

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bahan bakar fosil seperti batu bara, gas, dan minyak masih menjadi sumber energi terpenting untuk memenuhi kebutuhan energi nasional. Penggunaan bahan bakar fosil terbukti menimbulkan permasalahan lingkungan seperti pemanasan global, hujan asam dan dampak lain seperti perubahan iklim dan kerusakan ekosistem. Penggunaan sumber energi tak terbarukan harus dikurangi secara ekonomis untuk mengurangi permasalahan lingkungan. (Harjanto, 2008). Indonesia juga sangat memperhatikan perkembangan penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT). Terbukti pada Peraturan Presiden No. 22 tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) memiliki target penggunaan EBT pada tahun 2025 dan 2050 masing masing sebesar 23% dan 31% dari total kebutuhan energi nasional (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 Tahun 2014 Tentang kebijakan Energi Nasional, 2014).

Matahari merupakan sumber energi yang dapat diperbarui berlanjutan hingga akhir zaman. Potensi energi matahari di Indonesia sangat besar karena berada di garis khatulistiwa pada bidang horizontal yakni sebesar 4,8-6,0 kWh/m² setiap hari (Yani, 2016). Alat yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber tenaga adalah *solar water heater* atau pemanas air tenaga surya (PATS). PATS dimanfaatkan masyarakat untuk keperluan rumah tangga dan industri (Jamar dkk., 2016). Pemanasan air tenaga surya merupakan suatu alat proses perpindahan kalor untuk menghasilkan air panas dengan menggunakan sinar matahari sampai mencapai suhu yang diinginkan (Aryadinata dkk., 2017). PATS dibedakan menjadi dua jenis sistem yaitu PATS sistem pasif dan PATS air sistem aktif. Sistem pasif hanya mengandalkan panas matahari dan tidak menggunakan listrik. Sedangkan sistem aktif menggunakan pompa dan sistem pengatur tenaga listrik serta dilengkapi dengan sistem cadangan darurat (Rakasiwi dkk., 2018).

Karakteristik ketersediaan sumber energi PATS adalah tergantung oleh waktu dan kondisi cuaca. Di lain pihak, puncak kebutuhan air panas di rumah

tangga terjadi pada sore dan malam hari dimana saat itu radiasi matahari tidak tersedia. Dengan demikian, antara ketersediaan sumber energi dan kebutuhan air panas tidak ada kesesuaian waktu. Oleh sebab itu, *thermal energy storage* (TES) diperlukan untuk mengatasi ketidaksesuaian tersebut (Chidambaram dkk., 2011). TES dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok penyimpanan energi panas: *sensible heat storage* (SHS), *latent heat storage* (LHS), dan *thermochemical energy storage* (TCES) (Lefebvre & Tezel, 2017).

Sensible heat storage (SHS) pada PATS jenis konvensional umumnya berupa air yang memiliki sifat sebagai *heat transfer fluid* (HTF) (Şen, 2008). Sistem SHS memiliki kelemahan sebagai berikut: (i). Kapasitas penyimpanan panas rendah per satuan volume media penyimpanan dan (ii) Perilaku non-isotermal selama proses penyimpanan panas (*charging*) dan pelepasan panas (*discharging*). Sistem LHS sangat menarik karena kemampuannya untuk memberikan kerapatan penyimpanan energi tinggi dan karakteristiknya untuk menyimpan panas pada suhu konstan yang sesuai dengan suhu transisi fasa dari bahan penyimpan panas (Padmaraju dkk., 2008). *phase change material* (PCM) adalah salah satu bahan penyimpan energi panas yang bekerja dengan mengubah fasa saat menyerap atau melepaskan energi. *Paraffin Wax* merupakan jenis PCM yang dipilih untuk diaplikasikan pada PATS sebagai bahan penyimpan energi panas. *Paraffin Wax* memiliki sejumlah sifat yang membuatnya cocok untuk digunakan dalam PATS, antara lain: Kepadatan energi yang cukup tinggi (~200 kJ/kg)(Farid dkk., 2004) sifat kimia stabil hingga 1500 siklus termal (Sharma dkk., 2002).

