

INTISARI

Teknologi *Closed Loop Geothermal System* (CLGS) menawarkan pendekatan inovatif dalam memanfaatkan panas bumi nonkonvensional. Sistem ini menggunakan fluida kerja dengan sistem tertutup tanpa kontak langsung dengan formasi batuan sehingga risiko kontaminasi dengan mineral batuan dan fenomena *scaling* dapat diminimalkan. Penggunaan nanofluida sebagai fluida kerja juga menarik untuk diteliti lebih lanjut. Nanofluida adalah jenis fluida kerja yang dihasilkan dengan mencampurkan nanopartikel berukuran 1–100 nm yang terdispersi ke dalam fluida dasar. Kombinasi nanopartikel dan fluida dasar memungkinkan optimalisasi sifat termofisika, seperti konduktivitas termal, viskositas, dan kapasitas panas. Dengan keunggulan ini, nanofluida menjadi dapat menjadi cara alternatif untuk meningkatkan efisiensi energi di sektor panas bumi.

Penelitian ini berfokus pada peningkatan perpindahan panas dengan mengevaluasi pengaruh jenis nanofluida dan laju aliran volumetrik dalam sistem CLGS. Penelitian dilakukan dengan melakukan simulasi numerik untuk memahami fenomena perpindahan panas selama operasi. Dengan konfigurasi alat penukar kalor *co-axial double pipe*, sistem ini dirancang dengan sederhana untuk skala laboratorium sebagai pendekatan dalam pengoperasian secara riil.

Hasil penelitian pada studi numerik ini menunjukkan bahwa variasi laju aliran volumetrik dan jenis nanofluida memiliki pengaruh terhadap efisiensi perpindahan panas dalam sistem CLGS dengan peningkatan 357–474 % dari suhu *inlet*. Laju aliran volumetrik yang lebih rendah dapat meningkatkan perpindahan panas konveksi dengan memberikan waktu lebih lama bagi fluida untuk menyerap panas. Selain itu, penggunaan nanofluida Carbon Nanotubes (CNT) menunjukkan peningkatan perpindahan panas yang paling tinggi (118,25 °C), diikuti oleh Graphene (116,35 °C), sementara nanofluida Titanium Oksida (TiO₂) menghasilkan peningkatan yang lebih rendah (115,87 °C) dan penurunan tekanan yang lebih besar (0,9 Pa pada laju aliran 2 LPM dan 5,6 Pa pada laju aliran 6 LPM). Namun, secara keseluruhan penggunaan nanofluida lebih unggul dibandingkan fluida dasar dalam hal efisiensi perpindahan panas.

Kata Kunci: closed loop geothermal, nanofluida, perpindahan panas, alat penukar kalor, sumur panas bumi

ABSTRACT

The Closed loop geothermal system (CLGS) technology offers an innovative approach to harnessing unconventional geothermal energy. This system uses working fluids in a closed-loop configuration without direct contact with the rock formations, thus minimizing the risk of contamination by rock minerals and scaling phenomena. The use of nanofluids as working fluids is also an intriguing area for further investigation. Nanofluids are a type of working fluid produced by dispersing nanoparticles of 1–100 nm size into a base fluid. The combination of nanoparticles and base fluids allows for the optimization of thermophysical properties, such as density, thermal conductivity, viscosity, and heat capacity. With these advantages, nanofluids can serve as an alternative method to improve energy efficiency in geothermal applications.

This research focuses on enhancing heat transfer by evaluating the effects of different types of nanofluids and volumetric flow rates in a CLGS. Numerical simulations were conducted to understand the heat transfer phenomena during operation. Using a co-axial double pipe heat exchanger configuration, the system is designed simply for laboratory-scale experiments as a real-world operational approach.

The results of this numerical study indicate that variations in volumetric flow rate and nanofluid type significantly impact heat transfer efficiency in the CLGS system, with an increase of 357–474% from the inlet temperature. A lower volumetric flow rate enhances convective heat transfer by allowing the fluid more time to absorb heat. Furthermore, the use of Carbon Nanotubes (CNT) nanofluid demonstrates the highest heat transfer enhancement (118,25°C), followed by Graphene (116,35°C), while Titanium Oxide (TiO₂) nanofluid results in a lower heat transfer improvement (115,87°C) and a greater pressure drop (0,9 Pa at 2 LPM and 5,6 Pa at 6 LPM). However, overall, the use of nanofluids proves to be superior to base fluids in terms of heat transfer efficiency

Keywords: *closed loop geothermal, nanofluid, heat transfer, heat exchanger, geothermal well*