

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Energi mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup khususnya bagi manusia. Kebutuhan energi tersebut semakin meningkat seiring berkembangnya zaman dan bertambahnya jumlah manusia. Sampai saat ini, dukungan utama untuk permintaan energi masih dominan pada minyak, ketersediaan minyak akan semakin sulit didapat dengan adanya kondisi tersebut, oleh karena itu perlunya pergeseran dari penggunaan sumber energi tak terbarukan ke sumber energi terbarukan. Biomassa, panas bumi, tenaga surya, dan tenaga angin adalah sumber daya energi yang memiliki potensi besar namun belum banyak dimanfaatkan hingga saat ini. Di Indonesia, potensi energi terbarukan sangat luas dan dapat dieksplorasi lebih lanjut (Widayana, 2012).

Energi matahari adalah salah satu sumber energi terbarukan. Matahari sebagai aset alam yang melimpah, dengan intensitas sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun. Pemanfaatan energi matahari telah menjadi fokus utama dalam upaya mencapai keberlanjutan energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Penggunaan potensi energi matahari hanya dapat dilakukan pada waktu tertentu saja dimana energi ini hanya dapat digunakan pada saat matahari bersinar terang. Salah satu perangkat yang menggunakan matahari sebagai sumber energinya dan dapat digunakan untuk menghasilkan air panas adalah pemanas air tenaga surya (PATS). PATS biasanya menggabungkan beberapa bagian seperti kolektor, tangki penyimpanan, saluran penghubung, dan air yang bersirkulasi dalam sistem sebagai *heat transfer fluid* (HTF).

Menurut Sadhishkumar dkk. (2012), sistem PATS memiliki dua jenis utama, yaitu sistem pasif (*termosifon*) dan sistem aktif (paksa), yang membedakan dalam cara pengoperasiannya. Sistem PATS pasif atau biasa dikenal sebagai sistem termosifon, bekerja tanpa menggunakan instrumen pengontrol sirkulasi aktif seperti pompa, untuk mengalirkan HTF, sedangkan sistem aktif melibatkan penggunaan pompa untuk mengalirkan HTF secara aktif melalui sistem. Sistem

aktif (paksa) lebih cocok untuk aplikasi skala besar, seperti hotel atau kompleks perumahan, di mana kebutuhan air panas lebih tinggi dan fleksibilitas operasional lebih penting. Matahari hanya bersinar terang pada siang hari dan kondisi cuaca yang cerah, kondisi tersebut merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan ketersediaan sumber energi untuk PATS, malam hari ketika radiasi matahari tidak tersedia adalah saat permintaan air panas memuncak. Oleh karena itu, diperlukan sistem *thermal energy storage* (TES) pada sistem PATS sebagai tempat penyimpanan dan penyedia air panas pada malam hari (Nadjib, 2016).

Zat yang digunakan sebagai *sensible heat storage* (SHS) adalah air. Air sering dipilih dalam sistem pemanas air karena ketersediaannya yang melimpah dan kemampuan panas spesifiknya yang tinggi. Namun, air memiliki kekurangan dalam hal kepadatan penyimpanan energi yang rendah dan kebutuhan volume yang besar. *Latent heat storage* (LHS) ditandai dengan kepadatan energi yang tinggi karena perubahan fasa yang terjadi ketika kalor diserap atau dilepaskan. Material LHS sering disebut dengan *phase change materials* (PCM) (Nadjib, 2016).

*Paraffin Wax* memiliki beberapa keunggulan sebagai PCM dalam sistem penyimpanan energi termal. *Paraffin wax* memiliki *entalpi* perubahan fasa yang tinggi, titik leleh yang sesuai, serta efektivitas biaya dan ketersediaan yang melimpah. Oleh karena itu, *paraffin wax* telah banyak dipelajari dan digunakan secara komersial sebagai PCM (Khan dkk., 2016).

Efisiensi pengumpulan energi termal kumulatif merupakan perbandingan antara jumlah energi termal yang berhasil disimpan di dalam tangki dengan total energi matahari yang diterima oleh kolektor selama periode waktu tertentu. (Esen & Esen, 2005). Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi termal meliputi intensitas radiasi matahari yang diterima (dinyatakan dalam Watt per meter persegi), luas permukaan kolektor surya, dan juga energi yang dapat dimanfaatkan (dinyatakan dalam Watt) (Burlian dkk., 2018).

Peneliti terdahulu telah melakukan banyak eksperimen terkait PATS seperti : penambahan variasi massa pada material penyimpanan energi termal di dalam tangki penyimpanan (Setiawan, 2015), menguji penyimpanan energi termal pada tangki

PATS yang berisi PCM (Nadjib dkk., 2015), menguji alat penyimpan energi termal yang menggunakan *paraffin wax* sebagai PCM pada sistem PATS (Yuliyani dkk., 2020), melakukan eksperimen terkait kapasitas tangki penyimpanan kalor dan efisiensi kolektor PATS (Fachrizal, 2005), menganalisis pemanfaatan *paraffin wax* di TES pada *solar water heater* (SWH) (Prianto dkk., 2021), menginvestigasi kinerja sistem penyimpanan energi termal dengan PCM untuk aplikasi PATS (Mahfuz dkk., 2014), menguji bahan perubahan fase untuk penyimpanan energi termal (Pielichowska dkk., 2014), menganalisis performa pemanas air dengan sumber energi matahari (Dharma, 2016), meninjau system pemanas air untuk aplikasi energi surya (Jamza dkk., 2016), melakukan peningkatan kinerja dalam sistem PATS (Sadhishkumar dkk., 2014).

Studi sebelumnya belum memfokuskan pada dampak kombinasi debit air (2, 3, dan 4 LPM) dan *heat flux* (800, 1000, dan 1200 W/m<sup>2</sup>) terhadap efisiensi pengumpulan energi termal kumulatif pada tangki PATS tipe aktif yang berisi *paraffin wax*. Efisiensi pengumpulan energi termal adalah perbandingan antara jumlah energi termal yang disimpan dalam tangki dengan jumlah total energi matahari yang masuk pada kolektor untuk periode waktu yang sama (Esen & Esen, 2005). Penelitian ini memiliki relevansi penting dalam menentukan apakah PCM berperan secara signifikan dalam meningkatkan efisiensi pengumpulan energi termal, apakah peningkatan debit air dan *heat flux* akan menghasilkan peningkatan efisiensi pengumpulan energi termal, serta memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi PATS baru yang menggunakan PCM sebagai basisnya.

## 1.2. Rumusan Masalah

Efisiensi pengumpulan energi termal merupakan faktor krusial dalam sistem PATS. Jumlah energi termal yang diterima oleh kolektor sangat berperan dalam menentukan jumlah energi termal yang tersimpan di dalam tangki. Disamping itu, penelitian tentang pengaruh variasi debit air dan variasi *heat flux* terhadap efisiensi pengumpulan energi termal kumulatif pada tangki PATS tipe aktif yang berisi *paraffin wax* belum terungkap. Oleh karena itu, penelitian ini 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 HTF telah tunak.
5. Laju aliran massa dianggap konstan.
6. Penelitian difokuskan pada proses *charging*.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk memperoleh perilaku evolusi temperatur HTF masuk dan keluar tangki dengan variasi debit air dan *heat flux*.
2. Untuk mendapatkan pengaruh perubahan debit air dan *heat flux* terhadap efisiensi pengumpulan energi kumulatif di dalam tangki.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

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