Penggunaan modul PCM pada pemanas air tenaga surya (PATS) untuk pemanas air domestik menghasilkan air panas dengan jangka umur yang lebih panjang (Nadjib dkk., 2022). Penyimpanan energi termal dengan kalor laten yang menggunakan PCM sangat menarik karena mempunyai keuntungan yaitu penyimpanan kalornya tiap unit volume lebih besar daripada SHS dan pelepasan kalornya terjadi pada temperatur yang konstan (Watanabe & Kanzawa, 1995).

Peneliti-peneliti terdahulu telah melakukan penelitian tentang penggunaan PCM pada sistem PATS tipe aktif. Nadjib dkk., (2020) melakukan studi eksperimental tentang perilaku termal pada PATS sistem aktif dengan metode

penelitian secara indoor. Penggunaan modul PCM pada pemanas air domestik menghasilkan air panas dengan masa pakai lebih lama (Cabeza dkk., 2006). Studi eksperimental penyimpanan energi kalor pada PATS menggunakan PCM (Kanimozhi & Bapu, 2012). Alat penyimpan energi panas menggunakan *paraffin wax* sebagai phase change material (PCM) pada system pemanas air surya (Ika Yuliyani dkk., 2020). Analisis pemanfaatan *paraffin* di *thermal energy storage* pada *solar water heater* (Prianto dkk., 2021). Bahan perubahan fase untuk penyimpanan energi kalor (Pielichowska & Pielichowski, 2014). Peningkatan kinerja dalam system pemanas air tenaga surya (Sadhishkumar & Balusamy, 2014).

Penelitian terdahulu belum pernah meneliti secara khusus tentang proses pemanasan media penyimpanan kalor pada tangki pemanas air tenaga surya tipe aktif berisi *paraffin wax* dengan variasi debit air dan *heat flux*. Penelitian PATS yang menggunakan material PCM kebanyakan dilakukan dengan menggunakan sistem outdoor dengan tangki vertikal. Penelitian PATS-PCM sistem aktif ini melanjutkan penelitian terdahulu dengan menggunakan tangki horizontal dan susunan kapsul sebanyak 29 buah dengan variasi debit 2, 3, dan 4 LPM serta variasi *heat flux* 800 W/m², 1000 W/m² dan 1200 W/m². Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh debit air dan *heat flux* terhadap perilaku termal di dalam tangki PATS. Penelitian ini melanjutkan penelitian terdahulu yang menggunakan tangki TES horizontal dengan sistem PATS aktif dan jumlah kapsul 29 buah dengan variasi debit air dan *heat flux*. Selain itu, penelitian ini sangat diperlukan untuk pengembangan PATS berbasis PCM di masa depan.

1.2. Rumusan Masalah

Penggunaan air sebagai media penyimpan *sensibel heat storage* (SHS) dalam bentuk air mempunyai beberapa kelemahan, terutama kepadatan energinya yang rendah. Teknologi penyimpanan termal di PATS dapat dikembangkan dengan menggunakan bahan pengubah fasa (PCM) dengan kepadatan energi tinggi. Sampai saat ini belum pernah dilakukan penelitian mengenai pemanasan *heat transfer fluid* (HTF) dan PCM pada tangki PATS tipe aktif berisi parafin dengan aliran air dan aliran panas yang bervariasi sebanyak 29 buah. Oleh karena itu, penelitian ini perlu

dilakukan untuk mengetahui pengaruh debit air dan *heat flux* terhadap pemanasan HTF dan PCM menggunakan *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 data evolusi temperatur HTF dan PCM di dalam tangki PATS dengan variasi debit air dan *heat flux*
2. Mendapatkan hasil analisis pengaruh debit air dan *heat flux* 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.