

## INTISARI

Penggunaan energi fosil yang dominan di Indonesia telah memicu berbagai permasalahan, seperti peningkatan emisi gas rumah kaca dan krisis ketahanan energi. Salah satu solusi yang terus dikembangkan adalah pemanfaatan energi matahari, khususnya melalui sistem Pemanas Air Tenaga Surya (PATS). Untuk mengatasi keterbatasan penyimpanan energi termal pada malam hari atau saat cuaca mendung, Penelitian ini mengintegrasikan *Phase Change Material* (PCM) berbasis RT 52 ke dalam sistem PATS tipe aktif. PCM digunakan untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan energi termal melalui mekanisme perpindahan kalor laten.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem PATS-PCM tipe aktif dan memprediksi performa termal sistem saat kondisi pengisian penuh dengan variasi *heat flux* dan laju aliran. Sistem dirancang menggunakan metode makroenkapsulasi PCM berbentuk silinder yang diletakkan di dalam tangki penyimpanan, sementara proses transfer panas berlangsung secara tidak langsung melalui *coil heat exchanger*. Desain dan analisis dilakukan berdasarkan pendekatan termodinamika dan perpindahan panas, dengan mempertimbangkan karakteristik PCM seperti konduktivitas termal, kalor laten, dan titik leleh. Eksperimen dan perhitungan dilakukan dalam kondisi tunak dan ideal dengan variasi laju aliran massa 3-6 LPM dan *heatflux* 800 W/m<sup>2</sup>, 1000 W/m<sup>2</sup>, dan 1200 W/m<sup>2</sup> dengan berbagai asumsi teknis yang disesuaikan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan RT52 sebagai PCM mampu meningkatkan densitas penyimpanan energi, memperpanjang waktu ketersediaan air panas, serta menurunkan fluktuasi suhu dalam sistem. Efisiensi kolektor surya yang diperoleh dari hasil perhitungan mencapai 33,7%, sedangkan laju penyerapan energi total mencapai 1371,8 W. Berdasarkan jumlah tersebut, sebanyak 512,95 W dimanfaatkan untuk menaikkan suhu air hingga mencapai 91,9°C. Integrasi PCM memberikan dampak positif dalam efisiensi termal, sistem dengan laju aliran massa 3 LPM menunjukkan efisiensi pelelehan PCM paling optimal, dengan durasi waktu ±250 menit. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan untuk pengembangan teknologi energi terbarukan berbasis termal di masa depan, serta memberikan referensi bagi desain dan implementasi sistem PATS yang lebih efisien dan berkelanjutan.

**Kata kunci:** Pemanas Air Tenaga Surya (PATS), *Phase Change Material* (PCM), Penyimpanan Energi Termal, Perancangan, Variasi *Heat Flux*, Variasi Laju Aliran Massa.

## ABSTRACT

The dominant use of fossil energy in Indonesia has triggered various issues, including increased greenhouse gas emissions and an energy security crisis. One potential solution is the utilization of solar energy, particularly through Solar Water Heater (SWH) systems. In order to reduce the limitations of thermal energy storage during nighttime or cloudy weather conditions, this study integrates Phase Change Material (PCM) based on RT 52 into an active-type SWH system. PCM is employed to enhance thermal energy storage capacity by utilizing latent heat transfer mechanisms.

This research aims to design an active-type SWH-PCM system and to predict its thermal performance under fully-charged conditions with variations in heat flux and flow rate. The system is designed using a macro-encapsulation method, with cylindrical PCM containers placed inside the storage tank. Heat transfer occurs indirectly through a coil heat exchanger. The design and analysis are based on thermodynamic and heat transfer principles, with consideration of the thermal properties of the PCM, including thermal conductivity, latent heat, and melting point. Calculations and experiments were conducted under steady-state and ideal condition with flow rate variations of 3-6 LPM and heat flux levels of 800 W/m<sup>2</sup>, 1000 W/m<sup>2</sup>, dan 1200 W/m<sup>2</sup>, adjusted to technical assumptions.

The result indicate that using RT 52 as a PCM improves energy storage density, extends hot water availability, and reduces temperature fluctuations within the system. The solar collector efficiency obtained from the calculations reached 26,3% while total energy absorption rate reached 1270,72 W. From this amount, 399,8 W was effectively used to increase the water temperature to 78,91°C. The integration of PCM contributes positively to the thermal efficiency of the SWH system, with the system at a mass flow rate pf 3 LPM showing the highest melting efficiency of PCM, with an optimal heat transfer duration of ±250 minutes. This research is expected to serve as foundation for future-development of thermal-based renewable energy technologies and as a reference for more efficient and sustainable SWH system designs.

**Keyword:** Solar Water Heater (SWH), Phase Change Material (PCM), Thermal Energy Storage (TES), Design, Variation in mass flow rate, variation in flow rate.