

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Energi memiliki peranan yang penting bagi kehidupan manusia, terlebih di era serba modern saat ini. Penggunaan energi akan terus meningkat seiring dengan desakan kebutuhan ekonomi dan laju dari pertumbuhan penduduk. Upaya yang dapat dilakukan untuk memenuhi permintaan energi yang pesat diperlukan persediaan berbagai macam jenis energi. Mengingat sumber daya energi fosil terutama minyak bumi memiliki jumlah terbatas serta harga yang semakin meningkat, maka pemanfaatan energi di Indonesia harus dioptimalkan (Boedoyo, 2012). Oleh karena itu, untuk mengatasi lonjakan akan permintaan energi diperlukan pengoptimalan penggunaan energi dengan mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi. Salah satu langkah penting yaitu mengembangkan sumber daya energi alternatif baik itu energi baru, energi terbarukan ataupun energi fosil yang lain.

Sumber daya energi alternatif berupa energi terbarukan dapat memberikan pilihan yang lebih baik dibandingkan dengan energi fosil, salah satunya yaitu energi matahari. Indonesia dilewati oleh garis khatulistiwa serta merupakan negara yang memiliki iklim tropis. Oleh karena itu, Indonesia memiliki potensi disinari matahari dalam jangka waktu yang cukup lama. Indonesia sendiri memiliki radiasi matahari global sebesar 1700-1950 kWh/m<sup>2</sup>/tahun, hal itu senilai dengan 4,66-5,34 kWh/m<sup>2</sup>/hari (Assiddiq, 2018). Sumber energi matahari yang begitu besar membuatnya memegang peran penting sebagai sumber energi terbarukan. Apalagi energi matahari juga merupakan sumber daya yang bebas akan polusi dan tersedia di alam dalam jumlah yang melimpah.

Selama ini matahari dimanfaatkan sebagai sumber pengeringan konvensional dan juga sebagai sumber penerangan. Hasbi dkk (2018) menyatakan bahwa energi matahari dapat digunakan atau dimanfaatkan secara langsung ataupun tidak langsung. Sebagai contoh, untuk memanaskan airdapat memanfaatkan energi

matahari yang didukung oleh solar kolektor, serta juga dapat sebagai penyedia listrik dengan menggunakan teknologi sel fotovoltaik.

Pemanas air tenaga surya (PATS) merupakan suatu teknologi untuk memanaskan air menggunakan energi matahari yang telah banyak dikenal oleh masyarakat. Air merupakan media penting pada PATS karena digunakan sebagai media penyimpanan energi termal. Selain itu air juga mempunyai nilai konduktivitas termal yang cukup tinggi dan murah. Akan tetapi dibalik keuntungannya itu, air juga memiliki kekurangan berupa densitas energinya yang tergolong rendah (Atmodigdo dkk, 2013). PATS dapat dibedakan menjadi dua sistem yaitu sistem pasif dan sistem aktif (Dwivedi dan Tiwari, 2009). Perbedaannya terdapat pada cara untuk mengalirkan HTF dimana sistem pasif terjadi secara konveksi alami, sedangkan sistem aktif menggunakan bantuan pompa (Parmar, 2017).

Sistem PATS umumnya memakai air sebagai kalor sensible (*sensible heat storage*, SHS) karena memiliki sifat perpindahan kalor yang baik. Kelemahan SHS pada PATS dapat dikurangi menggunakan material penyimpanan kalor laten (*latent heat storage*, LHS). Jika dibandingkan dengan material (SHS), LHS mempunyai kemampuan menyimpan kalor tiap unit volum lebih besar daripada SHS dan pelepasan kalornya terjadi pada temperatur yang cenderung konstan (Watanabe dan Kanzawa, 1995). Watanabe dan Kanzawa (1995) juga menyatakan bahwa LHS juga memiliki kelemahan yaitu konduktivitas termal dari PCM yang tergolong rendah. Salah satu jenis material yang digunakan sebagai PCM adalah *paraffin wax* karena harganya yang cukup murah dan memiliki densitas energi yang terbilang tinggi (~200kJ/kg) serta konduktivitas termal yang rendah (~0,2 W/m.°C) (Farid dkk, 2004). Selain itu *paraffin wax* memiliki sifat kimia stabil hingga 1500 siklus termal (Sharma dkk, 2002). *Paraffin wax* dapat dijadikan pilihan untuk digunakan pada *thermal energy storage* (TES) (Nallusamy dkk, 2007).

