

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan energi global terus bergerak naik dengan perluasan aktivitas industri dan peningkatan konsumsi energi di seluruh dunia. Sistem penyimpanan energi termal menjadi salah satu solusi yang banyak dikembangkan karena mampu menyimpan dan melepaskan energi panas secara lebih efisien. Phase Change Material (PCM) berbasis parafin banyak digunakan pada sistem thermal energy storage karena memiliki densitas energi laten yang tinggi dan proses perubahan fase yang berlangsung pada temperatur relatif konstan. Parafin juga memiliki stabilitas kimia yang baik dan kalor laten yang cukup tinggi sehingga cocok digunakan pada aplikasi penyimpanan energi panas. Namun konduktivitas termal parafin relatif rendah yaitu sekitar $0,2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ sehingga proses charging dan discharging panas berlangsung lambat [1].

Rendahnya konduktivitas termal PCM menyebabkan waktu pencairan parafin menjadi lebih lama dan distribusi temperatur di dalam PCM menjadi tidak merata. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk meningkatkan perpindahan panas pada PCM adalah penggunaan *finned tube heat exchanger*. Penambahan longitudinal fin mampu memperluas area perpindahan panas sehingga proses pencairan PCM berlangsung lebih cepat. Selain penggunaan fin, peningkatan performa perpindahan panas juga dapat dilakukan melalui pemanfaatan fluida CNT-SiO₂ sebagai *Heat Transfer Fluid*. Nanopartikel *Carbon nanotubes* diketahui memiliki konduktivitas termal sangat tinggi hingga lebih dari $3000 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ [2], sehingga berpotensi meningkatkan kemampuan perpindahan panas fluida dasar.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan nanopartikel pada sistem latent heat thermal storage mampu meningkatkan performa pencairan PCM. Penelitian lain menunjukkan bahwa penambahan nanopartikel pada PCM mampu mempercepat proses *recovery* hingga 60% kalor laten pada periode awal pencairan [3]. Selain itu penelitian Chabani dan Mebarek-Oudina menggunakan *finned heat exchanger* dengan *nano-enhanced* PCM menunjukkan bahwa konfigurasi *fin* dan penambahan nanopartikel volume fraction 2–6% berpengaruh terhadap distribusi temperatur dan energi tersimpan [4].

Meskipun berbagai penelitian terkait PCM dan nanofluida telah dilakukan, penelitian eksperimental yang mengkaji penggunaan fluida CNT–SiO₂ sebagai fluida perpindahan panas pada sistem *finned tube heat exchanger* masih terbatas [4]. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada nano-PCM atau simulasi numerik menggunakan CFD [5]. Penelitian eksperimental mengenai pengaruh langsung fluida CNT–SiO₂ terhadap proses pencairan parafin pada sistem *finned tube heat exchanger* masih jarang ditemukan. Oleh karena itu diperlukan penelitian yang mampu memberikan data eksperimental mengenai karakteristik perpindahan panas dan waktu pencairan PCM menggunakan fluida CNT–SiO₂.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penggunaan fluida CNT–SiO₂ sebagai fluida perpindahan panas terhadap pencairan parafin pada *finned tube heat exchanger*. Penelitian dilakukan dengan menganalisis profil temperatur PCM, laju perpindahan panas, energi panas kumulatif, dan waktu pencairan PCM selama proses *charging* berlangsung. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem *thermal energy storage* yang lebih efektif serta menjadi referensi pengembangan aplikasi PCM dan fluida CNT–SiO₂ pada sistem manajemen energi termal di masa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Apa pengaruh variasi konsentrasi fluida CNT–SiO₂ terhadap proses pencairan parafin?
- b. Bagaimana karakteristik perpindahan panas selama proses pencairan parafin menggunakan fluida CNT–SiO₂?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi fluida CNT–SiO₂ terhadap proses pencairan parafin.
- b. Mengetahui karakteristik perpindahan panas selama proses pencairan parafin menggunakan fluida CNT–SiO₂.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

Penelitian ini dapat menjadi landasan untuk penerapan fluida CNT-SiO₂ dalam sistem *thermal energy storage*.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut:

- Partikel utama yang digunakan adalah *carbon nanotubes* komersial dengan ukuran partikel sekitar 10-15 nm.
- Ukuran serbuk silika dioksida yang digunakan tidak dapat diverifikasi karena keterbatasan data spesifikasi material.
- Fluida dasar yang dipilih adalah air.
- Proses pencampuran dan pendispersian partikel dilakukan melalui metode ultrasonikasi.
- Konsentrasi fluida divariasikan dalam rentang 0,1 wt%, 0,5 wt% dan 0,9 wt%.
- Bukaan katup digunakan sebagai pengatur variabel aliran fluida selama pengujian, sedangkan pengukuran debit dilakukan secara volumetrik karena keterbatasan penggunaan flowmeter.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, struktur penulisan dibagi ke dalam beberapa bab. Bab I Pendahuluan berisi penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan penelitian, serta sistematika penulisan tugas akhir. Bab II Tinjauan Pustaka memuat landasan teori yang diperoleh dari berbagai sumber referensi yang relevan sebagai dasar dalam penyusunan penelitian. Bab III Metode Penelitian menguraikan secara sistematis tahapan serta metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian. Bab IV Hasil dan Pembahasan, menjelaskan analisis data yang diperoleh dari pengujian. Bab V Penutup, menjabarkan kesimpulan dari seluruh rangkaian pengujian.