

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi sudah menjadi bagian dari kebutuhan manusia di seluruh belahan bumi, termasuk di Indonesia. Penggunaan energi di masyarakat sebagai penopang kehidupan manusia di berbagai sektor seperti ekonomi, kesehatan, pendidikan, pertanian, dan transportasi (Azirudin, 2019). Selama ini sumber energi utama yang digunakan di berbagai sektor kehidupan berasal dari minyak bumi yang termasuk dalam kategori energi tak terbarukan. Oleh karena itu, sangat penting untuk menemukan lebih banyak sumber energi alternatif yang dapat menjamin ketersediaan energi agar kelangsungan hidup manusia dapat terus berlangsung. Energi matahari merupakan salah satu energi alternatif yang sangat menjanjikan untuk dijadikan sumber energi alternatif (Lubna dkk., 2021).

Sumber energi terbarukan yang paling mendominasi dan mempengaruhi semua sumber energi terbarukan lainnya adalah energi surya. Energi surya menghasilkan fluks matahari yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi dunia. Indonesia menghasilkan energi surya dengan rata-rata 4,8 kW/m²/hari, sehingga menawarkan potensi energi terbarukan yang sangat besar. Energi surya juga bermanfaat karena tidak menimbulkan kebisingan atau polusi udara, sehingga ramah lingkungan dan tahan lama selama masih ada kehidupan. Oleh karena itu, energi surya dapat dikembangkan untuk inisiatif diversifikasi energi, khususnya untuk mengatasi menipisnya ketersediaan bahan bakar fosil (Nadjib dan Santosa, 2022).

Pemanfaatan energi surya di Indonesia masih belum sepenuhnya berjalan dengan maksimal. Padahal Indonesia mampu menghasilkan energi surya dalam jumlah yang besar. Selama ini, energi surya hanya dimanfaatkan sebagai sumber pengeringan konvensional dan sumber penerangan. Namun, menurut Assiddiq (2018), energi surya dapat digunakan secara langsung dan tidak langsung. Contoh penerapannya antara lain penggunaan sel fotovoltaik untuk menghasilkan listrik

rumah tangga dan dapat digunakan untuk memanaskan air dan didukung oleh kolektor surya.

Pemanas Air Tenaga Surya (PATS) adalah salah satu pemanfaatan energi surya yang sudah populer di kalangan masyarakat. Kontruksi alat yang sederhana dan banyak dijumpai dipasaran membuat masyarakat semakin mengenal teknologi ini. Umumnya, komponen PATS ini terdiri dari kolektor matahari, tangki air panas, pompa, sistem perpipaan, alat penukar kalor, pemanas tambahan, dan panel kontrol. PATS bisa dibedakan menjadi dua sistem yaitu sistem pasif dan sistem aktif (Nadjib, 2014). Perbedaan PATS sistem aktif adalah sirkulasi air yang dibantu dengan pompa sedangkan pada sistem pasif hanya terjadi perpindahan panas konveksi alamiah (Nadjib dan Thoharudin, 2022).

Pemanfaatan radiasi matahari dalam pemanas air juga memiliki kelemahan seperti tidak dapat digunakan pada malam hari ataupun saat mendung. Hal ini menyulitkan PATS mempertahankan energi panas yang diterima oleh PATS. Untuk membantu mengatasi permasalahan tersebut, sistem pemanas air perlu dilengkapi dengan media penyimpan panas. Salah satu penyimpan kalor adalah *Phase Change Material* (PCM) (Yuliyani dkk., 2020). Selain itu untuk menyimpan energi panas dan mengatasi masalah pergantian cuaca atau pergantian waktu, sistem pemanas air harus dilengkapi dengan penyimpanan energi termal (*Thermal Energy Storage*, TES).

PATS konvensional menggunakan media air sebagai *Sensible Heat Storage* (SHS). Penggunaan air sebagai media merupakan metode yang umum digunakan, selain itu tidak membutuhkan banyak biaya dan memiliki sifat termal yang baik. Namun, penggunaan air memiliki beberapa kekurangan, seperti memerlukan volume penyimpanan yang besar karena densitas energinya rendah. Selain itu SHS dengan media air memiliki karakteristik sistem yang berat, sehingga memerlukan perhatian khusus ketika dilakukan pemasangan. Hal ini dapat dilakukan dengan memperhitungkan konstruksi di sekitar tempat pemasangan agar dapat menahan beban sistem PATS yang meliputi beban alat dan air di dalamnya (Nadjib dkk., 2017).