Stratifikasi termal merupakan lapisan-lapisan air yang memiliki perbedaan temperatur yang dapat terjadi pada tangki PATS. Mempertahankan stratifikasi termal sangat penting dalam hal kolektor dan pasokan air panas (Alizadeh, 1999). Semakin banyak tangki penyimpanan mempromosikan dan mempertahankan

stratifikasi termal tingkat tinggi, maka efisiensi pengumpulan energi termal semakin meningkat (Abdelhak dkk, 2015). Penelitian dan analisis simulasi stratifikasi termal di tangki penyimpanan sudah dilakukan dengan hasil studi menunjukkan bahwa stratifikasi termal dapat meningkatkan kinerja dari penyimpanan secara efektif (Han dkk, 2009). Akibat gravitasi dan efek apung, air dengan temperatur yang berbeda memiliki perbedaan. Air bertemperatur tinggi memiliki densitas yang rendah dan bergerak ke atas, sedangkan air bertemperatur rendah cenderung ke bawah. Stratifikasi termal ini dapat memisahkan cairan hangat dan dingin (Han dkk, 2009).

Penelitian penggunaan PCM pada PATS sudah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. PCM dimasukkan dalam botol aluminium dan diletakkan di dalam tangki TES Vertikal (Cabeza dkk, 2006). Kousksou dkk (2010) melakukan percobaan dengan PCM dan tanpa PCM pada sistem PATS domestik di tangki. Studi eksperimental penyimpanan energi termal pada tangki pemanas air tenaga surya yang berisi PCM (Nadjib dkk, 2015). Chaabane dkk (2014) melakukan studi numerik kinerja termal pemanas air tenaga surya dengan penyimpanan kolektor terintegrasi yang menggunakan *phase change material*. (Chaicha dan Kazem, 2015) pernah melakukan penelitian tentang peningkatan produktivitas *water solar distiller* menggunakan pemanas air tenaga surya (PATS) konsentrat dan (PCM). Studi eksperimental PATS menggunakan *paraffin* sebagai PCM pernah dilakukan oleh (Liang dkk, 2017). Sistem TES menggunakan *paraffin wax* sebagai media penyimpanan panas dengan proses *charging* dan *discharging* (Kaygusuz dan Sari, 2005). PATS menggunakan metode di dalam ruangan (*indoor*) sudah dilakukan oleh Nadjib dkk (2020) dengan *heat flux*  $1000\text{W/m}^2$  dan debit air konstan sebesar 2 LPM. Uctug dan Azapagic (2018) pernah melakukan penelitian tentang kolektor matahari yang digunakan sebagai sumber kalor dan dilakukan secara *outdoor*.

Penelitian pemakaian PCM pada PATS cenderung menggunakan sistem aktif dengan tangki vertikal. Penelitian PATS-PCM tipe tumbuk sistem aktif memakai tangki horisontal yang menggunakan 21 buah kapsul, *paraffin wax* RT55 belum pernah dilakukan dalam hal pengaruh debit aliran terhadap stratifikasi termal HTF di dalam tangki. Hipotesis pada penelitian ini yaitu semakin besar debit aliran HTF

akan berbanding terbalik dengan tingkat stratifikasi termal pada tangki TES. Oleh karena itu untuk membuktikan hipotesis dan meneruskan pengembangan teknologi PATS berbasis PCM, penelitian ini sangat penting dilakukan.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Penelitian tentang penggunaan PCM pada PATS telah dilakukan oleh para peneliti terdahulu. Akan tetapi, kebanyakan penelitian menggunakan metode *outdoor*. Penelitian secara *outdoor* memiliki kesulitan untuk mengamati pengaruh parameter terhadap perilaku termal. Di sisi lain, penelitian tentang stratifikasi termal pada sistem PATS-PCM tipe tumbuk dengan tangki horisontal dan variasi debit aliran air belum pernah diungkap. Oleh karena itu, penelitian terkait dengan pengaruh debit aliran terhadap stratifikasi termal perlu dilakukan.

### **1.3. Asumsi dan Batasan Masalah**

Penelitian ini dilakukan dengan asumsi dan batasan masalah sebagai berikut.

1. Sifat fisis *paraffin wax* mengacu dari data pabrik pembuat.
2. Kapsul PCM berisikan *paraffin wax* dianggap memiliki sifat homogen.
3. *Heat flux* yang dihasilkan *solar simulator* dianggap konstan dan merata sepanjang luasan kolektor.
4. Pengambilan data dilakukan dengan menganggap aliran air telah tunak.
5. Laju aliran massa air dianggap konstan.
6. Penelitian hanya difokuskan pada tangki PATS-PCM selama proses *charging*.

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mendapatkan karakteristik distribusi temperatur HTF dan PCM di dalam tangki dengan variasi debit aliran.
2. Untuk memperoleh karakteristik stratifikasi termal HTF di dalam tangki secara visual dan menggunakan bilangan Richardson dengan variasi debit aliran.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

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