

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi (daya) merupakan syarat utama untuk melakukan pekerjaan atau kegiatan meliputi listrik, energi mekanik, energi elektromagnetik, energi kimia, energi nuklir dan panas. Sumber energi ada beberapa macam antara lain: minyak, gas bumi, dan batu bara. Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi pokok yang dibutuhkan dan dapat dikonversikan menjadi bentuk energi lain seperti energi mekanik, energi panas, dan lain-lain (Hasan, 2012). Penggunaan bahan bakar fosil yang terus menerus dapat mengakibatkan menipisnya ketersediaan energi fosil dan harganya semakin mahal. Cadangan sumber energi fosil di seluruh dunia terhitung sejak 2002 yaitu 40 tahun untuk minyak, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara. Dengan menipisnya sumber energi fosil, dunia saat ini beralih dari penggunaan energi tak terbarukan ke sumber energi terbarukan. Potensi energi terbarukan, seperti: biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, energi angin, energi samudera dan *hydro power* sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan, padahal potensi energi terbarukan ini sangatlah besar khususnya di Indonesia (Widayana, 2012).

Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas ± 2 juta km² adalah sebesar 5,10 MW atau 4,8 kWh/m² /hari atau setara dengan 112.000 GW yang didistribusikan. Oleh karena itu energi surya memiliki keunggulan-keunggulan dibandingkan dengan energi fosil, diantaranya adalah sumber energi yang mudah didapatkan, ramah lingkungan, sesuai untuk berbagai macam kondisi geografis, instalasi, pengoperasian dan perawatan mudah, listrik dari energi surya dapat disimpan dalam baterai (Hasan, 2012).

Energi matahari adalah salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan pada masa yang akan datang, karena

tidak ada polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi, dan juga sumber energinya banyak tersedia di alam. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atau lebih dikenal dengan sel surya (*sel fotovoltaik*) akan lebih diminati karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan yang relevan di berbagai tempat seperti perkantoran, pabrik, perumahan, dan lainnya (Ramadhan dkk., 2016).

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 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 ditempatkan pada atas kolektor. Sedangkan, sirkulasi sistem aktif menggunakan pompa listrik, katup dan pengontrol sebagai sirkulasi air maupun perpindahan panas air dari kolektor (Gautam dkk., 2017).

Pemanfaatan energi matahari sebagai pemanas air memiliki beberapa kelemahan, yaitu ketika cuaca mendung proses pemanasan air akan terganggu serta pemanasan air tidak dapat digunakan saat malam hari, sehingga akan sulit untuk mempertahankan energi panas yang diterima oleh PATS (Yuliyani dkk., 2020). Oleh karena itu diperlukan penyimpanan energi termal (*thermal energi storage*, TES) agar ketersediaan energi yang tersimpan dapat memenuhi dan mengatasi ketidak sesuaian antara pasokan energi masuk dan pemakaiannya.

Penggunaan penyimpanan kalor sensible (*sensible heat storage*, SHS) pada pemanasan air konvensional sudah cukup banyak digunakan pada sistem PATS. Keuntungan dari penggunaan air yang merupakan salah satu jenis SHS diantaranya yaitu memiliki konduktivitas termal yang baik dan harganya murah. Menurut Hasan (1994) penggunaan air sebagai media penyimpanan juga memiliki kelemahan, kelemahannya adalah bobot dari tangki penyimpanan cenderung lebih berat karena volume yang diperlukan besar, penyebabnya adalah densitas energi air rendah. Selain itu penggunaan air juga berpotensi menimbulkan masalah seperti korosi, kebocoran dan cenderung memiliki konstruksi yang berat.

Kekurangan penggunaan SHS sebagai TES pada PATS dapat diminimalkan dengan penggunaan penyimpanan kalor laten (*latent heat storage*, LHS). PCM yang digunakan pada TES sebagai LHS memiliki keunggulan yaitu mempunyai kepadatan penyimpanan energi yang tinggi dan karakteristik penyimpan panas pada suhu konstan sesuai dengan fase suhu transmisi material PCM (Sharma dkk., 2009). Penggunaan LHS juga memiliki beberapa kelemahan yaitu konduktivitas termal dari PCM rendah akibatnya proses pengambilan dan pelepasan kalornya rendah (Watanabe & Kanzawa, 1995).