Kekurangan dalam penggunaan SHS pada PATS dapat diminimalisir dengan penggunaan *Latent Heat Storage* (LHS). LHS mampu menghasilkan sistem penyimpanan termal dari energi matahari yang kompak dan efisien. LHS memiliki keunggulan dibandingkan SHS antara lain ukurannya lebih kecil, berat tiap unitnya lebih rendah, dan kenaikan temperaturnya rendah. Penyimpanan energi termal yang menggunakan *Phase Change Materials* (PCM) sebagai LHS merupakan salah satu opsi yang dapat digunakan. Hal ini karena memiliki keuntungan seperti penyimpanan kalor tiap unit volumenya lebih besar dibandingkan SHS dan pelepasan kalornya terjadi ketika temperatur konstan (Nadjib dkk., 2020).

Stratifikasi termal merupakan lapisan-lapisan yang mengacu pada perbedaan temperatur, dalam kasus ini terjadi pada tangki PATS. Sejumlah penelitian dan analisis simulasi stratifikasi termal di tangki penyimpanan sudah pernah dilakukan, dengan hasil studi menunjukkan bahwa stratifikasi termal bisa meningkatkan kinerja dari penyimpanan secara efektif. Sudut pandang stratifikasi termal mengasumsikan cairan masuk akan jatuh ke tingkat dimana kerapatannya sama dengan kepadatan cairan sekitarnya. Akibat gravitasi dan efek apung, air dengan suhu yang berbeda akan menyimpan ketinggian yang sesuai dengan perbedaan kerapatan, kerapatan yang rendah membawa air panas ke atas, dan air dingin berdensitas tinggi jatuh ke bawah. Kemudian stratifikasi termal dijadikan sebagai "penghalang termal" untuk memisahkan cairan hangat dan dingin (Han dkk., 2009).

Penelitian tentang penggunaan PCM pada sistem PATS dilakukan oleh peneliti terdahulu. PCM dimasukkan dalam botol aluminium dan diletakkan di dalam tangki TES Vertikal (Cabeza dkk., 2006). Kousksou dkk. (2010) melakukan penelitian tentang penggunaan PCM pada sistem PATS. PCM dimasukkan dalam kapsul berbentuk silinder yang disusun secara horizontal serta segaris (Nadjib dkk., 2015). Chaabane dkk. (2014) melakukan studi numerik kinerja termal pemanas air tenaga surya dengan penyimpanan kolektor terintegrasi yang menggunakan *phase change material*. Chaichan 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 W/m² dan debit air konstan sebesar 2 LPM. Uctug dan Azapagic (2018) 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 sistem aktif memakai tangki horizontal yang menggunakan 29 buah kapsul, *paraffin wax* RT55 belum pernah dilakukan dalam hal pengaruh variasi debit aliran dan *heat flux* terhadap stratifikasi termal HTF di dalam tangki. Hipotesis pada penelitian kali ini yaitu semakin besar debit aliran HTF dan semakin kecil *heat flux* akan berbanding terbalik dengan tingkat stratifikasi termal pada tangki TES. Oleh karena itu untuk membuktikan hipotesis dan meneruskan perkembangan teknologi PATS berbasis PCM, penelitian yang berkaitan dengan stratifikasi termal ini sangat penting dilakukan.

1.2. Rumusan Masalah

Stratifikasi termal memegang peranan penting terhadap efisiensi termal pada tangki PATS. Untuk sistem PATS yang berisi PCM, kapsul jenis silinder dipasang di dalam tangki. Pemasangan kapsul ini belum diketahui pengaruhnya terhadap stratifikasi termal yang terjadi di dalam tangki PATS dalam hal adanya perubahan *heat flux* dan debit aliran air. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengkaji sejauh mana pengaruh dua variasi tersebut terhadap terbentuknya stratifikasi termal. Di sisi lain, penelitian tentang stratifikasi termal pada sistem PATS-PCM dengan tangki horizontal variasi *heat flux* dan debit aliran air belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian terkait dengan pengaruh debit aliran air dan *Heat Flux* 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 pada data dari pabrik pembuat.
2. Kapsul PCM berisi *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 telah *steady*.
5. Laju aliran massa 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 memperoleh karakteristik distribusi temperatur HTF dan PCM di dalam tangki.
2. Untuk memperoleh karakteristik stratifikasi termal HTF di dalam tangki menggunakan bilangan Richardson.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan 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. Membantu sektor industri untuk mengembangkan sistem PATS.