

ANALISIS PERHITUNGAN LAJU PERPINDAHAN PANAS DAN
EFEKTIVITAS KONDENSOR DENGAN VARIASI TEKANAN
VAKUM PADA PLTU



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

NAMA : DANDY ARIEF
NIM : 41321110010

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PERHITUNGAN LAJU PERPINDAHAN PANAS DAN EFEKTIVITAS KONDENSOR DENGAN VARIASI TEKANAN VAKUM PADA PLTU



Disusun Oleh:

Nama : Dandy Arief
NIM : 41321110010
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA 1 (S1)
MARET 2025

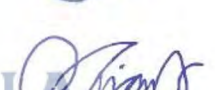
HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dandy Arief
NIM : 41321110010
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Analisis Perhitungan Laju Perpindahan Panas dan Efektivitas Kondensor Dengan Variasi Tekanan Vakum pada PLTU

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian pernyataan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata I pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan Oleh:

Pembimbing TA : Fajar Anggara, ST. M.Eng ()
NIDN : 0320089101
Ketua Penguji : Ir. Nurato, ST., MT., Ph.D ()
NIDN : 0313047302
Penguji 1 : Dafit Feriyanto, S.T., M.Eng., Ph.D ()
NIDN : 0310029004
Penguji 2 : Fajar Anggara, ST. M.Eng ()
NIDN : 0320089101

Jakarta, 11 Juli 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M. T.

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Imam Hidayat, M.T.

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Dandy Arief
NIM : 41321110010
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Analisis Perhitungan Laju Perpindahan Panas dan Efektivitas Kondensor Dengan Variasi Tekanan Vakum pada PLTU

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 11 Juli 2025

The image shows a red official stamp of Universitas Mercu Buana, featuring the university's logo and name. Overlaid on the stamp is a handwritten signature in black ink. Below the stamp, the name 'Dandy Arief' is printed.

Dandy Arief

PENGHARGAAN

Puji syukur kepada Tuhan Maha Esa yang telah memberi kekuatan, kemampuan dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah memenuhi salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk dapat menyelesaikan Pendidikan Strata-1 Jurusan Teknik Mesin di Universitas Mercu Buana. Judul Tugas Akhir ini adalah “Analisis Perhitungan Laju Perpindahan Panas dan Efektivitas Kondensor dengan Variasi Tekanan Vakum pada PLTU”

Tugas Akhir ini merupakan sebuah upaya untuk mengetahui dan menyelaraskan antara pengetahuan yang diperoleh saat kuliah dan di dunia kerja. Banyak bantuan dari berbagai pihak dalam penulisan laporan ini, Maka penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M. Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
4. Fajar Anggara, ST. M.Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Rakhmawan selaku Asisten Manajer HAR Turbin Unit 1-4.
6. Arifin selaku Team Leader HAR Turbin Unit 1-4.
7. Sandro selaku Team Leader pemeliharaan Pompa dan Kompresor Unit 1-4.
8. Viki dari tim HAR Turbin Unit 1-4 yang telah membimbing dan membantu penulis dalam memperoleh data Tugas Akhir.
9. Seluruh tim HAR Turbin Unit 1-4 yang telah memberikan pemahaman dan wawasan mendalam mengenai operasi dan pemeliharaan sistem PLTU di PT. PLN Indonesia Power UBP Suralaya.
10. Kedua orang tua dan kakak saya atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang tidak pernah putus.
11. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin tahun 2021 yang saling mendukung.

Diharapkan agar laporan Tugas Akhir yang telah diselesaikan ini bisa bermanfaat bagi kemajuan kehidupan masyarakat, terutama dalam bidang Teknik Mesin.

ABSTRAK

Kondensor merupakan salah satu komponen vital dalam siklus PLTU yang berkontribusi besar terhadap terjadinya losses dan mempengaruhi kinerja pembangkit. Uap keluaran dari LP Turbin dialirkan ke kondensor untuk mengalami proses kondensasi, yaitu perubahan fasa dari uap jadi air kondensat. Air kondensat ini selanjutnya dimanfaatkan kembali untuk air pengisi boiler. Mengingat peran penting kondensor dalam siklus PLTU, diperlukan analisis perhitungan laju perpindahan panas dan efektivitas kondensor dengan variasi tekanan vakum. Metode LMTD digunakan untuk menghitung laju perpindahan panas dan metode NTU-Effectiveness digunakan untuk menghitung efektivitas kondensor. Hasil dari kedua metode tersebut digunakan sebagai parameter evaluasi terhadap kinerja kondensor. Hasil analisis menunjukkan bahwa laju perpindahan panas paling tinggi sebesar 395,52 MW terjadi pada tekanan vakum 699,27 mmHg (0,08096 bar), sedangkan nilai paling rendah sebesar 330,48 MW pada tekanan vakum 702,97 mmHg (0,07603 bar). Efektivitas kondensor paling tinggi mencapai 99,18% dan paling rendah 98,84% pada tekanan vakum yang sama. Semakin tinggi nilai tekanan vakum (gauge) dalam kondensor maka akan mempengaruhi ketidakstabilan kinerja kondensor seperti berkurangnya laju perpindahan panas dan efektivitas yang menyebabkan proses perpindahan panas tidak ideal.

