

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

SKRIPSI



**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Sarjana
Terapan Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan**

Oleh:

**Wahyu Ibnu Hibban
NPM. 062240212053**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

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

THESIS



**Submitted to Comply with Terms of Study Completion in Mechanical
Engineering Production and Maintenance Study Program**

Oleh:

**Wahyu Ibnu Hibban
NPM. 062240212053**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
SRIWIJAYA STATE POLYTECHNIC
PALEMBANG
2026**

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



SKRIPSI

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi Sarjana Terapan
Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Jurusan Teknik Mesin

Palembang, Juli 2026
Menyetujui,

Dosen Pembimbing Utama,

Dwi Arnoldi, S.T., M.T.
NIP. 196312241989031002

Dosen Pembimbing Pendamping,

Ir. Zainuri Anwar, S.T., M.Eng., IPP
NIP. 19910816202231004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Ir. Fenoria Putri, S.T., M.T.
NIP. 19720220 199802 2 001

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi ini diajukan oleh:

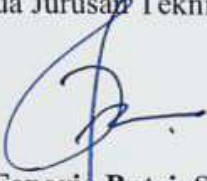
Nama : Wahyu Ibnu Hibban
NPM : 062240212053
Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin/ D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Rencana Judul : **ANALISIS EFEKTIVITAS *HEAT EXCHANGER* PADA MESIN SIMULATOR HIDROLIK SKALA LABORATORIUM**

Telah selesai diuji dalam Ujian Skripsi Sarjana Terapan di hadapan Tim Dosen Penguji pada tanggal 26 Juni 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

TIM DOSEN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Ahmad Junaidi, S.T., M.T. NIP. 196607111990031001	Penguji 1		22/7 2026
2.	Romi Wilza, S.T., M.Eng.Sc. NIP. 197306282001121001	Penguji 2		22/7 2026
3.	Ir. Zainuri Anwar, S.T., M.Eng., IPP. NIP. 199108162022031004	Penguji 3		27/6 2026
4.	H. Indra Gunawan, S.T., M.Si. NIP. 19651111199303100	Penguji 4		27/7 2026

Palembang,2026
Ketua Jurusan Teknik Mesin,


Ir. Fenoria Putri, S.T., M.T.
NIP. 197202201998022001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wahyu Ibnu Hibban
NPM : 062240212053
Tempat/Tanggal lahir : Baturaja, 20 Januari 2004
Alamat : Jl. Teratai V RT 002 RW 001 Air Paoh, Baturaja Timur, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan.
No. Telepon : +62 856 5892 0076
Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin / D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Judul Skripsi : **ANALISIS EFEKTIVITAS *HEAT EXCHANGER* PADA MESIN SIMULATOR HIDROLIK SKALA LABORATORIUM**

Menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dengan didampingi oleh Tim Pembimbing dan **bukan hasil penjiplakan/plagiat**. Apabila di kemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat di dalam Skripsi yang saya buat, saya bersedia menerima sanksi akademik dari Jurusan Teknik Mesin dan Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar, kondisi sehat, dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Palembang,



Wahyu Ibnu Hibban
NPM. 062240212053

HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI JURNAL

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wahyu Ibnu Hibban
NPM : 062240212053
Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin/ D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Judul : **Analisis Efektivitas *Heat Exchanger* Pada Mesin Simulator Hidrolik Skala Laboratorium**

Memberi izin kepada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya dan Dosen Pembimbing dalam mempublikasi riset dari hasil Tugas Akhir/ Skripsi saya dengan tujuan kepentingan akademik jika dalam kurun waktu 6 (enam) bulan setelah Yudisium saya tidak juga mempublikasikan karya ilmiah saya (setidaknya menerima bukti *Letter of Acceptance* dari Jurnal yang dituju). Untuk kasus ini saya bersedia menempatkan Dosen Pembimbing untuk menjadi penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Palembang,



Wahyu Ibnu Hibban
NPM. 062240212053

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

"Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal itu baik bagimu."

(QS. Al-Baqarah: 216)

Sering kali kita mengeluh pada suatu proses, tanpa menyadari bahwa proses itulah yang sedang mempersiapkan kita untuk sesuatu yang lebih baik.

(Penulis)

"Awalnya saya mengejar nilai, lalu mengejar dosen pembimbing, dan akhirnya mengejar deadline"

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak dan Ibu, atas doa, kasih sayang, dukungan, serta pengorbanan yang tiada henti. Kepada kedua saudaraku, terima kasih atas semangat, perhatian, dan motivasi yang selalu diberikan. Tak lupa kepada keluarga, sahabat, dan orang-orang terdekat yang senantiasa hadir memberikan dukungan dan doa dalam setiap proses. Serta kepada almamater biru muda kebanggaanku, Politeknik Negeri Sriwijaya, yang telah menjadi tempat penulis menimba ilmu, pengalaman, dan berbagai pelajaran berharga.

