

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi memiliki peran penting dalam menunjang segala kegiatan manusia. Kebutuhan energi sendiri semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Energi fosil saat ini masih menjadi sumber utama untuk memenuhi kebutuhan energi manusia, tetapi penggunaan energi fosil yang terus menerus dapat menyebabkan kelangkaan energi fosil dan harganya sendiri menjadi mahal. Terhitung sejak tahun 2002 cadangan energi fosil di seluruh dunia yaitu 40 tahun untuk minyak bumi, 60 tahun untuk gas alam, 200 tahun untuk batu bara (Widayana, 2012). Solusi untuk mengurangi penggunaan energi fosil yang semakin menipis yaitu dengan menggunakan energi terbarukan.

Energi surya merupakan sumber energi terbarukan terbesar di alam semesta yang tidak pernah habis sepanjang ada kehidupan manusia. Indonesia sendiri memiliki potensi penyinaran energi surya yang cukup besar mengingat Indonesia merupakan wilayah tropis. Rata-rata penyinaran matahari di Indonesia adalah sekitar 4,8 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% (Widayana, 2012). Energi surya memiliki banyak kelebihan seperti tidak menghasilkan emisi gas buang yang dapat menyebabkan polusi seperti bahan bakar fosil serta tersedia secara melimpah di alam, namun terdapat juga kelemahan dari energi surya yaitu energi yang dipancarkan tidak stabil dan hanya dapat dimanfaatkan pada siang hari. Menurut Widayana (2012) terdapat dua macam teknologi untuk memanfaatkan energi surya, yaitu teknologi energi surya fotovoltaik dan teknologi energi surya termal. Energi surya fotovoltaik biasa digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik domestik dan industri, sedangkan teknologi energi surya termal umumnya digunakan untuk mengeringkan hasil pertanian dan memanaskan air.

Alat yang memanfaatkan energi surya untuk menghasilkan air panas adalah pemanas air tenaga surya (PATS). PATS umumnya terdiri dari plat kolektor untuk menyerap radiasi dari energi surya, tangki penyimpanan, jaringan pipa yang saling terhubung, dan air yang bersirkulasi di dalam sistem sebagai pemindah panas (*Heat Transfer Fluid*, HTF). Menurut Sadhishkumar dan Balusamy (2014), cara kerja PATS terbagi menjadi dua yaitu sistem aktif dan pasif. Sistem pasif mentransfer panas melalui sirkulasi alami yang terjadi akibat daya apung karena perbedaan temperatur, sedangkan sistem aktif memiliki pompa, katup, dan pengontrol listrik untuk mengalirkan air atau HTF.

Radiasi yang dihasilkan energi surya sangatlah besar, namun hanya terjadi pada siang hari, saat malam energi surya tidak tersedia sama sekali. Nadjib (2016) mengemukakan waktu dan kondisi cuaca menjadi faktor penentu ketersediaan sumber energi untuk PATS, sedangkan malam hari menjadi ‘puncak kebutuhan terhadap air panas dimana matahari sedang tidak memancarkan radiasinya untuk memanaskan air. Oleh karena itu, sebuah penyimpanan energi termal (*Thermal Energy Storage*, TES) diperlukan pada sistem PATS untuk menyimpan dan menyediakan air panas pada malam hari.

Air sebagai penyimpan panas sensibel (*sensible heat storage*, SHS) umum digunakan pada sistem pemanas air karena tersedia dalam jumlah banyak, murah dan memiliki panas spesifik yang tinggi, namun demikian air memiliki kelemahan yaitu kepadatan penyimpanan energinya rendah sehingga membutuhkan volume yang besar (Zaini dkk, 2014). Penggunaan penyimpanan panas laten (*latent heat storage*, LHS) pada material perubah fasa (*phase change material*, PCM) dapat meminimalisir kelemahan SHS karena kepadatan penyimpanan energinya yang tinggi dengan perubahan temperatur yang lebih kecil (Jesumathy dkk, 2012), serta menjadi pilihan untuk menyimpan energi panas secara efektif (Bose dan Amirtham, 2016).

Paraffin wax umum digunakan sebagai PCM untuk menyimpan panas pada temperatur medium dan cocok diaplikasikan pada PATS mengingat PATS sendiri beroperasi pada temperatur kisaran 30 - 99°C. *Paraffin wax* memiliki nilai panas laten yang cukup bagus (60-269kJ/kg dan $\sim 150\text{mJ/m}^3$) dan tekanan uap yang rendah (Khan 2016), aman, murah, tidak bersifat korosif dan reaktif, serta sifat termal dan kimianya stabil di bawah temperatur 500°C (Sharma dkk, 2009).

