



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



# **ANALISIS PENGARUH *TUBE PLUGGING* DAN *FOULING* TERHADAP PERFORMA KONDENSOR DI PLTU OMBILIN**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh:

**Raihan Farouq Ahmad**

**NIM. 1902321009**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**AGUSTUS, 2022**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



# **ANALISIS PENGARUH *TUBE PLUGGING* DAN *FOULING* TERHADAP PERFORMA KONDENSOR DI PLTU OMBILIN**

**Sub Judul :** Analisis Pengaruh *Tube Plugging* dan *Fouling* Terhadap Performa Kondensor Unit 2 di PLTU Ombilin

## **LAPORAN TUGAS AKHIR**

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

**Raihan Farouq Ahmad**

**NIM. 1902321009**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**AGUSTUS, 2022**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN  
LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH *TUBE PLUGGING* DAN *FOULING* TERHADAP  
PERFORMA KONDENSOR DI PLTU OMBILIN**

Oleh:  
Raihan Farouq Ahmad  
NIM. 1902321009  
Program Studi Diploma III Teknik Konversi Energi

Laporan Tugas Akhir ini telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr. Belyamin M.Sc, Eng., B.Eng(Hons)  
NIP. 196301161993031001

Pembimbing 2

Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T, M.T  
NIP. 196604161995122001

Kepala Program Studi

Diploma III Teknik Konversi Energi

Yuli Mafendro D.E.S., S.Pd., M.T.

NIP. 199403092019031913



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PENGARUH *TUBE PLUGGING* DAN *FOULING* TERHADAP  
PERFORMA KONDENSOR DI PLTU OMBILIN**

Oleh:

Raihan Farouq Ahmad  
NIM. 1902321009

Program Studi Diploma III Teknik Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang tugas akhir di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 30 Agustus 2022 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

**DEWAN PENGUJI**

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T., M.T NIP. 196604161995122001	Ketua		30/08/2022
2.	Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T. NIP. 196108011989031001	Anggota		30/08/2022
3.	Ir. Budi Santoso, M.T. NIP. 195911161990111001	Anggota		30/08/2022

Depok, 30 Agustus 2022

Disahkan oleh:



Dr. Eni Muslimia, S.T., M.T., IWE.

NIP. 197307142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raihan Farouq Ahmad

NIM : 1902321009

Program Studi : Teknik Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir telah sayakutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 30 Agustus 2022



Raihan Farouq Ahmad

NIM. 1902321009



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## ANALISIS PENGARUH *TUBE PLUGGING* DAN *FOULING* TERHADAP PERFORMA KONDENSOR UNIT 2 DI PLTU OMBILIN

Raihan Farouq Ahmad<sup>1)</sup>, Belyamin<sup>2)</sup>, Gun Gun Ramdhan Gunadi<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Diploma Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G.A. Siwabessy, Kampus UI Depok, 16424

<sup>2)</sup>Program Pascasarjana, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G.A. Siwabessy, Kampus UI Depok, 16424

<sup>3)</sup>Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G.A. Siwabessy, Kampus UI Depok, 16424

Email: [raihan.farouqahmad.tm19@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:raihan.farouqahmad.tm19@mhs.w.pnj.ac.id)

### ABSTRAK

Salah satu komponen utama PLTU Ombilin (berkapasitas 2x100 MW) adalah kondensor yang berfungsi sebagai alat penukar panas yang menerima panas dari turbin dan mengubahnya menjadi air melalui proses perpindahan panas. Dari penemuan di lapangan, diketahui bahwa Unit 2 di PLTU Ombilin belum melaksanakan *overhaul* dikarenakan mengalami penundaan pada tahun 2021 menjadi bulan Juni 2022. Sekitar 472 tube telah di *plugging* untuk menghindari kebocoran. Pentingnya untuk menjaga agar kondensor tetap bekerja dengan baik dan mengetahui batasan jumlah maksimal *tube plugging* pada kondensor. Nilai efektivitas kondensor dapat menjadi salah satu acuan dalam melihat performa kondensor. Nilai efektivitas dengan jumlah *plug* sebanyak 432 buah yaitu sebesar 50,667%, sedangkan nilai efektivitas dengan jumlah *plug* sebanyak 472 buah yaitu sebesar 42,902%. Nilai *fouling* cenderung mengalami kenaikan seiring mendekati *overhaul*. Efektivitas kondensor unit 2 sudah berada dibawah 50% dikarenakan penundaan *overhaul* sehingga performa kondensor unit 2 sudah tidak cukup efisien. Batas maksimal jumlah maksimal *plug* pada kondensor unit 2 telah melewati batas maksimum jumlah *plugging* dikarenakan nilai *heat transfer* saat ini dengan *plug* yang terpasang sebanyak 3,4% sebesar 110,410 MW dan nilai *heat transfer* minimum yang didapat sebesar 128,727 MW.

