

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Energi fosil masih menjadi sumber energi terbesar yang dimanfaatkan manusia. Energi fosil merupakan jenis sumber daya alam tidak dapat diperbarui karena proses pembentukannya membutuhkan waktu hingga jutaan tahun lamanya (Islam, 2015). Penggunaan energi fosil ternyata menimbulkan masalah terhadap lingkungan seperti : polusi udara, pemanasan global, hujan asam, dan perubahan iklim. Oleh sebab itu, perlu dilakukan konservasi dan diversifikasi energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif untuk menekan penggunaan energi fosil.

Energi terbarukan yang memiliki potensi terbesar adalah energi matahari. Indonesia adalah negara tropis yang terletak di daerah katulistiwa sehingga memiliki penyinaran matahari yang cukup lama. 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 menjadi energi listrik dan energi termal. Salah satu pemanfaatan menjadi energi termal adalah pemanas air tenaga surya (PATS). Pemanas air tenaga surya merupakan alat yang digunakan untuk meningkatkan temperatur air dengan memanfaatkan energi panas dari radiasi matahari (Jamar dkk, 2016).

Pemanas air tenaga surya (PATS) pada umumnya terdiri dari kolektor matahari sebagai pengumpul energi matahari, tangki air sebagai penyimpanan air panas , dan pipa-pipa penghubung (Patel dkk, 2012). 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. Sistem aktif menggunakan bantuan pompa listrik, katup, dan pengontrol untuk mengalirkan HTF (Parmar, 2017).

PATS memiliki beberapa kelemahan dalam pemanfaatannya, yaitu ketika cuaca mendung proses pemanas air akan terganggu serta tidak dapat digunakan saat malam hari, sehingga akan sulit untuk mempertahankan energi panas yang diterima oleh PATS (Yuliyani dkk, 2016). Oleh sebab itu, sistem pemanas air perlu dilengkapi dengan penyimpanan energi termal (*thermal energy storage*, TES) untuk menyimpan energi termal.

Penyimpanan kalor sensibel (*sensible heat storage*, SHS) sudah cukup luas digunakan pada sistem PATS. Penggunaan air yang merupakan salah satu jenis SHS memiliki keuntungan yaitu memiliki konduktivitas termal yang baik dan harganya murah (Hasan, 1994). Namun, air memiliki kelemahan yaitu densitas energinya yang rendah sehingga sistem ini membutuhkan volume penyimpanan yang besar (Buddhi dkk, 1988).

Untuk mengatasi kelemahan SHS sebagai TES pada PATS dapat menggunakan penyimpanan 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). Namun, penggunaan LHS memiliki beberapa kelemahan yaitu konduktivitas pada PCM rendah (Watanabe dan Kanzawa, 1995). PCM dengan temperatur operasional antara 15-90°C cocok digunakan pada sistem PATS (Farid dkk, 2004). Salah satu material yang dapat digunakan sebagai PCM adalah *paraffin wax* (Nallusamy dkk, 2007). *Paraffin wax* memiliki karakteristik yang cocok digunakan pada PATS seperti: densitas energi yang cukup tinggi (~200 kJ/kg) (Farid dkk, 2004), sifat kimia stabil (Sharma dkk, 2002), tidak reaktif, dan tidak berbahaya (Sharma dan Sagara, 2005).

Peneliti sebelumnya telah menyelidiki penggunaan PCM pada sistem PATS metode *outdoor*. PATS dikombinasikan dengan PCM untuk meningkatkan efektivitas TES radiasi matahari (Canbazoglu dkk, 2005). Sistem TES menggunakan *paraffin wax* sebagai media penyimpanan panas dengan proses *charging* dan *discharging* (Kaygusuz dan Sari, 2005). PCM dimasukkan dalam botol aluminium dan diletakkan di dalam tangki TES vertikal (Cabeza dkk, 2006).

Kolektor matahari digunakan sebagai sumber kalor dan dilakukan secara *outdoor* (Uctug dan Azapagic, 2018). Nadjib dkk (2020) pernah melakukan penelitian PATS menggunakan metode *indoor* dengan *heat flux* 1000 W/m<sup>2</sup> dan debit air konstan sebesar 2 LPM.

Peneliti terdahulu kebanyakan melakukan penelitian menggunakan PCM pada PATS sistem aktif dengan tangki vertikal. Penelitian PATS-PCM sistem aktif dengan tangki horisontal menggunakan *paraffin wax* RT55 dan memakai variasi porositas tangki belum pernah dilakukan. Porositas tangki merupakan rasio perbandingan volume air pada tangki yang berisi kapsul PCM dengan volume air tangki tanpa kapsul PCM. Hipotesis penelitian ini adalah semakin besar porositas tangki maka semakin rendah kapasitas pengumpulan energi termal. Penelitian ini penting dilakukan untuk membuktikan hipotesis tersebut dan membantu pengembangan teknologi PATS berbasis PCM.

## 1.2. Rumusan Masalah

Penelitian terdahulu tentang PATS kebanyakan masih menggunakan metode *outdoor*. Metode ini memiliki kelemahan yaitu intensitas radiasi matahari bersifat fluktuatif sehingga sulit mengamati suatu pengaruh parameter terhadap perilaku termal PATS. Di sisi lain, penelitian terdahulu belum ada yang membahas kapasitas pengumpulan energi termal di dalam tangki horisontal PATS-PCM sistem aktif dengan variasi porositas tangki. Oleh karena itu, penelitian terkait dengan pengaruh porositas tangki terhadap kapasitas pengumpulan energi termal perlu dilakukan.

## 1.3. Asumsi dan Batasan Masalah

Asumsi dan batasan masalah dalam penelitian ini adalah.

1. *Paraffin wax* yang berada di kapsul PCM dianggap bersifat homogen.
2. *Heat flux* yang dihasilkan *solar simulator* dianggap konstan.
3. Laju aliran massa dianggap konstan
4. Sudut kemiringan *solar simulator* dianggap sejajar dengan kolektor surya
5. Penelitian ini hanya berfokus pada tangki PATS-PCM selama proses *charging*.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh kajian kontribusi kalor sensibel dan kalor laten penyimpanan energi termal di dalam tangki.
2. Untuk mendapatkan karakteristik pengaruh perubahan porositas tangki terhadap kapasitas penyimpanan energi termal di dalam tangki.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan wawasan dan pengetahuan untuk dunia pendidikan mengenai PATS-PCM.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai acuan bagi penelitian selanjutnya tentang teknologi PATS-PCM.
3. Membantu kalangan industri energi terbarukan dalam pengembangan sistem PATS-PCM.