

ABSTRAK

ANALISIS EFEKTIVITAS *HEAT EXCHANGER* PADA MESIN SIMULATOR HIDROLIK SKALA LABORATORIUM

Wahyu Ibnu Hibban

(2026: xvi + 81 Halaman, 8 Gambar, 12 Tabel, 3 Lampiran)

Sistem hidrolik merupakan teknologi transmisi daya yang banyak digunakan dalam industri manufaktur, alat berat, dan laboratorium pendidikan. Namun, salah satu kendala utama dalam pengoperasian sistem hidrolik adalah akumulasi panas pada fluida kerja yang dapat meningkatkan temperatur oli hingga melampaui batas aman operasi. Temperatur yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan viskositas fluida, peningkatan kebocoran internal, penurunan efisiensi volumetrik dan mekanik, serta mempercepat keausan komponen sistem. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendinginan yang efektif untuk menjaga temperatur oli hidrolik tetap dalam batas operasi yang aman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas *heat exchanger* pada mesin simulator hidrolik skala laboratorium dengan konfigurasi aliran *counter flow*. Parameter yang dianalisis meliputi karakteristik temperatur dan laju aliran oli hidrolik, laju perpindahan panas, *Log Mean Temperature Difference* (LMTD), *Number of Transfer Units* (NTU), serta efektivitas *heat exchanger*. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimen dengan pengambilan data pada interval waktu 5, 10, 15, 20, dan 25 menit setelah sistem mencapai kondisi *steady state*. Data yang diukur meliputi temperatur masuk dan keluar oli hidrolik, temperatur masuk dan keluar air pendingin, serta laju aliran kedua fluida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *heat exchanger* mampu menurunkan temperatur oli hidrolik secara signifikan dari rata-rata 78,68°C menjadi 28,56°C, dengan perbedaan temperatur rata-rata (ΔT_h) mencapai 50,1°C. Laju perpindahan panas aktual rata-rata tercatat sebesar 5.989 W (sekitar 6 kW) dengan fluktuasi hanya 2,9% selama 25 menit pengujian. Nilai LMTD rata-rata mencapai 16,31°C, sedangkan NTU meningkat dari 1,549 menjadi 1,665 dengan rata-rata 1,585. Efektivitas *heat exchanger* mencapai nilai tertinggi 72,1% pada menit ke-25 dengan rata-rata 70,6% selama seluruh pengujian. Berdasarkan klasifikasi efektivitas, nilai ini termasuk dalam kategori "Kinerja Baik" (60-80%), yang menunjukkan bahwa *heat exchanger* mampu memanfaatkan 72,1% dari potensi perpindahan panas maksimum yang secara teoritis dapat dicapai. Evaluasi kinerja menunjukkan bahwa pada kondisi *steady state*, efektivitas *heat exchanger* tidak lagi dipengaruhi secara signifikan oleh waktu operasi karena efektivitas merupakan fungsi dari NTU dan rasio kapasitas panas, bukan fungsi dari waktu. Dengan temperatur keluar oli yang berada di bawah batas aman operasi (di bawah 60°C), *heat exchanger* terbukti bekerja secara efektif dan konsisten dalam menjaga keseimbangan termal sistem hidrolik skala laboratorium.

Kata Kunci: Efektivitas, *Heat Exchanger*, *Counter Flow*, LMTD, NTU, Oli Hidrolik.

ABSTRACT

EFFECTIVENESS ANALYSIS OF A HEAT EXCHANGER IN A LABORATORY SCALE HYDRAULIC SIMULATOR SYSTEM

Wahyu Ibnu Hibban

(2026: xvi + 81 pp., 8 Figures, 12 Tables, 3 Attachments)

Hydraulic systems are power transmission technologies widely used in manufacturing industries, heavy equipment, and educational laboratories. However, one of the main challenges in hydraulic system operation is heat accumulation in the working fluid, which can increase oil temperature beyond safe operating limits. Excessive temperatures cause decreased fluid viscosity, increased internal leakage, reduced volumetric and mechanical efficiency, and accelerated component wear. Therefore, an effective cooling system is required to maintain hydraulic oil temperature within safe operating limits. This research aims to analyze the effectiveness of a heat exchanger in a laboratory-scale hydraulic simulator system with a counter-flow configuration. The analyzed parameters include temperature characteristics and hydraulic oil flow rate, heat transfer rate, Log Mean Temperature Difference (LMTD), Number of Transfer Units (NTU), and heat exchanger effectiveness. The research method employed an experimental approach with data collection at time intervals of 5, 10, 15, 20, and 25 minutes after the system reached steady-state conditions. Measured data included hydraulic oil inlet and outlet temperatures, cooling water inlet and outlet temperatures, and flow rates of both fluids. The results showed that the heat exchanger significantly reduced hydraulic oil temperature from an average of 78.68°C to 28.56°C, with an average temperature difference (ΔT_h) reaching 50.1°C. The average actual heat transfer rate was recorded at 5,989 W (approximately 6 kW) with only 2.9% fluctuation over 25 minutes of testing. The average LMTD value reached 16.31°C, while NTU increased from 1.549 to 1.665 with an average of 1.585. The heat exchanger effectiveness reached its highest value of 72.1% at the 25th minute with an average of 70.6% throughout the entire testing period. Based on the effectiveness classification, this value falls into the "Good Performance" category (60-80%), indicating that the heat exchanger is capable of utilizing 72.1% of the maximum theoretical heat transfer potential. Performance evaluation shows that under steady-state conditions, heat exchanger effectiveness is no longer significantly influenced by operating time because effectiveness is a function of NTU and heat capacity ratio, not a function of time. With oil outlet temperatures remaining below safe operating limits (below 60°C), the heat exchanger has proven to work effectively and consistently in maintaining the thermal balance of the laboratory-scale hydraulic system.

Keywords : *Effectiveness, Heat Exchanger, Counter Flow, LMTD, NTU, Hydraulic Oil.*