

## INTISARI

*Closed Loop Geothermal System (CLGS)* merupakan sistem pengambilan panas bumi yang menggunakan sistem tertutup untuk menghindari kontak langsung dengan formasi batuan, sehingga mengurangi risiko kontaminasi yang umum pada terjadi pada sistem terbuka. Salah satu pendekatan untuk meningkatkan efisiensi sistem ini adalah penggunaan fluida nano sebagai fluida kerja. Fluida nano yang dimana merupakan suspensi partikel nano dalam fluida dasar, menawarkan keunggulan termofisik seperti peningkatan konduktivitas termal, modifikasi viskositas, dan kestabilan termal yang lebih baik dibandingkan fluida konvensional. Salah satu nanopartikel yaitu *multi-walled carbon nanotubes (MWCNT)* merupakan partikel nano unggul karena konduktivitas termalnya yang sangat tinggi serta kestabilannya dalam berbagai kondisi operasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur dan fraksi volume partikel nano terhadap sifat termofisik fluida nano berbasis MWCNT dengan fluida dasar *mineral oil*. Eksperimen dilakukan dengan menguji densitas, viskositas, dan konduktivitas termal pada fraksi volume 0,025%, 0,050%, dan 0,075% serta variasi temperatur antara 30°C hingga 100°C. Metode pengujian mencakup pembuatan fluida nano homogen, pengukuran sifat termofisik dengan alat berpresisi tinggi, dan analisis regresi untuk membangun model prediksi berbasis data eksperimen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume MWCNT dari 0,025% ke 0,075% menyebabkan kenaikan konduktivitas termal fluida nano sebesar 6,4% dibandingkan fluida dasar mineral oil, sementara viskositas meningkat hingga 17% pada suhu 30°C. Densitas fluida nano juga mengalami peningkatan sekitar 0,5% dibandingkan fluida dasar. Sebaliknya, kenaikan temperatur dari 30°C hingga 100°C menurunkan densitas fluida nano sebesar 4,2% dan viskositas berkurang hingga 35%, sedangkan konduktivitas termal meningkat sebesar 8,7%. Model prediksi yang dikembangkan dari data eksperimen ini menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi dengan hasil pengujian, dengan error maksimum  $\pm 1\%$  untuk densitas dan  $\pm 4\%$  untuk viskositas.

**Kata Kunci:** fluida nano, MWCNT, konduktivitas termal, fraksi volume.

## ABSTRACT

The Closed Loop Geothermal System (CLGS) is a geothermal heat extraction system that uses a closed system to avoid direct contact with rock formations, thereby reducing the risk of contamination that is common in open systems. One method to enhance the efficiency of this system is the use of nanofluids as working fluids. Nanofluids, which are suspensions of nanoparticles in a base fluid, offer thermophysical advantages such as increased thermal conductivity, modified viscosity, and improved thermal stability compared to conventional fluids. Among various nanoparticles, multi-walled carbon nanotubes (MWCNT) stand out due to their exceptionally high thermal conductivity and stability under various operating conditions.

This study aims to analyze the effects of temperature variation and nanoparticle volume fraction on the thermophysical properties of MWCNT-based nanofluids in a *mineral oil* base fluid. Experiments were conducted to measure density, viscosity, and thermal conductivity at volume fractions of 0.025%, 0.050%, and 0.075%, with temperature variations ranging from 30°C to 100°C. The methodology includes the preparation of homogeneous nanofluids, precise thermophysical measurements, and regression analysis to develop a predictive model based on experimental data.

The results of this study indicate that increasing the MWCNT volume fraction from 0.025% to 0.075% enhances the thermal conductivity of the nanofluid by 6.4% compared to the base mineral oil, while the viscosity rises by up to 17% at 30°C. The density of the nanofluid also increases by approximately 0.5% relative to the base fluid. Conversely, raising the temperature from 30°C to 100°C reduces the nanofluid density by 4.2% and decreases the viscosity by up to 35%, while the thermal conductivity increases by 8.7%. The predictive model developed from experimental data shows a high degree of accuracy in representing the measured results, with maximum errors of  $\pm 1\%$  for density and  $\pm 4\%$  for viscosity.

**Keywords:** nanofluid, MWCNT, thermal conductivity, volume fraction.