

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sumber energi terbesar yang dikonsumsi manusia bersumber dari bahan bakar fosil. Menurut BP Statistical Review of World Energy (2020), pada tahun 2019 sebanyak 84,3% pemakaian energi dunia bersumber dari bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil merupakan jenis sumber daya alam tidak dapat diperbaharui karena proses pembentukannya membutuhkan waktu hingga jutaan tahun lamanya (Islam, 2015). Produksi dan konsumsi bahan bakar fosil menimbulkan berbagai masalah seperti polusi udara, hujan asam, pemanasan global, dan gangguan pernapasan. Oleh karena itu, perlu dilakukan konservasi dan diversifikasi energi, terutama berbasis energi baru dan terbarukan (EBT) sebagai sumber energi alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

Pemerintah Indonesia berupaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dengan meningkatkan peran EBT pada tahun 2025 sebesar 23% dan menjadi 31% pada tahun 2050. Indonesia memiliki potensi EBT yang sangat besar, namun pemanfaatannya hanya berkisar 14% atau sebesar 8,8 GW dari total potensi 442 GW (KESDM, 2019). EBT dengan nilai potensi terbesar adalah energi surya. Indonesia memiliki potensi energi surya sebesar 4,8 kWh/m² atau sekitar 112.999 GWp (KESDM, 2017). Potensi energi surya yang besar ini menjadi tantangan bagi pemerintah untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi alternatif.

Pemanfaatan energi surya menjadi energi termal dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pemanfaatan langsung meliputi pemanas udara, pemanas air, dan pengering (Karman dkk, 2015). Sedangkan secara tidak langsung dilakukan dengan cara mentransfer energi surya ke media lain. Salah satu alat yang memanfaatkan energi surya secara tidak langsung adalah pemanas air tenaga surya (PATS). PATS merupakan alat yang digunakan untuk meningkatkan temperatur air dengan memanfaatkan energi panas dari radiasi matahari (Jamar dkk, 2016). Umumnya PATS terdiri dari kolektor surya, tangki penyimpanan energi termal (*thermal energy storage*, TES), dan pipa-pipa penghubung (Mondol dkk, 2011). Berdasarkan sirkulasi cairan perpindahan panas (*heat transfer fluid*, HTF), PATS diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu sistem pasif dan sistem aktif (Dwivedi, 2009). Sistem pasif menggunakan konveksi alami antara kolektor surya dan tangki TES untuk mengalirkan HTF. Sebaliknya, sistem aktif menggunakan bantuan pompa listrik, katup, dan

pengontrol untuk dapat mengalirkan HTF (Parmar, 2017). PATS umumnya menggunakan air sebagai penyimpanan kalor sensibel (*sensible heat storage*, SHS). Air banyak digunakan karena murah dan memiliki sifat perpindahan kalor yang baik (Hasan, 1994). Namun, karena densitas energinya yang rendah, sistem ini membutuhkan volume penyimpanan yang besar sehingga instalasi sistem menjadi berat (Buddhi dkk, 1988).

Untuk mengatasi kelemahan SHS maka digunakanlah penyimpan kalor laten (*latent heat storage*, LHS). LHS dapat menyimpan lebih banyak kalor untuk setiap satuan volume sehingga instalasi sistem menjadi lebih ringan (Munusamy dkk, 2018). Menurut Canbazoglu dkk (2005) dalam pengoperasiannya, LHS memiliki keunggulan yaitu fluktuasi temperatur yang kecil, dimensi yang kecil, dan setiap unit kapasitas penyimpanan memiliki berat yang lebih rendah. Perubahan fase LHS terjadi pada temperatur konstan (Mehling dan Cabeza, 2008). Namun, LHS memiliki kelemahan yaitu konduktivitas termal yang rendah (Mesalhy dkk, 2005).

Berbagai jenis PCM seperti *paraffins*, *fatty acids*, dan *inorganic salt hydrates* telah dikembangkan untuk berbagai aplikasi. PCM dengan temperatur operasional 0-120 °C diklasifikasikan sebagai sistem temperatur-rendah (*low-temperature system*) (Abhat, 1983). *Paraffin wax* memiliki karakteristik densitas energi cukup tinggi (~ 200 kJ/kg), stabilitas termal dan kimia yang baik (Sobolciak dkk, 2016), tidak berbahaya dan tidak reaktif (Sharma dan Sagara, 2005). Mengingat PATS beroperasi pada temperatur kisaran 15-90 °C maka PATS merupakan aplikasi sistem temperatur-rendah dan *paraffin wax* menjadi pilihan yang cocok untuk diaplikasikan pada PATS karena karakteristik yang dimilikinya (Farid dkk, 2004).