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.*

PRAKATA

Alhamdulillahirobbil'alamin, penulis panjatkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Proposal Skripsi ini tepat pada waktunya. Adapun terwujudnya Proposal Skripsi ini adalah berkat bimbingan dan bantuan serta petunjuk dari berbagai pihak yang tak ternilai harganya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan Proposal Skripsi ini, yaitu kepada:

1. Orangtuaku tercinta, Bapak dan Ibu, serta Saudara-saudaraku yang senantiasa memberikan do'a, dukungan, dan semangat tanpa henti.
2. Bapak Ir. Irawan Rusnadi, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Ibu Ir. Fenoria Putri, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Adian Aristia Anas, S.T., M.Sc., IPM. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Ibu Ir. Hj. Ella Sundari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi D–IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Bapak Dwi Arnoldi, S.T., M.T. sebagai Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dan membantu penulis menyelesaikan Proposal Skripsi ini.
7. Bapak Ir. Zainuri Anwar, S.T., M.Eng., IPP. sebagai Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan penulis menyelesaikan Proposal Skripsi ini.
8. Teman – teman seperjuangan terbaikku, kelas 8 PPB yang telah berjuang bersama – sama selama menyelesaikan studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam tulisan Proposal Skripsi ini. Penulis secara terbuka menerima kritik dan saran dari pembaca agar ke depannya penulis dapat membuat tulisan dan laporan yang lebih baik.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan yang telah diberikan oleh semua pihak, semoga kebaikan menjadi amal ibadah dan mendapatkan Ridha dari Allah SWT, Aamin ... Yaa Rabbal'alamin.

Palembang, April 2026

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI JURNAL	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GRAFIK	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Manfaat Penelitian	3
1.4.2 Tujuan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Sistem Hidrolik	5
2.1.2 Oli Hidrolik	6
2.1.3 Perpindahan Panas	7
2.2.3.1 Konduksi	7
2.2.3.2 Konveksi.....	8
2.2.3.3 Radiasi	9
2.1.4 <i>Heat Exchanger</i>	9
2.1.5 Jenis-Jenis <i>Heat Exchanger</i>	10
2.2.5.1 <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	10
2.2.5.2 <i>Plate Heat Exchanger</i>	10
2.2.5.3 <i>Double Heat Exchanger</i>	11
2.1.6 Klasifikasi Berdasarkan Pola Aliran.....	11
2.2.6.1 <i>Paralle Flow</i>	11
2.2.6.2 <i>Counterflow</i>	12
2.2.6.3 <i>Crossflow</i>	12
2.1.7 Metode LMTD.....	13
2.1.8 Metode NTU dan Efektivitas.....	14

2.2.8.1	<i>Number Of Transfer unit (NTU)</i>	14
2.2.8.2	Efektivitas	14
2.1.9	Parameter Acuan Efektivitas <i>Heat Exchanger</i>	15
2.2.9.1	Batas Temperatur Aman Fluida Hidrolik	15
2.2.9.2	Interprestasi Kerja Efektivitas <i>Heat Exchanger</i>	16
2.2.9.3	Hubungan Efektivitas dan Parameter Operasi	18
2.2	Kajian Pustaka	19
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1	Metode Penelitian	21
3.2	Lokasi dan Jadwal Penelitian	21
3.3	Diagram Alir Kegiatan	22
3.4	Observasi Lapangan	22
3.5	Alat dan Bahan	23
3.5.1	Alat	24
3.5.2	Bahan	24
3.6	Objek Penelitian	24
3.7	Variabel Penelitian	26
3.8	Metode Pengambilan Sampel	27
3.9	Data Primer dan Data Sekunder	27
3.9.1	Data Primer	27
3.9.2	Data Sekunder	28
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1	Metode Analisa Data	30
4.1.1	Metode Teoritis	30
4.1.2	Perhitungan Observasi Langsung Sebelum Penelitian	32
4.2	Data Hasil Pengukuran Langsung	35
4.3	Perhitungan Parameter Perpindahan Panas	37
4.3.1	Konversi Debit ke Laju Aliran Massa	37
4.3.2	Kebutuhan Perpindahan Panas	38
4.3.3	Kapasitas Panas dan Rasio Kapasitas	39
4.3.4	LMTD dan Perpindahan Panas	40
4.3.5	NTU dan Efektivitas	41
4.3.6	Rekapitulasi Hasil Perhitungan	42
4.4	Analisis dan Pembahasan	42
4.4.1	Grafik Temperatur Oli Terhadap Waktu	43
4.4.2	Grafik Temperatur Air Terhadap Waktu	44
4.4.3	Garfik Laju Perpindahan Panas Terhadap Waktu	45
4.4.4	Grafik <i>Log Mean Temperature Difference</i> Terhadap Waktu	46
4.4.5	Grafik <i>Number Of Transfer Unit</i> Terhadap Waktu	47
4.4.6	Grafik Efektivitas Terhadap Waktu	48
4.4.7	Hubungan Waktu Dengan Efektivitas <i>Heat Exchanger</i>	50
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1	Kesimpulan	51