Kata Kunci: Laju Perpindahan Panas Kondensor, Efektivitas Kondensor, Tekanan Vakum Kondensor.



***ANALYSIS OF THE CALCULATED HEAT TRANSFER RATE AND
CONDENSER EFFECTIVENESS WITH VACUUM
PRESSURE VARIATIONS IN PLTU***

ABSTRACT

The condenser is a vital component in the PLTU cycle that contributes significantly to losses and affects the performance of the plant. The output steam from the LP Turbine is flowed to the condenser to undergo a condensation process, namely a phase change from steam to condensate water. The condensate water is then reused as boiler feed water. Considering the important role of the condenser in the PLTU cycle, an analysis of the calculated heat transfer rate and condenser effectiveness with vacuum pressure variation is required. The LMTD method is used to calculate the heat transfer rate and the NTU-Effectiveness method is used to calculate the condenser effectiveness. The results of both methods are used as evaluation parameters for condenser performance. The analysis results show that the highest heat transfer rate of 395.52 MW occurs at a vacuum pressure of 699.27 mmHg (0.08096 bar), while the lowest value is 330.48 MW at a vacuum pressure of 702.97 mmHg (0.07603 bar). The highest condenser effectiveness reaches 99.18% and the lowest is 98.84% at the same vacuum pressure. The higher the vacuum pressure (gauge) in the condenser, the more unstable the condenser performance will be, such as reducing the heat transfer rate and effectiveness, resulting in a less than ideal heat transfer process.

Keywords: *Condenser Heat Transfer Rate, Condenser Effectiveness, Condenser Vacuum Pressure*

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SIMBOL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Gambaran Umum Kondensor	8
2.2.1 Klasifikasi Jenis Kondensor	8
2.2.2 Zona Kondensasi	10
2.3 Analisis Termodinamika	11
2.3.1 Hukum Kekekalan Massa	11
2.4 Energi Konsiderasi	13
2.4.1 <i>Energy Balance</i>	13
2.4.2 Perpindahan Panas	15
2.5 Perpindahan Panas Akibat Aliran Fluida di Luar Pipa	17
2.5.1 Zona <i>Desuperheating</i> dan <i>Subcooling</i>	17
2.5.2 Zona <i>Condensing</i>	20
2.5.3 Temperatur Dinding Pipa	23

2.6 Perpindahan Panas Akibat Aliran Fluida di Dalam Pipa	24
2.6.1 <i>Overall Heat Transfer Coefficient</i>	25
2.6.2 <i>Log Mean Temperature Difference</i>	26
2.7 Metode NTU-Effectiveness (<i>Number of Transfer Unit-Effectiveness</i>)	28
BAB III METODOLOGI	31
3.1 Diagram Alir	31
3.1.1 Studi Literatur	32
3.1.2 Survei Lapangan di PLTU Suralaya Unit 1-4	32
3.1.3 Pengambilan Data Spesifikasi dan Data Aktual Kondensor	32
3.1.4 Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas Konveksi di Dalam Tube	33
3.1.5 Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas Konveksi di Luar Tube	35
3.1.6 Perhitungan Dengan Metode LMTD (<i>Log Mean Temperature Difference</i>)	38
3.1.7 Perhitungan NTU (<i>Number of Transfer Unit</i>) dan <i>Effectiveness</i>	38
3.2 Alat dan Bahan	39
3.2.1 Alat	39
3.2.2 Bahan	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Data Spesifikasi dan Data Aktual Kondensor PLTU Suralaya Unit 1	41
4.2 Koefisien Perpindahan Panas Konveksi di Dalam Tube	42
4.3 Koefisien Perpindahan Panas Konveksi di Luar Tube	45
4.3.1 Laju Perpindahan Panas pada Zona <i>Desuperheating</i>	45
4.3.2 Laju Perpindahan Panas pada Zona <i>Subcooling</i>	50
4.3.3 Laju Perpindahan Panas pada Zona <i>Condensing</i>	53
4.4 Perhitungan ΔT_{lm} Dengan Metode LMTD (<i>Log Mean Temperature Difference</i>)	57
4.5 Perhitungan Laju Perpindahan Panas Total (q)	60
4.6 Perhitugan <i>Overall Heat Transfer Coefficient Total</i> (U)	61
4.7 Perhitungan NTU (<i>Number of Transfer Unit</i>) dan <i>Effectiveness</i>	61
4.7.1 Perhitungan Kapasitas Panas	61
4.7.2 Perhitungan NTU-Effectiveness	62
4.8 Analisis Hasil Perhitungan untuk Menilai Pengaruh Variasi Tekanan Vakum terhadap Laju Perpindahan Panas dan Efektivitas Kondensor	63

