Studi Numerik Variasi Laju Aliran Massa Terhadap Temperatur Outlet pada Sistem Closed Loop Ground
Source Heat Pump dengan Konfigurasi Pipa U-tube
Agastya Martha Farendy, Dr. Ir. Khasaani, S.T., M.Eng, IPM., ASEAN Eng, Dr. Ir. Hifni Mukhtar Ariyadi, S.T., M.Sc., I
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Konsumsi energi listrik pada sektor rumah tangga di Indonesia terus meningkat, salah satunya diakibatkan oleh penggunaan sistem pendingin udara konvensional. *Ground Source Heat Pump* (GSHP) merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang berpotensi menjadi alternatif sistem pendingin udara karena memanfaatkan temperatur bawah permukaan tanah sebagai media pertukaran kalor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi laju aliran massa terhadap temperatur *outlet*, daya pompa, dan tenaga termal pada sistem *closed loop* GSHP dengan konfigurasi pipa U-tube.

Simulasi numerik dilakukan menggunakan perangkat lunak COMSOL Multiphysics 6.4 dengan model geometri tiga dimensi yang mengacu pada data Harris dkk. (2024), meliputi diameter sumur bor sebesar 107,95 mm dan kedalaman sumur bor sebesar 182,9 m. Variasi laju aliran massa yang digunakan adalah 0,07 kg/s; 0,87 kg/s; 1,67 kg/s; dan 2,67 kg/s, dengan temperatur *inlet* fluida kerja sebesar 25°C dan temperatur tanah tak terganggu (*undisturbed ground temperature*) sebesar 11°C. Simulasi dilakukan melalui dua jenis studi, yaitu *time dependent* pada satu jam pertama waktu operasi dan *stationary* untuk kondisi *steady-state*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada satu jam pertama waktu operasi, variasi laju aliran massa belum memberikan pengaruh signifikan terhadap temperatur fluida kerja. Namun, pada kondisi *steady-state*, variasi laju aliran massa terbukti memengaruhi temperatur *outlet*, dengan selisih temperatur (ΔT) terbesar terjadi pada laju aliran massa 1,67 kg/s sebesar 3,285°C dan ΔT terkecil pada laju aliran massa 0,07 kg/s sebesar 3,07°C. Peningkatan laju aliran massa juga meningkatkan kebutuhan daya pompa akibat kenaikan *pressure drop*, serta meningkatkan tenaga termal sistem dari 0,889 kWth menjadi 35,659 kWth. Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan laju aliran massa yang tepat perlu mempertimbangkan keseimbangan antara tenaga termal yang dihasilkan dan daya pompa yang dibutuhkan, agar sistem GSHP *U-tube* dapat beroperasi secara optimal, khususnya pada kondisi iklim tropis.

Kata kunci: *Ground Source Heat Pump*, pipa *U-tube*, laju aliran massa, perpindahan panas, daya pompa, tenaga termal, COMSOL Multiphysics.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Studi Numerik Variasi Laju Aliran Massa Terhadap Temperatur Outlet pada Sistem Closed Loop Ground
Source Heat Pump dengan Konfigurasi Pipa U-tube**
Agastya Martha Farendy, Dr. Ir. Khasaani, S.T., M.Eng, IPM., ASEAN Eng, Dr. Ir. Hifni Mukhtar Ariyadi, S.T., M.Sc., I
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Electricity consumption in Indonesia's residential sector continues to rise, partly driven by the widespread use of conventional air-conditioning systems. Ground Source Heat Pump (GSHP) is a renewable energy technology with the potential to serve as an alternative cooling system, as it utilizes subsurface ground temperature as a heat exchange medium. This study aims to analyze the effect of mass flow rate variation on outlet temperature, pump power, and thermal power in a closed loop GSHP system with a U-tube pipe configuration.

Numerical simulations were performed using COMSOL Multiphysics 6.4 software with a three-dimensional geometric model based on data from Harris et al. (2024), including a borehole diameter of 107.95 mm and a borehole depth of 182.9 m. The mass flow rate variations used were 0.07 kg/s, 0.87 kg/s, 1.67 kg/s, and 2.67 kg/s, with a working fluid inlet temperature of 25°C and an undisturbed ground temperature of 11°C.

Two types of studies were carried out: a time-dependent study for the first hour of operation, and a stationary study for steady-state conditions. The results show that during the first hour of operation, the mass flow rate variation had no significant effect on the working fluid temperature. However, under steady-state conditions, the mass flow rate variation was shown to affect the outlet temperature, with the largest temperature difference (ΔT) occurring at a mass flow rate of 1.67 kg/s at 3.285°C, and the smallest ΔT occurring at 0.07 kg/s at 3.07°C. Increasing the mass flow rate also increased the required pump power due to a rise in pressure drop, and increased the system's thermal power from 0.889 kWth to 35.659 kWth. These findings indicate that selecting an appropriate mass flow rate requires balancing the thermal power generated against the pump power required, so that the U-tube GSHP system can operate optimally, particularly under tropical climate conditions.

Keywords: *Ground Source Heat Pump, U-tube pipe, mass flow rate, heat transfer, pumping power, thermal power, COMSOL Multiphysics*