam sistem berbasis cairan, sedangkan batu tahan api digunakan untuk sistem berbasis udara (Farid dkk, 2004). Sistem PATS jenis ini telah digunakan secara luas dikarenakan murah dan memiliki panas spesifik tinggi, namun membutuhkan volume yang besar karena densitas energinya yang rendah (Hasan, 1994), selain itu berpotensi menimbulkan masalah seperti korosi, kebocoran dan cenderung memiliki konstruksi yang berat (Buddhi dkk, 1988).

Kekurangan penggunaan SHS pada PATS dapat diminimalkan dengan menggunakan (*latent heat storage*, LHS). LHS mempunyai penyimpanan termal yang besar namun volume penyimpanan yang ringkas (Barba dan Spiga, 2003). PCM yang digunakan pada TES sebagai LHS sangat menarik karena mempunyai kepadatan penyimpanan energi yang tinggi dan karakteristik penyimpan panas pada suhu konstan sesuai dengan fase suhu transmisi material PCM (Sharma dkk, 2009). Namun kesulitan praktis biasanya muncul dalam penerapan metode LHS karena konduktivitas termal rendah dan perubahan densitas pada PCM (Farid dkk, 2004).

Beberapa zat alami, seperti *salt hydrate*, *paraffin* dan *fatty acid* dan senyawa lain, memiliki panas fusi *latent* tinggi yang dibutuhkan pada suhu berkisar dari 0 hingga 150 °C dan bahan ini dapat digunakan untuk aplikasi PATS (Kenisarin dan Mahkamov, 2007). *Paraffin wax* menjadi pilihan yang tepat dikarenakan penyimpanan termal (200 *kJ/kg* atau 150 MJ/m^3) mempunyai temperatur leleh (20-70 °C) secara kimiawi *innert* dan stabil tanpa pemisahan fase.

Penelitian tentang penggunaan PCM pada PATS telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Kolektor surya *compact* dengan material PCM (Mettawee dkk, 2006). Model teoritis untuk memprediksi perilaku termal dan kinerja unit penyimpanan *latent* yang terdiri dari serangkaian tabung PCM (Qarnia, 2009). Kinerja termal dari penyimpanan PATS kolektor

terintegrasi dengan PCM (Chaabane 2014). Kolektor surya tabung evakuasi terintegrasi dengan PCM (Papadimitratos, 2016). Studi eksperimental PATS dengan perbandingan penggunaan dan tanpa penggunaan PCM (Wu, 2018).

Penelitian tentang PATS-PCM yang dilakukan *outdoor* memiliki kekurangan yaitu tidak dapat mengevaluasi pengaruh suatu parameter dengan variasi tertentu (Nadjib dkk, 2017). Kondisi ini disebabkan oleh jumlah intensitas matahari yang berubah-ubah. Sumber kalor yang berubah-ubah menyebabkan perilaku termal pada PATS-PCM menjadi berfluktuasi. Di samping itu, penelitian sebelumnya belum membahas tentang karakteristik media penyimpan kalor yang dikaitkan dengan debit aliran HTF pada sistem PATS berbasis PCM dengan tangki horizontal. Hipotesis penelitian ini adalah semakin besar debit aliran maka semakin cepat peningkatan *melting* proses PCM pada tangki PATS. Penelitian ini penting dilakukan agar menambah khazanah pengembangan PATS berisi PCM serta menjawab hipotesis tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian tentang PATS PCM telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Namun penelitian terfokus pada *outdoor*. Metode ini memiliki kekurangan yaitu sulit untuk mengevaluasi pengaruh suatu parameter terhadap perilaku termal pada PATS. Penyebabnya adalah tingkat intensitas matahari yang tergantung pada kondisi atmosfer dan kejernihan langit. Selain itu, penelitian tentang pengaruh debit aliran terhadap proses pemanasan pada HTF dan PCM dalam tangki PATS belum dilakukan. Oleh karena itu, penelitian PATS yang melibatkan PCM dengan sumber daya yang konstan dengan variasi debit penting dilakukan.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan batasan masalah sebagai berikut :

1. Kapsul PCM berisi *paraffin wax* yang bersifat homogen.
2. Sifat fisis *paraffin wax* mengacu pada data dari pabrik pembuat.
3. *Heat flux* yang dihasilkan *solar simulator* dianggap konstan.
4. Penelitian ini berfokus pada tangki PATS PCM.
5. Seluruh area kolektor mendapatkan *heat flux* yang sama.
6. Laju aliran massa 2, 3, 4 LPM.
7. Termokopel yang dipasang pada sisi HTF dianggap mewakili temperatur air yang ada di dalam tangki.

8. Termokopel yang dipasang pada sisi PCM mewakili HTF dianggap mewakili temperatur setiap kapsul yang ada di dalam tangki.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan karakteristik proses pemanasan HTF di dalam tangki.
2. Mendapatkan karakteristik proses pemanasan PCM di dalam tangki.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat di antara-Nya :

- a. Memberikan pemahaman tentang teknologi PATS menggunakan PCM.
- b. Penelitian yang telah dilakukan dapat menjadi aliterasi atau sebagai acuan untuk peneliti selanjutnya guna mengembangkan teknologi PATS menggunakan PCM.
- c. Memberikan pengetahuan kepada mahasiswa tentang penggunaan PCM pada PATS.