

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan prasarana yang sangat penting di Indonesia saat ini. Pertumbuhan penduduk menyebabkan semakin meningkatnya kebutuhan energi di masyarakat. Selama ini sumber energi yang sering digunakan adalah bahan bakar minyak (BBM), gas, dan batubara. Komposisi konsumsi energi nasional saat ini adalah. BBM 52,50%, gas 19,04%, batubara 21,52%, air 3,73%, panas bumi 3,01%, dan energi baru 0,2% (Kholiq, 2015). Dominannya pemakaian BBM berakibat semakin menipisnya cadangan minyak mentah. Ketergantungan akan BBM secara terus menerus dapat diminimalisir dengan ditingkatkannya penggunaan energi terbarukan.

Energi terbarukan merupakan sumber energi yang berasal dari alam yang tidak merusak lingkungan. Salah satu energi terbarukan yang cocok diterapkan di Indonesia adalah energi surya. Indonesia merupakan daerah tropis, sehingga Indonesia mempunyai potensi energi surya sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5-4.8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia (Yuliananda dkk, 2015). Dengan berlimpahnya sumber energi surya dapat dimanfaatkan secara optimal baik dari sisi listrik atau termal. Energi surya dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan alat yang bernama sel surya. Penggunaan sel surya tersebut juga dapat digunakan dikehidupan sehari-hari yaitu, menjadi sumber penerangan jalan, pompa air, dan lain-lain. Energi surya juga dapat digunakan sebagai pemanas air tenaga surya (PATS).

PATS menggunakan energi dari surya untuk menghasilkan air panas yang kemudian dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga, atau proses industri. Air panas yang dihasilkan sangat bermanfaat untuk mandi, mesin pencuci piring, dan mesin cuci (Almuder, 2016). PATS adalah teknologi yang diterima dan semakin banyak digunakan sebagai salah satu sarana hemat biaya untuk memanaskan air di perumahan dan bangunan umum seperti hotel, *laundry*, restoran, rumah sakit dan puskesmas (Quaschnig, 2020). Kebutuhan air panas adalah berbeda-beda untuk setiap aktivitas. Mandi dengan *shower* memerlukan 10-20 liter air panas per orang setiap pemakaian (Kalogirou, 2009). Dengan asumsi tiap pemakaian memerlukan waktu 10 menit maka debit yang diperlukan adalah 2 liter per menit (LPM). Penggunaan 3 dan 4 LPM adalah cara untuk mengetahui kinerja termal PATS untuk aplikasi yang lebih besar dari keperluan mandi. PATS dibagi menjadi

sistem aktif dan sistem pasif. PATS sistem aktif menggunakan pompa untuk mengalirkan fluida dari kolektor ke tangki penyimpanan, PATS sistem pasif mengandalkan konveksi alami ke tangki dalam mensirkulasikan fluida dari kolektor (Abdunnabi dkk, 2018). Secara umum, PATS sistem aktif diaplikasikan untuk keperluan air panas dengan kapasitas yang besar.

Energi surya merupakan sumber energi berbasis waktu yang kepadatan energinya bervariasi di setiap saat (Socaciu, 2011). PATS hanya dapat memanfaatkan energi surya pada siang hari. Namun, PATS tidak cukup memiliki cadangan energi surya untuk terus beroperasi selama radiasi rendah atau malam hari. Oleh karena itu, penyimpanan energi termal (*energy thermal storage*, TES) dibutuhkan sebagai media penyimpanan sehingga energi yang disimpan dapat digunakan lain waktu (Sarbu dan Sebarchievici, 2018).

Air digunakan di PATS sebagai penyimpanan kalor sensibel (*sensible heat storage*, SHS). Penyimpanan jenis ini sering digunakan karena harganya murah dan mempunyai sifat termal yang baik. Desain dan operasional PATS yang menggunakan material SHS lebih sederhana daripada PATS yang melibatkan material penyimpanan kalor laten (*latent heat storage*, LHS). Akan tetapi, PATS yang menggunakan material SHS mempunyai kekurangan karena ukuran TESnya lebih besar (Socaciu, 2011). Unit LHS umumnya lebih kecil dari unit SHS. PATS yang menggunakan material LHS dapat menghasilkan penyimpanan yang efisien. Kekurangan material LHS adalah rendahnya konduktivitas termal sehingga kecepatan proses pelepasan dan pengambilan kalornya rendah (Watanabe dan Kanzawa, 1995).