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 & Mahkamov, 2007). PCM dengan temperatur operasional antara 15 – 90 °C cocok diaplikasikan pada sistem PATS (Farid dkk., 2004). *Paraffin wax* memiliki beberapa karakteristik yang cocok jika digunakan pada PATS antara lain kepadatan energi cukup tinggi (~200 kJ/kg) (Farid dkk., 2004). *Paraffin* tidak mudah korosif dan lebih stabil dibawah temperatur oprasional 500°C, tidak berbahaya, *non-reaktif* dan dapat didaur ulang (Sharma dkk., 2009).

Para peneliti terdahulu telah melakukan penelitian tentang penggunaan PCM pada sistem PATS. Kolektor surya dengan material PCM memiliki keuntungan di antaranya kepadatan penyimpanannya tinggi dan sifat *isothermal* dari proses penyimpanan (Mettawee dkk., 2006). Eksperimen terhadap PCM yang dimasukkan dalam kapsul dan diletakkan pada tangki PATS konvensional serta pengujian dilaksanakan pada kondisi *charging* dan *discharging* (Fazilati & Alemrajabi, 2013), dengan menggunakan PCM dalam kapsul silinder yang diletakkan pada tangki PATS posisi horisontal saat proses *charging* (Nadjib, 2016). Suhanan dkk. (2017) melakukan studi eksperimental tentang pelelehan *paraffin wax* pada kapsul silinder. Nadjib dkk. (2020) telah melakukan studi eksperimental tentang perilaku termal pada PATS sistm aktif dengan metode penelitian secara *indoor*. Nadjib dkk. (2022) melakukan penelitian tentang kinerja termal pemanas air tenaga surya sistem aktif berbahan penyimpanan energi air dan *paraffin wax* dengan variasi *heat flux*.

Para peneliti terdahulu belum ada yang membahas secara khusus tentang proses pemanasan media penyimpanan kalor pada tangki pemanas air tenaga surya tipe aktif berisi *paraffin wax* dengan variasi debit aliran. Di samping itu peneliti sebelumnya melakukan penelitian secara *outdoor* dengan bersumber energi matahari. Penelitian secara *outdoor* memiliki kelemahan yaitu kesulitan dalam mengevaluasi perubahan debit aliran HTF terhadap perilaku pemanasan media penyimpan kalor, fenomena ini disebabkan oleh intensitas radiasi matahari berfluktuasi sepanjang hari. Penelitian ini penting dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang proses pemanasan HTF dan PCM di dalam tangki PATS. Selain itu penelitian ini penting untuk pengembangan PATS berbasis PCM di masa mendatang.

1.2. Rumusan Masalah

Penggunaan air sebagai media SHS memiliki beberapa kekurangan yaitu densitas energinya rendah. Peneliti terdahulu melakukan penelitian secara *outdoor*, yang memiliki kelemahan yaitu kesulitan dalam mengevaluasi perubahan suatu parameter terhadap karakteristik termalnya. Selain itu, belum ada peneliti yang membahas tentang proses pemanasan HTF dan PCM di dalam tangki PATS tipe aktif berisi *paraffin wax* dengan dengan variasi debit aliran. Oleh karena itu, penelitian ini diperlukan untuk mengkaji pengaruh debit aliran air terhadap proses pemanasan HTF dan PCM memakai *solar simulator*.

1.3. Asumsi dan Batasan Masalah

Asumsi dan batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. *Paraffin wax* yang berada di kapsul PCM bersifat homogen.
2. Laju aliran massa dianggap konstan.
3. Sifat fisis *paraffin wax* mengacu pada data dari pabrik pembuat.
4. *Heat flux* yang dikeluarkan *solar simulator* dianggap konstan.
5. Penelitian hanya difokuskan pada tangki PATS-PCM selama proses *charging*.
6. Pengambilan data dilakukan dengan menganggap aliran HTF telah tunak.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh evolusi temperatur HTF dan PCM di dalam tangki PATS dengan variasi debit aliran.
2. Mendapatkan hasil analisis pengaruh debit aliran air terhadap proses pemanasan HTF dan PCM.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini dapat memberikan manfaat di antaranya:

1. Menambah pengetahuan dan wawasan khususnya mengenai PATS – PCM untuk bidang Pendidikan maupun masyarakat luas.
2. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi acuan bagi peneliti selanjutnya untuk pengembangan produk PATS-PCM yang lebih inovatif dan efisien.
3. Penelitian ini dapat membantu dunia industri dalam pengembangan sistem PATS.