

TUGAS AKHIR

**STUDI PENGARUH FLUIDA CNT–SiO₂ SEBAGAI
FLUIDA PERPINDAHAN PANAS TERHADAP
PENCAIRAN PARAFIN PADA *FINNED TUBE HEAT
EXCHANGER***



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2026**

ABSTRACT

Paraffin is one of the Phase Change Materials widely used in thermal energy storage due to its high latent heat, although its low thermal conductivity causes the melting process to proceed slowly. An improvement in heat transfer performance was achieved through a finned tube heat exchanger combined with a heat transfer fluid in the form of CNT–SiO₂ fluid. This study aims to determine the effect of CNT–SiO₂ fluid concentration variation on paraffin melting and on the heat transfer characteristics during the process. The research was conducted experimentally using a finned tube heat exchanger with paraffin as the PCM, along with working fluids consisting of water and CNT–SiO₂ fluid at concentrations of 0.1 wt%, 0.5 wt%, and 0.9 wt%. The HTF inlet temperature was varied at 60°C, 65°C, and 70°C, while the valve opening was varied using a Taguchi L9 design. The parameters analyzed included PCM melting time, average PCM temperature, fluid temperature difference, heat transfer rate, and heat transfer coefficient on the PCM side. The results show that variations in CNT–SiO₂ fluid concentration affect both paraffin melting and heat transfer characteristics. A concentration of 0.5 wt% produced the fastest melting time, at 65 minutes, or 21.7% faster than water, whereas a concentration of 0.9 wt% produced the best heat transfer characteristics, with the average ΔT_f increasing from 0.8°C to 6.3°C, the heat transfer rate increasing from 299.5 W to 1996.8 W, and the PCM-side heat transfer coefficient increasing from 26.8 to 270.0 W/m²·K. Taguchi and ANOVA analyses show that HTF inlet temperature has the greatest influence on PCM melting time, whereas CNT–SiO₂ fluid concentration is the most dominant factor affecting heat transfer characteristics. It can be concluded that a concentration of 0.5 wt% is the optimum concentration for accelerating paraffin melting, while 0.9 wt% provides the best heat transfer characteristics. These findings indicate that an improvement in heat transfer characteristics is not always followed by a faster melting time, so the performance evaluation of a PCM system needs to comprehensively consider several heat transfer parameters.

Keywords: Phase Change Material, paraffin, CNT–SiO₂ fluid, finned tube heat exchanger, Taguchi method.

ABSTRAK

Parafin merupakan salah satu *Phase Change Material* yang banyak digunakan pada *thermal energy storage* karena kalor latennya tinggi, namun konduktivitas termalnya rendah sehingga pencairan berlangsung lambat. Peningkatan performa perpindahan panas dilakukan melalui *finned tube heat exchanger* yang dipadukan dengan *heat transfer fluid* berupa fluida CNT–SiO₂. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi konsentrasi fluida CNT–SiO₂ terhadap pencairan parafin serta karakteristik perpindahan panas selama proses tersebut. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan *finned tube heat exchanger* dengan parafin sebagai PCM, serta fluida kerja berupa air dan fluida CNT–SiO₂ pada konsentrasi 0,1 wt%, 0,5 wt%, dan 0,9 wt%. Temperatur inlet HTF divariasikan pada 60°C, 65°C, dan 70°C, sedangkan bukaan katup divariasikan menggunakan rancangan Taguchi L9. Parameter yang dianalisis meliputi waktu pencairan PCM, temperatur rata-rata PCM, perbedaan temperatur fluida, laju perpindahan panas, dan koefisien perpindahan panas sisi PCM. Hasil menunjukkan variasi konsentrasi fluida CNT–SiO₂ berpengaruh terhadap pencairan parafin dan karakteristik perpindahan panas. Konsentrasi 0,5 wt% menghasilkan waktu pencairan tercepat, yaitu 65 menit atau 21,7% lebih cepat dibandingkan air, sedangkan konsentrasi 0,9 wt% menghasilkan karakteristik perpindahan panas terbaik, dengan peningkatan rata-rata ΔT_f dari 0,8°C menjadi 6,3°C, laju perpindahan panas dari 299,5 W menjadi 1996,8 W, serta koefisien perpindahan panas sisi PCM dari 26,8 menjadi 270,0 W/m²·K. Analisis Taguchi dan ANOVA menunjukkan temperatur inlet HTF paling berpengaruh terhadap waktu pencairan PCM, sedangkan konsentrasi fluida CNT–SiO₂ paling dominan memengaruhi karakteristik perpindahan panas. Dapat disimpulkan konsentrasi 0,5 wt% merupakan konsentrasi optimum untuk mempercepat pencairan parafin, sedangkan 0,9 wt% memberikan karakteristik perpindahan panas terbaik. Temuan ini menunjukkan peningkatan karakteristik perpindahan panas tidak selalu diikuti percepatan waktu pencairan, sehingga evaluasi performa sistem PCM perlu mempertimbangkan beberapa parameter perpindahan panas secara menyeluruh.

Kata kunci: *Phase Change Material*, parafin, fluida CNT–SiO₂, *finned tube heat exchanger*, metode Taguchi.