BAB V PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
 DAFTAR PUSTAKA	 67
LAMPIRAN	69
Lampiran 1. Tabel A1 <i>Thermophysical properties of Selected Methallic Solids</i>	69
Lampiran 2. Tabel A4 <i>Properties Saturated Water - Temperature Table</i>	71
Lampiran 3. Tabel A5 <i>Properties Saturated Water - Pressure Table</i>	72
Lampiran 4. Tabel A6 <i>Thermophysical Properties of Saturated Water</i>	73
Lampiran 5. Tabel <i>Representative Fouling Factor</i> Pada <i>Heat Exchanger</i>	74
Lampiran 6. Tabel Hasil Perhitungan Pada Variasi Tekanan Vakum	75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. <i>Spray Condenser</i>	8
Gambar 2. 2. <i>Jet Surface Condenser</i>	9
Gambar 2. 3. <i>Single Pass Condenser</i>	10
Gambar 2. 4. <i>Two Pass Condenser</i>	10
Gambar 2. 5. Zona Kondensasi	11
Gambar 2. 6. Konservasi Energi Pada Volume Atur	13
Gambar 2. 7. Aliran Fluida melintasi (a) <i>Aligned Tube</i> dan (b) <i>Staggered Tube</i>	18
Gambar 2. 8. Susunan <i>Tube</i> (a) <i>Aligned</i> (b) <i>Staggered</i>	19
Gambar 2. 9. <i>Film Condensation in Radial System</i>	21
Gambar 2. 10. Distribusi Temperatur Dinding Pipa	24
Gambar 2. 11. Aliran Paralel	27
Gambar 2. 12. <i>Counter Flow</i>	28
Gambar 3. 1. Flowchart Alir Penyusunan Tugas Akhir	31
Gambar 3. 2. Flowchart Perhitungan <i>Mass Flow Rate Sea Water</i> dan <i>Steam</i>	33
Gambar 3. 3. Flowchart Perhitungan Nilai Reynold Number	34
Gambar 3. 4. Flowchart Laju Perpindahan Panas pada Zona Desuperheating serta Subcooling	35
Gambar 3. 5. Flowchart Laju Perpindahan Panas pada Zona Condensing	37
Gambar 3. 6. Flowchart Perhitungan Metode LMTD	38
Gambar 3. 7. Flowchart Perhitungan Perpindahan Panas, Overall Heat Transfer serta Efektivitas Kondensor	39
Gambar 4. 1 Gambar Penempatan Tube Staggered	47
Gambar 4. 2 Grafik Distribusi Temperatur	57
Gambar 4. 3 Faktor koreksi cross flow	60
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Tekanan Vakum dengan Laju Perpindahan Panas	63
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Tekanan Vakum dengan Efektivitas	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2. 2. Konstanta Persamaan	20
Tabel 3. 1. Spesifikasi Kondensor PLTU Suralaya Unit 1-4	40
Tabel 4. 1. Spesifikasi Kondensor	41
Tabel 4. 2. Data Aktual Kondensor bulan Maret 2025	42
Tabel 4. 3. Hasil Perhitungan Data Aktual Kondensor	63



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
T_{ci}	Temperatur Masuk Fluida Dingin
T_{co}	Temperatur Keluar Fluida Dingin
T_{hi}	Temperatur Masuk Fluida Panas
T_{ho}	Temperatur Keluar Fluida Panas
μ_f	Viskositas Absolut
V_f	Specific volume
ρ_f	Density
K_f	Thermal conductivity
Pr	Prandtl number
cp_c	Specific heat
N_{total}	Jumlah keseluruhan tube
$\dot{m}_c$	Laju Aliran Massa Air Laut
$\dot{m}_h$	Laju Aliran Massa Uap
A	Luas Penampang Tube
V	Kecepatan Aliran Air Laut pada Tube
h_o	Koefisien Konveksi Aliran di luar Tube
h_i	Koefisien Konveksi Aliran di dalam Tube
D_i	Diameter dalam tube
D_o	Diameter luar tube
Re_D	Reynold Number
N_{uD}	Nusselt Number
Ja	Jacob number
U	Heat Transfer Coefficient
q	Laju Perpindahan Panas
V_{cooler}	Kecepatan Aliran Air Pendingin
V_{steam}	Kecepatan Aliran Uap
$h_{g,i}$	Enthalpy, Sat. Liquid, Interpolasi
Q	Laju Aliran Air Pendingin
Q'	Laju Aliran Air Pendingin masing-masing Kondensor
U_f	Internal Energy, Sat. Liquid

h_f	Enthalpy, Sat. Liquid
P	Pressure
C	Constant for Vertical Tube
g	Tekanan Gravitasi
T_s	temperature surface
T_f	Temperature Film
h'_{fg}	Panas Laten
F	Faktor Koreksi
ε	Efektivitas
S_D	Diagonal Pitch
S_T	Transverse Pitch
S_L	Longitudinal Pitch
h_{fg}	Enthalpy, Evap
T_{sat}	Temperature Saturated
T_{mean}	Temperature rata-rata

