

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, pemanfaatan energi global terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan industri. Penggunaan sumber energi tidak terbarukan seperti bahan bakar fosil menyebabkan masalah lingkungan termasuk pemanasan global dan perubahan iklim, yang mengarah pada kemajuan penggunaan energi terbarukan. Oleh karena itu, urgensi untuk mengembangkan dan mengoptimalkan energi terbarukan sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan sangat dibutuhkan [1]. Peralihan menuju energi terbarukan menjadi salah satu solusi utama untuk mengatasi tantangan lingkungan dan energi ini.

Sumber energi terbarukan memiliki potensi besar karena melimpah, bersih dan tidak ada habisnya, salah satunya ialah energi surya. Matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan telah menjadi solusi alternatif dalam upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Salah satu tantangan utama dalam pemanfaatan energi surya adalah ketidaksesuaian antara waktu ketersediaan dan kebutuhan energi, di mana intensitas energi matahari tinggi hanya terjadi pada siang hari dengan kondisi cuaca cerah, sedangkan pada malam hari atau saat cuaca buruk energi tidak tersedia. Ketidaksesuaian ini menghambat pemanfaatan energi matahari secara optimal dalam berbagai aplikasi [2]. Oleh sebab itu, diperlukan sistem penyimpanan energi termal (*thermal energy storage/TES*) untuk menyimpan energi panas saat tersedia dalam jumlah berlebih dan menggunakannya saat dibutuhkan.

Salah satu metode TES yang efektif dan sedang gencar diteliti adalah penyimpanan energi laten menggunakan material perubahan fasa (*phase change material/PCM*) [3]. PCM mampu menyimpan dan melepaskan energi panas dalam jumlah besar selama proses perubahan fasa, seperti dari padat ke cair saat menyerap panas (*recharge*) atau sebaliknya saat melepaskan panas (*discharging*). Parafin merupakan PCM organik yang banyak digunakan karena memiliki kapasitas penyimpanan panas yang tinggi, stabilitas termal dan kimia yang baik, tidak

beracun, serta harga yang relatif terjangkau [4]. Namun, kelemahan utama parafin adalah konduktivitas termal yang rendah, sehingga menghambat laju perpindahan panas dan memperlambat proses pencairan atau pembekuan PCM dalam sistem penyimpanan energi [5].

Berbagai kiat telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ini, salah satunya adalah penggunaan sirip berbahan logam dengan konduktivitas termal tinggi untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas [6]. Efektivitas *fin* bergantung pada bentuknya. Adapun bentuk kompleks seperti struktur sarang lebah (*honeycomb*) menawarkan kinerja perpindahan panas yang lebih baik, tetapi memiliki rintangan tersendiri dalam proses manufaktur dan biaya produksi yang tinggi [7]. Sebaliknya, bentuk yang lebih sederhana seperti paralel atau persegi lebih mudah difabrikasi dengan biaya yang lebih terjangkau, meskipun memiliki kemungkinan efisiensi perpindahan panas lebih rendah [8]. Selain itu, ketinggian *fin* juga akan mempengaruhi kapasitas parafin dan laju perpindahan panas [9].

Penggunaan simulasi numerik seperti *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dalam penelitian sistem penyimpanan energi termal berbasis paraffin wax sebagai PCM menawarkan berbagai keuntungan yang signifikan. Simulasi CFD dapat menghemat biaya dan waktu karena memungkinkan pengujian berbagai desain tanpa perlu membuat prototipe fisik secara langsung [10]. Metode ini mampu menganalisis detail fenomena perpindahan panas dan aliran fluida secara menyeluruh yang sulit dijangkau dengan pengukuran eksperimen biasa [7]. Desain sistem seperti bentuk dan ukuran sirip dapat dengan mudah dimodifikasi dan dievaluasi tanpa harus membangun ulang sistem secara fisik [11]. Simulasi juga dapat membantu mengidentifikasi potensi masalah lebih awal, sehingga mengurangi risiko dan meningkatkan keselamatan sebelum sistem diterapkan di lapangan [12]. Hasil simulasi dapat digunakan untuk memvalidasi data eksperimen dan memprediksi kinerja sistem pada berbagai kondisi yang belum diuji [13].

Berdasarkan kekosongan kajian dalam literatur sebelumnya [14], penelitian ini bertujuan untuk menganalisa efektifitas laju konduktivitas termal pada *kontainer* berbentuk persegi panjang yang dilengkapi dengan sirip paralel dan persegi serta diisi dengan material perubahan fasa (PCM). Studi numerik dilakukan untuk

mengevaluasi pengaruh variasi bentuk sirip dalam penyimpanan energi termal berbasis parafin.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian dilakukan simulasi sistem penyimpanan energi berbasis parafin sebagai PCM yang dilengkapi *fin* untuk melihat fenomena penambahan *fin* dalam meningkatkan laju perpindahan panas. Mengingat bentuk *fin* sangat memengaruhi efisiensi termal, proses perhitungannya secara manual cenderung memakan waktu. Oleh karena itu, pendekatan numerik menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) diharapkan mampu memberikan hasil yang lebih optimal dan efisien secara waktu.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh variasi bentuk *fin* terhadap laju perpindahan panas pada sistem penyimpanan energi termal berbasis *paraffin wax* menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD).

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Dapat membantu mendapatkan bentuk *fin* yang lebih optimal untuk kinerja parafin dalam sistem penyimpanan energi termal dengan efisiensi yang ditingkatkan.
2. Dapat membantu desain *fin* secara lebih efisien dari segi waktu dan biaya dibandingkan metode eksperimental konvensional melalui pendekatan numerik.

1.5 Batasan Masalah

Simulasi dalam tugas akhir ini dimodelkan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor* dan *ANSYS Fluent*. Batasan masalah dalam tugas akhir ini meliputi:

1. Geometri kontainer dan *fin* disederhanakan.
2. Simulasi dilakukan pada jenis transient.

3. Diasumsikan total volume parafin sama untuk semua konfigurasi kontainer.
4. Aliran fluida dianggap laminar dan pengaruh turbulensi tidak dipertimbangkan.
5. Diasumsikan tidak ada panas keluar dari sistem.
6. Jumlah *number of time step* sebanyak 7200 sekon.
7. Penelitian hanya dilakukan dalam proses *charging* (pelelehan).

1.6 Sistematika Penulisan

Proposal ini terbagi menjadi tiga bab. Bab i akan memberikan penjelasan awal mengenai pendahuluan. Pendahuluan terdiri dari bagian latar belakang yang memberikan konteks untuk topik yang diangkat, diikuti dengan rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab ii akan memberikan penjelasan mengenai tinjauan pustaka. Bagian ini akan memberikan penjelasan mengenai landasan teori yang digunakan sebagai dasar pendukung penelitian. Bab iii metodologi menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian, termasuk desain, pengujian, pengambilan data, serta pengolahan dan analisis data. Bab iv hasil dan pembahasan menyajikan data hasil pengujian dan pengolahan data.. Bab v penutup merangkum kesimpulan dari penelitian dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

