UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Eksperimental Analisis Perngaruh Fluida Kerja terhadap Kapasitas Daya Termal dan Efisiensi Sistem pada Sistem Closed-Loop Geothermal
Abimanyu Rizal Hermawan, Dr. Ir. Khasani, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Sistem *closed-loop geothermal* (CLG) berkembang sebagai solusi teknologi *Advanced Geothermal Systems* (AGS) untuk mengekstraksi energi panas bumi tanpa perpindahan massa, sehingga mengeliminasi risiko *scaling*, korosi akibat *brine*, serta ketergantungan pada permeabilitas batuan reservoir. Meskipun demikian, sistem sirkulasi tertutup ini menghadapi tantangan berupa efisiensi ekstraksi panas yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem hidrotermal konvensional. Penelitian eksperimental ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jenis fluida kerja serta laju aliran terhadap kapasitas daya termal dan efisiensi sistem pada prototipe laboratorium CLG. Fluida kerja yang digunakan sebagai objek analisis adalah akuades (densitas 1000 kg/m^3, C_p 4180 $J/kg.℃$) dan *thermal oil* (densitas 857 kg/m^3, C_p 1630 $J/kg.℃$) yang dialirkan pada seksi uji pipa koaksial dengan variasi laju aliran volumetrik sebesar 0,1 LPM; 0,3 LPM; 0,6 LPM; dan 0,9 LPM. Sumber panas bumi disimulasikan menggunakan enam unit *heater* elektrik. Parameter temperatur masuk (T_{in}), temperatur keluar (T_{out}), serta penurunan tekanan (ΔP) direkam menggunakan *data logger* hingga mencapai kondisi tunak (*steady state*) pada menit ke-30. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa karakteristik termofisika fluida sangat menentukan performa penukaran kalor pada sistem. Akuades, dengan nilai kapasitas kalor spesifik yang jauh lebih tinggi, menghasilkan kapasitas daya termal (Q_{out}) dan efisiensi termal (η) keseluruhan yang lebih unggul dibandingkan *thermal oil* pada setiap variasi laju aliran. Peningkatan laju aliran dari 0,1 hingga 0,9 LPM mempercepat laju sirkulasi fluida dan meningkatkan kuantitas daya termal yang berhasil diekstraksi, meskipun menurunkan selisih temperatur keluar-masuk (ΔT) . Penelitian ini berhasil menentukan karakteristik performa optimal fluida kerja pada sistem *closed-loop geothermal* guna mendukung efisiensi transisi energi hijau di Indonesia.

Kata kunci: *Closed-loop geothermal*, fluida kerja, akuades, *thermal oil*, kapasitas daya termal, efisiensi termal

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Eksperimental Analisis Perngaruh Fluida Kerja terhadap Kapasitas Daya Termal dan Efisiensi Sistem pada Sistem Closed-Loop Geothermal
Abimanyu Rizal Hermawan, Dr. Ir. Khasani, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Closed-loop geothermal (CLG) systems are emerging as an Advanced Geothermal Systems (AGS) technology to extract geothermal energy without fluid mass transfer, thereby eliminating risks of scaling, brine-induced corrosion, and dependency on reservoir rock permeability. However, these closed circulation systems face a major challenge regarding lower heat extraction efficiency compared to conventional hydrothermal systems. This experimental study aims to analyze the effect of variations in the type of working fluid and volumetric flow rate on the thermal power capacity and overall system efficiency of a CLG laboratory prototype. The working fluids analyzed were aquades (density 1000 kg/m^3, C_p 4180 $J/kg.℃$) and thermal oil (density 857 kg/m^3, C_p 1630 $J/kg.℃$) which were circulated through a coaxial pipe test section at volumetric flow rate variations of 0.1 LPM, 0.3 LPM, 0.6 LPM, and 0.9 LPM. The subsurface geothermal heat source was simulated using six electric heater units. Inlet temperatur (T_{in}), outlet temperatur (T_{out}), and pressure drop (ΔP) parameters were recorded via a data logger until reaching a steady-state condition at the 30th minute. The experimental results reveal that the thermophysical properties of the fluids significantly dictate system performance. Due to its substantially higher specific heat capacity, aquades achieved a superior heat extraction rate (Q_{out}) and overall thermal efficiency (η) compared to thermal oil across all flow rate variations. Increasing the flow rate from 0.1 to 0.9 LPM accelerated fluid circulation and enhanced the extracted thermal power, despite decreasing the temperatur difference (ΔT) between the inlet and outlet. This research successfully establishes the optimal performance characteristics of working fluids in closed-loop geothermal systems to support an efficient green energy transition in Indonesia.

Keywords: Closed-loop geothermal, working fluid, aquades, thermal oil, thermal power capacity, thermal efficiency.