

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Solar Water Heater (SWH) merupakan aplikasi teknologi yang memanfaatkan energi radiasi matahari yang cukup populer di masyarakat (Nadjib dan Suhanan, 2014). SWH dikelompokkan menjadi dua sistem berdasarkan jenis aliran *Heat Transfer Fluid* (HTF) yaitu sistem pasif dan sistem aktif (Dwivedi, 2009). Tetapi, SWH konvensional memiliki kekurangan yaitu memiliki densitas HTF yang besar sehingga memerlukan volume tangki yang besar dan SWH masih menggunakan pemanas listrik pada tangki untuk menjaga temperatur air sehingga mengakibatkan biaya operasionalnya bertambah (Abdullah dkk, 2014). Metode yang tepat untuk digunakan dalam mengatasi kekurangan SWH yaitu dengan menggunakan *Thermal Energy Storage* (TES) sebagai penyimpan energi termal (Cabeza, 2015).

TES memiliki prinsip kerja yang sederhana yaitu dengan menyimpan energi termal dari sumber panas langsung ataupun dari sumber panas yang terbuang di sekitar lingkungannya yang nantinya dapat digunakan pada waktu tertentu (Nazarrudin, 2018). Klasifikasi TES dibagi tiga macam metode yaitu *Latent Heat Storage* (LHS), *Sensible Heat Storage* (SHS) dan *Thermochemical* (Akgun dkk, 2007). Metode LHS merupakan metode yang paling efektif dan menarik digunakan untuk TES dari ketiga metode yang ada, dikarenakan menggunakan *Phase Change Material* (PCM) sebagai media penyimpanan energi termal (Zhong dkk, 2010; Dailami dkk, 2012).

PCM memiliki keunggulan yakni dengan volume material yang kecil mampu menyimpan energi termal dalam kapasitas yang besar, selain itu temperatur pada saat proses penyerapan dan pengeluaran energi termalnya hampir konstan (Buddhi, 1977). *Paraffin wax* merupakan salah satu jenis material PCM yang sering digunakan untuk penyimpanan energi termal dengan metode LHS karena memiliki densitas energi tinggi (~ 200 kJ/kg) (Farid dkk, 2004), *melting point*-nya antara 8 °C sampai dengan 106 °C (Kenisarin dan Mahkamov, 2007),

dan sifat kimianya dapat bertahan selama 1500 siklus termal (Sharma dkk, 2009). Namun *paraffin wax* memiliki kekurangan yaitu konduktivitas termal yang rendah ($\sim 0,2 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$) (Farid dkk, 2004). Oleh karena itu dilakukan pencampuran antara *paraffin wax* dengan serbuk tembaga yang mempunyai nilai konduktivitas yang tinggi ($401 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) sehingga mampu meningkatkan konduktivitas termalnya (Choi dan Eastman, 1995) serta dapat meningkatkan perpindahan panasnya.

Sementara, pada pengujian TES secara eksperimental membutuhkan biaya yang mahal untuk penelitiannya dan memiliki kesulitan ketika memprediksi waktu proses terjadinya pelelehan dan pembekuan pada campuran *paraffin wax* dengan serbuk tembaga fraksi massa 10%. Oleh karena itu diperlukan studi simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk mengetahui waktu proses terjadinya pelelehan dan pembekuan pada campuran *paraffin wax* dengan serbuk tembaga. *Software ANSYS Fluent* merupakan salah satu *software* CFD yang dapat digunakan dalam pengujian TES secara studi simulasi.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan simulasi *Computational Fluid Dynamics* pada tangki *Thermal Energy Storage*. Tangki tersebut memiliki 32 pipa tembaga yang berisi campuran *paraffin wax* dengan serbuk tembaga fraksi massa 10%. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari karakteristik pelelehan campuran PCM pada proses *charging* dengan variasi fluks kalor 900 W dan 1100 W dan pembekuan campuran PCM pada proses *discharging* secara bertahap jeda 5 menit dengan variasi debit air 1,5 LPM dan 2,5 LPM

1.3. Asumsi dan Batasan Masalah

Asumsi dan batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Perpindahan panas radiasi tidak ada.
- b. *Heatloss* pada sistem diabaikan.
- c. HTF dan campuran PCM memiliki temperatur awal yang sama.
- d. Campuran PCM bersifat homogen.

- e. Kapasitas kalor jenis (C_p) dan konduktivitas termal (k) pada campuran PCM ditentukan dengan secara proporsional dengan memperhatikan sifat-sifat individunya dan fraksi massanya.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

- a. Mengetahui waktu proses terjadinya pelelehan pada campuran *paraffin wax* dengan serbuk tembaga fraksi massa 10%.
- b. Mengetahui waktu proses terjadinya pembekuan pada campuran *paraffin wax* dengan serbuk tembaga fraksi massa 10%.
- c. Mengetahui perbedaan penelitian simulasi dengan penelitian eksperimen mengenai evolusi temperaturnya.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut :

- a. Menyajikan *database charging* dan *discharging* secara bertahap pada TES yang berisi campuran *paraffin wax* dengan serbuk tembaga sebagai media penyimpanannya menggunakan simulasi numerik (*ANSYS Fluent*).
- b. Bisa menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya baik secara eksperimental maupun simulasi khususnya untuk proses *charging* dan *discharging* secara bertahap pada campuran *paraffin wax* dengan serbuk tembaga sebagai PCM pada TES dengan variasi yang berbeda.
- c. Penelitian dalam klaster energi terbarukan akan semakin berkembang khususnya aplikasi penyimpanan energi, salah satunya TES.