

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2020 mencapai 270,2 juta jiwa meningkat dari 237,6 juta jiwa pada tahun 2010 dengan pertumbuhan rata-rata 1,25% per tahun. Permasalahan sumber energi saat ini muncul karena melonjaknya kebutuhan manusia yang semakin tahun semakin bertambah dan pemakaian sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui. Berbagai usaha untuk mendapatkan energi alternatif dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil (Ramadhan dkk, 2017). Maka dari itu, untuk mengatasi krisis energi masa depan, beberapa alternatif sumber energi mulai dikembangkan, salah satunya adalah energi matahari.

Energi matahari merupakan sumber energi utama bagi manusia yang ada di bumi. Energi matahari juga merupakan sumber daya energi yang cukup potensial untuk dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa. Wilayah Indonesia memiliki potensi energi matahari dengan daya rata-rata mencapai 4 kWh/m² perhari. Berdasarkan wilayah, kawasan barat Indonesia memiliki potensi sekitar 4,5 kWh/m² per hari dengan variasi bulanan mencapai 10%. Sedangkan kawasan timur Indonesia memiliki potensi sekitar 5,1 kWh/m² per hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Adapun potensi tenaga surya secara nasional mencapai 4,8 kWh/m² perhari (Bayu & Windarta, 2021).

Radiasi dari energi matahari adalah besar, tetapi hanya tersedia di siang hari, karena waktu malam hari energi surya tidak tersedia. Nadjib (2016) menyatakan bahwa waktu dan kondisi cuaca merupakan penentu ketersediaan sumber energi PATS. Kebutuhan air panas terjadi pada malam hari ketika matahari tidak memancarkan radiasi untuk memanaskan air. Keadaan ini dapat diatasi dengan menggunakan penyimpanan energi termal (*thermal energy storage*, TES) pada sistem PATS untuk menyimpan dan menyediakan air panas saat malam hari.

Alat yang memanfaatkan energi surya untuk menghasilkan air panas adalah pemanas air tenaga surya (PATS). PATS umumnya terdiri dari kolektor surya untuk

mengumpulkan radiasi dari surya, tangki penyimpanan energi termal (*thermal energy storage*, TES) untuk menyimpan energi termal, dan pipa-pipa sebagai penghubung. Berdasarkan sirkulasi fluida (air) perpindahan panas (*heat transfer fluid*, HTF), PATS dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu PATS sistem aktif dan PATS sistem pasif. PATS sistem aktif menggunakan bantuan beberapa perangkat lain seperti pompa, listrik, katup, serta pengontrol untuk mengalirkan HTF (Parmar, 2017). Sedangkan PATS sistem pasif menggunakan sirkulasi alami yang terjadi akibat daya apung karena perbedaan temperatur.

Sistem PATS umumnya memakai air sebagai penyimpanan kalor sensibel (*sensible heat storage*, SHS) karena memiliki sifat perpindahan kalor yang baik juga harga yang murah. SHS memiliki kelemahan sistem yang berat yang menyebabkan densitas penyimpanan energi lemah dan dapat menimbulkan korosi juga kebocoran (Hasan, 1994). Selain itu *phase change material* (PCM) sebagai penyimpan kalor laten (*latent heat storage*, LSH) mempunyai kelebihan yaitu fluktuasi temperatur selama penyimpanan kalor yang besar dan pelepasan kalor yang tidak besar. Adapun kelemahannya yaitu rendahnya konduktivitas termal sehingga unjuk kerja termalnya juga rendah (Murray & Groulx, 2014). *Paraffin wax* adalah salah satu jenis PCM. *Paraffin wax* dipilih untuk diaplikasikan pada TES karena memiliki karakteristik seperti: harganya murah, memiliki densitas energi yang cukup tinggi (~ 200 kJ/kg) dan konduktivitas termalnya rendah ($\sim 0,2$ W/m. $^{\circ}$ C) (Farid dkk, 2004)