5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Jenis HE <i>Shell and Tube</i>	10
Gambar 2.2 Jenis HE <i>Plate</i>	10
Gambar 2.3 Jenis HE <i>Double Pipe</i>	11
Gambar 2.4 Aliran <i>Pararell Flow</i>	11
Gambar 2.5 Aliran <i>Counterflow</i>	12
Gambar 2.6 Aliran <i>Crossflow</i>	12
Gambar 3.1 Diagram Alir	22
Gambar 3.2 Diagram Skema Sistem Pendinginan Mesin Simulator Hidrolik	25

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komponen dan Fungsi	5
Tabel 2.2 Batas Temperatur Fluida (Oli) Hidrolik	16
Tabel 2.3 Nilai Efektivitas <i>Heat Exchanger</i>	17
Tabel 3.1 Peralatan yang Digunakan	24
Tabel 3.2 Bahan yang Diperlukan	24
Tabel 3.3 Contoh Pengambilan Data	28
Tabel 3.4 Contoh Data Hasil Perhitungan	29
Tabel 4.1 Tabel Pengambilan Data	36
Tabel 4.2 Tabel Hasil Perhitungan Laju Perpindahan Panas	38
Tabel 4.3 Tabel Hasil Perhitungan LMTD dan Luas Perpindahan Panas.....	40
Tabel 4.4 Tabel Hasil Perhitungan NTU dan Efektivitas	42
Tabel 4.5 Tabel Rekapitulasi Hasil Semua Perhitungan	42

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1 Temperatur Oli Terhadap Waktu	43
Grafik 4.2 Temperatur Air Terhadap Waktu.....	44
Grafik 4.3 Laju Perpindahan Panas Terhadap Waktu	45
Grafik 4.4 <i>Log Mean Temperature Difference</i> Terhadap Waktu	46
Grafik 4.5 <i>Number Of Transfer Unit</i> Terhadap Waktu.....	47
Grafik 4.6 Efektivitas Terhadap Waktu	48

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Notasi:

Q	= Laju perpindahan panas (W)
k	= Konduktivitas termal material (W/m.K)
A	= Luas penampang perpindahan panas (m ²)
ΔT	= Perbedaan temperatur (K)
Δx	= Ketebalan material (m)
T_s	= Temperatur permukaan (K)
T_f	= Temperatur fluida (K)
q	= Laju perpindahan panas radiasi (W)
ε	= Emisivitas permukaan
σ	= Konstanta Stefan–Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}$ W/m ² .K ⁴)
T	= Temperatur absolut permukaan (K)
T_{ing}	= Temperatur lingkungan (K)
U	= Koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/m ² .K)
ΔT_{lm}	= Perbedaan temperatur logaritmik rata-rata (K)
ΔT_1	= Beda temperatur pada sisi masuk
ΔT_2	= Beda temperatur pada sisi keluar
C_{min}	= Kapasitas panas minimum fluida (W/K)
$T_{\text{h in}}$	= Temperatur masuk fluida panas (°C)
$T_{\text{h out}}$	= Temperatur keluar fluida panas (°C)
$T_{\text{c in}}$	= Temperatur masuk fluida dingin (°C)
$T_{\text{c out}}$	= Temperatur keluar fluida dingin (°C)
ρ	= Massa jenis fluida
Q	= Debit volumetrik (m ³ /s)
m	= laju aliran massa fluida (kg/s)
C_p	= Kalor Jenis Fluida (J/kg.K)
Q_{aktual}	= Panas yang dilepas sistem
Q_{max}	= Panas maksimum secara teoritis
H	= Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m ² .K)

Singkatan:

HE = *HEAT EXCHANGER*

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Dokumentasi Pembuatan Alat dan Pengambilan Data
- Lampiran 1 Surat Mitra
- Lampiran 2 Lembar Rekomendasi Seminar Skripsi