Peneliti sebelumnya telah menyelidiki penggunaan PCM pada PATS. PATS dikombinasikan dengan PCM untuk meningkatkan efektivitas TES radiasi matahari (Canbazoglu dkk, 2005). Mazman dkk (2009) melakukan percobaan pada sistem PATS dengan menambahkan PCM pada bagian atas tangki TES. Pengemasan *paraffin wax* dalam wadah yang ditempatkan pada tangki TES PATS konvensional (Al-Hinti dkk, 2010). Penyusunan tangki TES secara horizontal dengan kapsul silinder berisi PCM di dalamnya (Nadjib, 2016). Nadjib dkk (2018) meneliti tangki PATS tipe *thermosyphon* untuk mendapatkan karakteristik selama proses *discharging* secara bertahap. Kinerja termal *paraffin wax* pada kondisi *charging* dan *discharging* secara bersamaan (Nie dkk, 2019). Nadjib dkk (2020) melakukan penyelidikan eksperimental perilaku termal PATS aktif yang melibatkan PCM menggunakan *solar simulator*.

Penelitian-penelitian terdahulu belum ada yang secara khusus membahas pengaruh debit aliran HTF terhadap kapasitas pengumpulan energi termal di dalam tangki horizontal PATS-PCM sistem aktif. Di samping itu, penelitian terdahulu dilakukan dengan metode *outdoor*, metode ini memiliki kesulitan dalam mengevaluasi perubahan parameter debit aliran HTF terhadap kapasitas pengumpulan energi termal di bawah kondisi *heat flux* konstan. Fenomena ini terjadi karena intensitas radiasi matahari berfluktuasi sepanjang hari, sehingga perilaku termal sistem PATS-PCM berubah setiap saat. Penelitian ini melanjutkan penelitian yang dilakukan oleh Nadjib (2020). Namun terdapat perbedaan pada jenis PCM yaitu RT55, jumlah kapsul 24 dan menggunakan pompa untuk menyirkulasikan fluida kerja dengan daya 125 W.

1.2. Rumusan Masalah

Penggunaan air sebagai material SHS memiliki kekurangan yaitu densitas energinya yang rendah. Penelitian terdahulu dilakukan secara *outdoor*, yang memiliki kelemahan yaitu tidak dapat mengevaluasi pengaruh suatu parameter dengan variasi tertentu akibat radiasi matahari yang fluktuatif. Selain itu, belum ada penelitian terdahulu yang membahas kapasitas pengumpulan energi termal di dalam tangki horizontal PATS-PCM sistem aktif dengan variasi debit aliran HTF. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengetahui pengaruh debit aliran HTF terhadap kapasitas pengumpulan energi termal di dalam tangki PATS-PCM sistem aktif selama proses *charging*.

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. Penelitian ini hanya fokus pada pengaruh debit aliran HTF terhadap kapasitas pengumpulan energi termal di dalam tangki PATS-PCM sistem aktif selama proses *charging*.
3. Setiap area solar kolektor memperoleh *heat flux* yang sama besar.
4. Energi termal yang keluar menuju lingkungan atau *heat loss* tidak diperhitungkan.
5. *Heat flux* yang dikeluarkan *solar simulator* dianggap konstan.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Memperoleh karakteristik kapasitas penyimpanan energi termal dalam tangki.
2. Mendapatkan karakteristik pengaruh perubahan debit aliran HTF terhadap kapasitas penyimpanan energi termal di dalam tangki.

1.5. Manfaat Penelitian

Semoga dengan dilakukannya penelitian ini dapat memberikan manfaat di antaranya:

1. Menambah wawasan dan pengetahuan khususnya mengenai PATS-PCM bagi dunia pendidikan maupun masyarakat luas.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai acuan bagi penelitian selanjutnya untuk pengembangan produk PATS-PCM yang lebih inovatif dan efisien.
3. Menggairahkan pelaku usaha EBT untuk mendorong industrinya dalam pengembangan PATS-PCM.