Peneliti terdahulu telah melakukan penelitian tentang penggunaan PCM pada sistem PATS. Mazman dkk (2009) melakukan studi eksperimental PATS domestik dengan menambahkan PCM pada tangki penyimpanan berkapasitas 150 Liter. Eksperimental kinerja PCM pada PATS konvensional dengan tangki berkapasitas 107,4 liter (Al-Hinti dkk, 2010). Eksperimen terhadap PCM yang dibungkus dalam kapsul bulat kemudian diletakkan pada tangki PATS konvensional, pengujian dilakukan pada proses *charging* dan *discharging* (Fazilati dan Alemrajabi, 2013). Penelitian perilaku termal dengan menggunakan PCM dalam kapsul silinder yang diletakkan pada tangki PATS posisi horisontal saat proses *charging* (Nadjib, 2016). Penelitian tentang pencahayaan *solar simulator* terhadap kolektor surya (Sabahi dkk, 2016). Eksperimen perbandingan 2 unit PATS *thermosyphon* menggunakan *paraffin wax* pada kolektor surya dan tanpa *paraffin wax* yang dilakukan *outdoor* (Tailor

dkk, 2017). Nadjib dkk (2018) melakukan ekperimental untuk mengungkap karakteristik tangki PATS sistem *thermosyphon* yang melibatkan PCM pada saat proses *discharging*. Marausna dan Waluyo (2019) melakukan studi tentang pelelehan PCM di dalam tabung penyimpanan panas pada PATS sistem aktif dengan variasi debit aliran HTF. Nadjib dkk (2020) telah melakukan studi eksperimental tentang perilaku termal pada PATS sistem aktif dengan metode penelitian secara *indoor*.

Tangki TES merupakan salah satu komponen penting pada sistem PATS, karena proses penyimpanan kalor satu-satunya dari HTF yang berasal dari kolektor dikumpulkan oleh tangki. Studi eksperimental dan penelitian yang dilakukan peneliti terdahulu terkait PATS-PCM sistem aktif umumnya dilakukan dengan metode *outdoor*, selain itu penelitian tentang pengaruh debit aliran terhadap efisiensi pengumpulan akumulatif di dalam tangki PATS-PCM sistem aktif yang menggunakan kapsul sebanyak 24 buah dan *paraffin wax* RT55 belum pernah dilakukan.

Hipotesis penelitian ini adalah semakin besar HTF maka efisiensi pengumpulan akumulatif di dalam tangki semakin tinggi. Penelitian ini penting dilakukan untuk menambah khazanah pengembangan PATS sistem aktif berisi PCM dan untuk menjawab hipotesis tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian tentang PATS-PCM secara *outdoor* memiliki kelemahan yaitu pengaruh besarnya energi input tidak dapat diketahui sehingga sulit mengevaluasi pengaruh suatu parameter terhadap perilaku termal PATS. Disamping itu, penelitian tentang pengaruh debit aliran HTF terhadap karakteristik efisiensi pengumpulan akumulatif di dalam tangki PATS-PCM belum terungkap. Oleh karena itu, penelitian PATS-PCM sistem aktif dengan variasi debit aliran HTF terhadap efisiensi pengumpulan akumulatif di dalam tangki PATS perlu dilakukan.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian kali ini adalah:

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. Energi termal yang hilang ke lingkungan tidak diperhitungkan.

5. Seluruh area permukaan kolektor dianggap mendapatkan *heat flux* yang sama.
6. Laju aliran massa dianggap konstan.
7. Sudut kemiringan *solar simulator* dianggap sejajar dengan kolektor surya.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Memperoleh karakteristik efisiensi pengumpulan akumulatif di dalam tangki PATS yang berisi PCM.
2. Mendapatkan karakteristik pengaruh perubahan debit aliran HTF terhadap efisiensi pengumpulan akumulatif di dalam tangki.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini antara lain:

1. Menambah khazanah ilmu pengetahuan tentang PATS-PCM sistem aktif .
2. Mendapatkan database dibidang PATS-PCM sistem aktif yang dapat digunakan untuk melakukan penelitian selanjutnya dalam pengembangan teknologi PATS-PCM sistem aktif yang melibatkan *solar simulator*.
3. Memberikan wawasan baru terhadap pemanfaatan energi terbarukan khususnya energi surya.