

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi fosil seperti batu bara, gas, dan minyak masih menjadi pilihan utama untuk memenuhi permintaan energi nasional. Penggunaan energi fosil selama ini ternyata memiliki masalah terhadap lingkungan seperti : pemanasan global, hujan asam, dan dampak-dampak turunan yang lain seperti perubahan iklim dan kerusakan ekosistem. Oleh sebab itu, penggunaan energi fosil yang merupakan sumber energi tak terbarukan harus ditekan sehemat mungkin, sedangkan sumber energi terbarukan dimanfaatkan sesuai dengan kapasitasnya (Harjanto, 2008).

Salah satu upaya untuk menekan konsumsi energi fosil adalah dengan meningkatkan penggunaan energi terbarukan. Energi terbarukan yang memiliki potensi terbesar adalah energi matahari. Indonesia termasuk negara yang memiliki penyinaran matahari yang cukup lama mengingat keberadaannya di daerah katulistiwa. Besar energi rata-rata matahari yang diemisikan ke bumi sebesar $3,8 \times 10^{23}$ kW dan besar energi yang diterima bumi sebesar $1,8 \times 10^{14}$ kW, sedangkan sisanya dipantulkan kembali ke angkasa dan diserap oleh atmosfer (Thirugnanasambandam dkk, 2010). Energi matahari dapat dimanfaatkan baik dari sisi listrik maupun termal. Alat yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik kita kenal dengan sel surya. Sel surya sudah banyak diaplikasikan antara lain untuk penerangan jalan dan pompa air. Pemanfaatan energi matahari selain sel surya adalah *Solar Water Heater* (pemanas air tenaga surya, PATS). PATS merupakan sebuah teknologi yang mengubah radiasi matahari menjadi termal (Jamar dkk, 2016).

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, 2016). Di lain pihak, kebutuhan akan air panas pada skala domestik terjadi setiap pagi dan malam hari tanpa mengenal kondisi cuaca. Dengan demikian terjadi ketidaksesuaian antara kebutuhan air panas dan ketersediaan sumber energi terhadap waktu. Oleh karena itu, sistem pemanas air perlu dilengkapi dengan penyimpanan energi termal (*thermal energy storage*, TES) untuk menyimpan energi panas dan untuk mengatasi ketidaksesuaian tersebut.

Penggunaan penyimpanan kalor sensibel (*sensible heat storage*, SHS) pada pemanasan air konvensional sudah cukup luas digunakan pada sistem PATS. Keuntungan yang didapatkan dari penggunaan air yang merupakan salah satu jenis SHS adalah memiliki konduktivitas termal yang baik dan harganya murah. Menurut Hasan (1994), kelemahan air sebagai media penyimpanan adalah bobot dari tangki penyimpanan cenderung lebih berat karena volume yang diperlukan besar. Penyebabnya adalah densitas energi air rendah (Nadjib dan Suhanan, 2014). Selain itu, densitas energi yang rendah dapat mengakibatkan sulit mentransfer panas ke sistem penyimpanan ketika hampir habis jika media penyimpanan tidak terstratifikasi dengan baik.

Kelemahan SHS sebagai TES pada PATS dapat diminimalkan dengan penggunaan penyimpan kalor laten (*latent heat storage*, LHS). Penggunaan LHS dengan *phase change material* (PCM) memiliki keuntungan yaitu penyimpanan kalor tiap unit volume lebih besar jika dibandingkan dengan SHS serta pelepasan kalor terjadi pada temperatur konstan (Watanabe dan Kanzawa, 1995). Akan tetapi, penggunaan LHS memiliki beberapa kelemahan yaitu konduktivitas termal dari PCM rendah akibatnya proses pengambilan dan pelepasan kalornya rendah (Watanabe dan Kanzawa, 1995). PCM dengan temperatur operasional antara 15 – 90°C cocok diaplikasikan pada sistem PATS (Farid dkk, 2004). Salah satu material yang dapat digunakan sebagai PCM pada PATS adalah *paraffin wax* (Nallusamy dkk, 2007). *Paraffin wax* memiliki beberapa karakteristik yang cocok jika digunakan pada PATS antara lain: densitas energi cukup tinggi (~200 kJ/kg)(Farid dkk, 2004), sifat kimia stabil hingga 1500 siklus termal (Sharma dkk, 2002).

Konduktivitas termal yang rendah dari PCM dapat diperbaiki dengan meningkatkan stratifikasi termal di dalam TES. Stratifikasi termal merupakan cairal lapisan horisontal yang terdiri dari beberapa temperatur dimana temperatur hangat letaknya diatas temperatur dingin. Hollands dan Lightstone (1989) telah membuktikan bahwa stratifikasi termal mampu menghasilkan air panas 38 % lebih banyak daripada tangki tercampur. Parameter penggunaan debit aliran HTF merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan stratifikasi termal.

Instalasi PATS pada umumnya diletakkan di luar ruangan (*outdoor*) dengan bersumber energi matahari. Metode ini memiliki kelemahan dalam menyelidiki pengaruh variasi besarnya energi *input* dikarenakan suplai energi dari matahari bersifat fluktuatif sehingga menghasilkan perilaku termal HTF dan PCM pada PATS yang berfluktuatif yang menjadikan kesulitan dalam mengevaluasi perilaku termal yang berhubungan dengan beberapa parameter. Di lain pihak, penelitian pemakaian PCM pada PATS kebanyakan dilakukan untuk sistem

aktif dengan tangki vertikal. Penelitian PATS-PCM sistem aktif dengan tangki horisontal menggunakan jumlah kapsul 24 buah, *paraffin wax* RT55 belum pernah dilakukan penyelidikan tentang pengaruh debit aliran terhadap stratifikasi termal HTF di dalam tangki.

Berdasarkan kekurangan penelitian yang telah dilakukan tersebut maka perlu metode baru agar diperoleh informasi tentang pengaruh debit aliran HTF terhadap stratifikasi termal di dalam tangki TES. Hipotesis penelitian adalah semakin besar debit aliran HTF maka tingkat stratifikasi termal di dalam tangki TES semakin berkurang. Penelitian ini penting dilakukan untuk membuktikan hipotesis dan membantu pengembangan teknologi PATS berbasis PCM.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian tentang PATS telah dilakukan oleh para peneliti dengan menggunakan PCM sebagai media penyimpanan panas. Akan tetapi, penelitian tersebut kebanyakan masih menggunakan metode *outdoor*. Kelemahan dari metode ini yaitu intensitas radiasi matahari bersifat fluktuatif sehingga sulit untuk mengamati pengaruh parameter debit aliran HTF terhadap perilaku termal PATS. Di sisi lain, penelitian tentang stratifikasi termal pada sistem PATS-PCM dengan tangki horisontal variasi debit aliran air belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian terkait dengan pengaruh debit aliran terhadap stratifikasi termal perlu dilakukan.

1.3. Asumsi dan Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan asumsi dan batasan masalah sebagai berikut.

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

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan karakteristik distribusi temperatur HTF di dalam tangki secara visual.
2. Memperoleh karakteristik stratifikasi termal HTF di dalam tangki menggunakan bilangan Richardson.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

- a. Memberikan wawasan untuk dunia pendidikan tentang penggunaan LHS pada PATS.
- b. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi *database* tentang teknologi PATS jenis aktif.
- c. Penelitian ini dapat membantu kalangan industri dalam rangka pengembangan sistem PATS.