

ABSTRAK

STUDI EKSPERIMEN PEMANAS AIR TENAGA SURYA TIPE *SHELL AND TUBE* DENGAN VARIASI BAHAN PERUBAHAN FASE SEBAGAI PENYIMPAN ENERGI TERMAL

Budi Agus Prianto¹, Muhammad Irsyad², Harmen², Amrul^{2*}

¹Mahasiswa Jurusan Magister Teknik Mesin, Universitas Lampung

²Dosen Jurusan Magister Teknik Mesin, Universitas Lampung

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja termal sistem pemanas air tenaga surya tipe shell and tube yang terintegrasi dengan penyimpanan energi panas laten menggunakan Phase Change Material (PCM). Enam jenis PCM, yaitu coconut wax, palm wax, palmitic acid, paraffin wax, soy wax, dan stearic acid, diuji secara eksperimental pada prototipe penukar kalor tube-in-shell. Fluida kerja berupa air dialirkan di dalam pipa tembaga, sedangkan PCM ditempatkan pada sisi shell. Pengujian dilakukan pada proses pelelehan (charging) dan pembekuan (discharging) dengan variasi laju aliran air sebesar 8 LPM, 10 LPM, dan 12 LPM. Parameter yang dianalisis meliputi distribusi temperatur, waktu perubahan fasa, laju perpindahan kalor, serta energi yang diserap dan dilepaskan selama siklus termal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jenis PCM memberikan pengaruh dominan terhadap karakteristik penyimpanan dan pelepasan energi termal. Palmitic acid dan stearic acid menampilkan plateau temperatur yang panjang dan stabil pada proses pelelehan maupun pembekuan, yang mengindikasikan kapasitas energi laten yang tinggi. Paraffin wax dan palm wax menunjukkan respons termal yang lebih cepat dengan kapasitas energi laten pada tingkat menengah. Sebaliknya, coconut wax dan soy wax menunjukkan kapasitas energi laten rendah sehingga waktu perubahan fasanya lebih cepat namun energi tersimpan lebih kecil. Peningkatan laju aliran air meningkatkan laju perpindahan panas konveksi, namun tidak secara signifikan memengaruhi total energi yang diserap atau dilepaskan oleh PCM. Secara keseluruhan, kinerja sistem penyimpanan energi termal lebih ditentukan oleh sifat termofisika PCM dibandingkan kondisi operasi aliran. Berdasarkan hasil ini, palmitic acid dan stearic acid dinilai paling sesuai untuk aplikasi penyimpanan energi panas laten pada sistem pemanas air tenaga surya.

Kata kunci: Phase Change Material (PCM), penyimpanan energi panas laten, pemanas air tenaga surya, shell and tube, perpindahan kalor.

ABSTRACT

EXPERIMENTAL STUDY OF SHELL AND TUBE TYPE SOLAR WATER HEATER WITH VARIATIONS OF PHASE CHANGE MATERIALS AS THERMAL ENERGY STORAGE

Budi Agus Prianto¹, Muhammad Irsyad², Harmen², Amrul^{2*}

¹Master student in Mechanical Engineering Department, Lampung University

²Lecture in Mechanical Engineering Department, Lampung University

This study aims to evaluate the thermal performance of a shell-and-tube solar water heating system integrated with latent heat thermal energy storage using Phase Change Materials (PCM). Six PCM types—coconut wax, palm wax, palmitic acid, paraffin wax, soy wax, and stearic acid—were experimentally investigated using a tube-in-shell heat exchanger prototype. Water was employed as the working fluid and circulated through a copper tube, while the PCM was placed on the shell side. The experiments were conducted during the melting (charging) and solidification (discharging) processes with water flow rate variations of 8 LPM, 10 LPM, and 12 LPM. The analyzed parameters included temperature distribution, phase change duration, heat transfer rate, and the amount of thermal energy absorbed and released during the thermal cycle. The experimental results indicate that PCM type has a dominant influence on thermal energy storage and release characteristics. Palmitic acid and stearic acid exhibit long and stable temperature plateaus during both melting and solidification processes, indicating high latent heat storage capacity. Paraffin wax and palm wax demonstrate faster thermal response with moderate latent heat capacity. In contrast, coconut wax and soy wax show lower latent heat capacity, resulting in shorter phase change durations and lower stored energy. Increasing the water flow rate enhances convective heat transfer but does not significantly affect the total energy absorbed or released by the PCM. Overall, the thermal energy storage system performance is governed more by the thermophysical properties of the PCM than by flow operating conditions. Based on these findings, palmitic acid and stearic acid are identified as the most suitable PCM for latent heat thermal energy storage applications in solar water heating systems.

Keywords: *Phase Change Material (PCM), latent heat thermal energy storage, solar water heater, shell-and-tube heat exchanger, heat transfer.*