

INTISARI

Penerapan teknik penyimpanan panas laten telah banyak digunakan untuk menyimpan energi termal. *Latent heat thermal energy storage* (LHTES) adalah salah satu teknik penerapan penyimpanan energi termal. Keunggulan teknik ini diantaranya adalah densitas energi yang tinggi, ukuran penyimpanan yang kompak dan bekerja pada suhu relatif rendah. Penelitian mengenai karakteristik pelelehan pada LHTES masih menjadi aspek yang menarik untuk diteliti. Hal ini disebabkan karena karakteristik pelelehan pada LHTES sangat berperan penting selama proses penyimpanan energi termal.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik pelelehan pada *phase change material* (PCM) yang diterapkan pada *heat-exchanger* berbentuk silinder. Konfigurasi geometri ini terdiri atas dua tabung. Tabung dalam diisi oleh PCM sedangkan tabung luar sebagai tempat mengalirnya air panas. Air panas atau *heat transfer fluid* (HTF) dialirkan melalui lubang *inlet-outlet* yang terletak di bawah dan di atas tabung luar. Jarak lubang inlet-outlet 5 cm dari tepi ujung tabung luar. Dimensi tabung dalam berdiameter 5 cm dan panjangnya 50 cm. Tabung luar berdiameter 10 cm dan panjangnya 60 cm. Penelitian ini dilakukan dengan simulasi numerik menggunakan ANSYS Fluent yang memvariasikan suhu (60°C, 75°C, 90°C) dan debit HTF (4 L/min, 8L/min, 12L/min). Hasil dari simulasi divalidasikan dengan eksperimen yang serupa.

Simulasi menunjukkan bahwa dengan menggunakan ANSYS Fluent dan pemodelan *enthalpy porosity* karakteristik pelelehan dapat diamati dengan baik. Asumsi yang digunakan pada simulasi adalah *heat loss* diabaikan, sifat termal konstan kecuali pada densitas yang tergantung pada fasenya dan PCM dianggap homogen. Validasi dilakukan dengan membandingkan waktu pelelehan, kontur pelelehan dan kesamaan distribusi temperatur antara simulasi dengan eksperimen. Nilai parameter yang diubah pada simulasi adalah konstanta porositas dan jumlah optimum *mesh*. Dengan menggunakan nilai konstanta porositas $1,4 \times 10^7$ dan jumlah optimum *mesh* 144.000 didapatkan deviasi kurang dari 5% untuk waktu pelelehan dan untuk nilai koefisien korelasi distribusi temperatur diatas 0,7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konveksi alami berperan penting pada perpindahan kalor ke arah radial di dalam tabung PCM. Pengaruh temperatur lebih besar dibandingkan pengaruh debit terhadap karakteristik pelelehan. Simulasi ini dapat diimplementasikan untuk memprediksi model pada variabel operasi yang lain.

Kata kunci: PCM, pelelehan, konveksi alami, simulasi numerik, LHTES

ABSTRACT

The application of latent heat storage techniques has been widely used to store thermal energy. Latent heat thermal energy storage (LHTES) is one of application in thermal energy storage. The advantages of this technique due to its high energy density, compact size and working at moderate temperature. Research on melting LHTES characteristics becomes a motivated interest to be investigated. This is because the melting characteristics in LHTES acts an important role on the thermal energy storage.

This study aims to investigate the melting characteristics of the phase change material (PCM) applied to double cylindrical tube. The configuration of geometry consists of inner tube filled by PCM and outer tube for circulating of hot water. Hot water or heat transfer fluid (HTF) is flowed through the inlet-outlet port on upper and below outer tube. The location of inlet-outlet port 5cm from the edge of the outer pipe. Diameter of inner tube 5cm and 50 cm lenght. Outer tube has diameter 10 cm and 60 cm lenght. This research was conducted in numerical simulation by varying temperature (60°C, 75°C and 90°C) and flowrate of HTF (4 L/min, 8 L/min and 12 L/min). The simulation results are validated using data experiment with similar configuration.

The investigation of metling characteristic is carried out using ANSYS Fluent with enthalpy porosity model. The assumptions for the numerical simulation are heat loss neglected, PCM is homogen and only PCM density is depend on its phase. The tweaked parameters to reduce deviation are porosity constant and number of mesh. Validation is carried out by comparing melting time, melting contour and the similarity of temperature distribution with experiment. Using 144,000 of mesh and 1.4×10^7 as porosity constant, the deviation for melting time below 5% and the value of coeficient of correlation is upper 0.7. The results of simulation indicate that natural convection enroles an important role in radial heat transfer inside the PCM tube. The effect of temperature is greater than the effect of flowrate on melting characteristics. This simulation can be further implemented for prediction model of other operating variables.

Keywords: PCM, melting, natural convection, numerical simulation, LHTES