Penggunaan *phase change material* (PCM) merupakan cara yang efektif untuk menyimpan energi panas dan proses penyimpanannya bersifat isothermal (Reddy dkk, 2018). PCM menyimpan energi ketika material berubah fasa dari keadaan padat menjadi cair dan melepaskan energi dari keadaan cair ke keadaan padat. *Paraffin wax* digunakan sebagai PCM karena memiliki densitas energinya cukup tinggi (~ 200 kJ/kg) (Farid dkk, 2004). *Paraffin wax* memiliki jangkauan temperatur yang besar, aman, handal, dapat diprediksi, harga yang lebih murah, dan tidak korosif menjadikannya tergolong dalam material penyimpan kalor peleburan yang banyak digunakan dalam berbagai bidang (Sharma dkk., 2009).

Penelitian pemanfaatan PCM pada PATS sistem aktif dan sistem pasif telah banyak dilakukan. Kulkarni dkk, (2014) melakukan eksperimen untuk meningkatkan efisiensi PATS dengan menggunakan *paraffin wax*. Kemampuan *thermal energy storage* (TES)

menggunakan *paraffin wax* di dalam kolektor surya plat datar pada proses *charging* dan *discharging* (Napitupulu dkk, 2014). Penggunaan PCM untuk meningkatkan sistem pemanas air tenaga surya (Murali dkk, 2015). Nadjib (2016) melakukan investigasi penggunaan *paraffin wax* pada PATS jenis termosifon. Nadjib dkk, (2020) telah melakukan penelitian PATS di dalam ruangan (*indoor*) untuk mendapatkan perilaku termal *heat transfer fluid* (HTF) dan PCM.

Penelitian tentang PATS-PCM yang dilakukan secara *outdoor* memiliki kelemahan yaitu tidak dapat mengevaluasi suatu parameter dengan variasi tertentu (Nadjib dkk, 2017). Kondisi ini disebabkan oleh berfluktuasinya intensitas radiasi surya sebagai sumber kalor PATS. Sumber kalor yang berubah-ubah menyebabkan perilaku termal sistem PATS-PCM juga berubah setiap saat. Disamping itu, penelitian terdahulu belum membahas tentang penyimpanan energi termal yang dikaitkan dengan debit aliran HTF pada sistem PATS berbasis PCM tangki horisontal. Hipotesis penelitian ini adalah semakin besar debit aliran maka penyimpanan energi termal ditangki PATS semakin besar. Penelitian ini penting dilakukan untuk menambah informasi dalam rangka pengembangan PATS. Selain itu, penelitian ini dapat menjawab hipotesis yang diberikan. Oleh karena itu, penelitian PATS yang melibatkan PCM dan menggunakan sumber kalor tetap penting dilakukan.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian PATS-PCM sistem aktif yang dilakukan secara *outdoor* memiliki kelemahan yaitu tidak dapat mengevaluasi suatu parameter dengan variasi tertentu. Intensitas radiasi matahari yang berubah-ubah menyebabkan perilaku termal sistem PATS-PCM berfluktuasi setiap saat. Disamping itu, penelitian tentang pengaruh debit aliran terhadap penyimpanan energi termal di dalam tangki belum terungkap. Oleh karena itu, penelitian tentang pengaruh debit aliran terhadap penyimpanan energi termal di dalam tangki perlu dilakukan.

1.3. Asumsi dan Batasan Masalah

Asumsi dan batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Kapsul PCM berisi *paraffin wax* yang bersifat homogen.
2. Sifat fisis *paraffin wax* mengacu pada data dari pabrik pembuat.
3. Termokopel yang dipasang pada sisi HTF dianggap mewakili temperatur air yang ada di dalam tangki.
4. Termokopel yang dipasang pada sisi PCM mewakili tiap kapsul.
5. *Heat flux* yang dihasilkan solar simulator dianggap konstan.
6. Seluruh area kolektor mendapatkan *heat flux* yang sama.
7. Laju aliran massa dianggap konstan.
8. Penelitian hanya difokuskan pada tangki PATS-PCM selama proses *charging*.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Memperoleh karakteristik penyimpanan energi termal akumulatif di dalam tangki (Akumulasi dari penyimpanan energi termal sesaat).
2. Mendapatkan karakteristik pengaruh debit aliran HTF terhadap penyimpanan energi termal akumulatif di dalam tangki.

2.1. Manfaat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya:

1. Menambah khasanah teknologi PATS yang menggunakan PCM.
2. Hasil penelitian dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya guna mengembangkan teknologi PATS menggunakan PCM.
3. Memberikan model sistem PATS terbaru sebagai referensi dalam pengembangan teknologi bagi industri sejenis.