Peneliti terdahulu telah melakukan penelitian tentang penggunaan PCM pada PATS sistem aktif. Kousksou dkk (2011) melakukan percobaan dengan PCM dan tanpa PCM pada sistem PATS domestik di tangki. Studi PATS yang berisi PCM dengan tangki horisontal (Nadjib dkk, 2015). SHS dan LHS digabungkan menjadi material penyimpan kalor pada sistem PATS (Nallusamy dkk, 2007). Fachrizal, (2005) melakukan pengujian kapasitas tangki penyimpanan kalor dan efisiensi kolektor pada PATS. Studi penggunaan *paraffin wax* dengan air sebagai material penyimpan energi termal di dalam tangki PATS tipe *thermosyphon* (Nadjib dkk, 2017). Pengujian pengaruh porositas dan laju aliran HTF terhadap akumulasi energi termal pada PATS aktif tangki vertikal (Nallusamy dkk, 2006). Penelitian PATS

menggunakan metode di dalam ruangan dilakukan oleh (Nadjib dkk, 2020) dengan *heat flux* 1000 W/m^2 dan debit air konstan sebesar 2 LPM.

Efisiensi pengumpulan energi termal adalah perbandingan antara jumlah panas energi yang disimpan dalam tangki dengan jumlah total energi matahari yang masuk pada kolektor untuk periode waktu yang sama (Esen & Esen, 2005). Parameter - parameter yang menentukan efisiensi termal adalah jumlah intensitas radiasi matahari (W/m^2), luas permukaan kolektor surya (m^2) dan yang terakhir adalah Q_u yaitu energi yang berguna dengan satuan (Watt). Porositas tangki merupakan rasio perbandingan volume air pada tangki yang berisi kapsul PCM dengan volume air tangki tanpa kapsul PCM. Porositas tangki dijabarkan dalam bentuk persentase (%). Jumlah porositas menentukan jumlah energi termal yang dapat disimpan (Ma dkk., 2014).

Instalasi PATS pada umumnya berada di ruangan terbuka (*outdoor*) untuk dapat memanfaatkan sumber energi dari matahari. Kelemahan metode ini adalah dalam hal menyelidiki besarnya pengaruh variasi energi *input* dikarenakan suplai energi dari matahari bersifat fluktuatif. Hal ini melibatkan penelitian mengalami kesulitan dalam mengevaluasi pengaruh termal yang berhubungan dengan beberapa parameter. Penelitian yang dilakukan adalah melanjutkan penelitian terdahulu, mengenai pengaruh porositas tangki terhadap efisiensi pengumpul energi termal kumulatif pada tangki PATS-PCM untuk posisi tangki horisontal di dalam ruangan (*indoor*). Penelitian ini penting dilakukan sebagai bagian dari pengembangan teknologi PATS.

1.2. Rumusan Masalah

Efisiensi pengumpul energi termal merupakan parameter penting dalam sistem PATS. Besar kecilnya energi termal kumulatif yang diterima kolektor dapat mempengaruhi efisiensi pengumpul energi termal. Penelitian sebelumnya belum ada yang membahas secara khusus terkait karakteristik efisiensi pengumpul energi termal pada sistem PATS berbasis PCM dengan variasi porositas tangki horisontal. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyelidikan yang secara khusus membahas pengaruh porositas tangki terhadap efisiensi pengumpul energi termal pada sistem PATS-PCM.

1.3. Asumsi dan Batasan Masalah

Asumsi dan batasan masalah pada penelitian ini adalah.

1. *Heat flux* dianggap konstan
2. Material PCM bersifat *homogen*
3. Laju aliran massa dianggap konstan
4. Pengambilan data dilakukan dengan menganggap aliran telah tunak.
5. Pembahasan fokus pada unjuk kerja HTF di dalam tangki
6. Sudut kemiringan *solar simulator* dianggap sejajar dengan kolektor surya.
7. Perhitungan efisiensi pengumpul energi termal dilakukan berdasar energi berguna yang dihasilkan.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk memperoleh perilaku evolusi temperatur HTF masuk dan keluar tangki dengan variasi porositas tangki.
2. Untuk mendapatkan pengaruh perubahan porositas tangki terhadap efisiensi pengumpulan energi termal kumulatif di dalam tangki.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Manfaat penelitian ini diharapkan menjadi database tentang teknologi PATS-PCM sistem aktif.
2. Menjadi acuan untuk melakukan penelitian selanjutnya dalam pengembangan teknologi PATS-PCM sistem aktif yang melibatkan porositas tangki.
3. Memberikan wawasan baru terhadap pemanfaatan energi alternatif khususnya energi matahari.