Kata kunci: *Tube Plugging*, Efektivitas, *Fouling*, *Heat Transfer*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

# ANALISIS PENGARUH *TUBE PLUGGING* DAN *FOULING* TERHADAP PERFORMA KONDENSOR UNIT 2 DI PLTU OMBILIN

Raihan Farouq Ahmad<sup>1)</sup>, Belyamin<sup>2)</sup>, Gun Gun Ramdhan Gunadi<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Diploma Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, PoliteknikNegeri Jakarta, Jl. Prof. G.A. Siwabessy, Kampus UI Depok, 16424

<sup>2)</sup>Program Pascasarjana, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik NegeriJakarta, Jl. Prof. G.A. Siwabessy, Kampus UI Depok, 16424

<sup>3)</sup>Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G.A. Siwabessy, Kampus UI Depok, 16424

Email: [raihan.farouqahmad.tm19@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:raihan.farouqahmad.tm19@mhs.w.pnj.ac.id)

## ABSTRACT

*One of the main components of PLTU Ombilin (2x100 MW capacity) is a condenser which functions as a heat exchanger that receives heat from the turbine and converts it into water through a heat transfer process. From findings in the field, it is known that Unit 2 at PLTU Ombilin has not carried out an overhaul due to a delay from 2021 to June 2022. Around 472 tubes have been plugged to avoid leakage. It is important to keep the condenser working properly and to know the maximum number of tube plugging in the condenser. The value of the effectiveness of the condenser can be one of the references in seeing the performance of the condenser. The effectiveness value with 432 plugs is 50.667%, while the effectiveness value with 472 plugs is 42.902%. The fouling value tends to increase as the overhaul approaches. The effectiveness of the unit 2 condenser is already below 50% due to overhaul delays so that the performance of the unit 2 condenser is not efficient enough. The maximum number of plugs in the condenser unit 2 has exceeded the maximum number of plugging due to the current heat transfer value with the plug installed is 3.4% of 110.410 MW and the minimum heat transfer value obtained is 128.727 MW.*

*Keyword: Tube Plugging, Efectiveness, Fouling, Heat Transfer*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Pengaruh Tube Plugging dan Fouling Terhadap Performa Kondensor di PLTU Ombilin**”. Laporan tugas akhir ini dibagi menjadi 2 sub judul, yaitu:

1. Analisis Pengaruh Tube Plugging dan Fouling Terhadap Performa Kondensor Unit 1 di PLTU Ombilin
2. Analisis Pengaruh Tube Plugging dan Fouling Terhadap Performa Kondensor Unit 2 di PLTU Ombilin

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma III Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta dan dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Belyamin, M.Sc, Eng., B.Eng(Hons). dan Bapak Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi S.T, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Yuli Mafendro D.E.S., S.Pd.,M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan laporan tugas akhir ini.





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Kedua orang tua dan ketiga kakak penulis yang telah memberikan doa dan dukungan sehingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan.
5. Seluruh supervisor dan staf PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin yang telah membantu penulis dalam memberikan informasi terkait penelitian laporan tugas akhir ini.
6. Seluruh karyawan alih daya PT Kharisma Karya Sejahtera (PT KKS) di bagian Pemeliharaan Turbin yang telah membantu penulis dalam memberikan informasi teknis tentang penelitian laporan tugas akhir ini.
7. Azzahra Maulida selaku partner laporan tugas akhir ini yang saling mendukung dan dengan kerjasama yang baik selama penyelesaian tugas akhir ini.
8. Aan, Agus, Pipit, Nana, dan Selvira selaku teman dekat penulis yang saling memberikan dukungan dalam penyelesaian laporan tugas akhir.
9. Rekan-rekan Program Studi Teknik Konversi Energi yang telah membantudan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian laporan tugas akhir.

Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi semua pihak terutama padabidang pembangkit listrik.

Depok, 20 Agustus 2022

Raihan Farouq Ahmad  
NIM. 1902321009



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Penulisan Laporan Tugas Akhir .....	1
1.2 Tujuan Penulisan Tugas Akhir .....	3
1.3 Manfaat Penulisan Tugas Akhir .....	3
1.4 Metode Pengumpulan Data .....	3
1.5 Sistematika Penulisan Tugas Akhir .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) .....	6
2.2 Perpindahan Panas .....	7
2.3 Kondensor .....	9
2.3.1 Komponen Kondensor .....	11
2.3.2 Spesifikasi Kondensor .....	13
2.4 <i>Tube Plugging</i> .....	14
2.5 Performa Kondensor .....	15
2.5.1 Efektivitas Kondensor .....	16
2.5.2 <i>Fouling</i> .....	17



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.5.3 Heat Transfer .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Diagram Alir Pengerjaan .....	23
3.2 Penjelasan Penginputan dan Perhitungan Data.....	25
3.3 Metode Pemecahan Masalah .....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
4.1 Data Operasi Kondensor.....	27
4.1.1 Data Operasi Tahun 2021.....	27
4.1.2 Data Operasi Tahun 2022.....	28
4.1.3 Data Desain Kondensor.....	28
4.1.4 Data Kebutuhan <i>Fouling</i> .....	29
4.2 Perhitungan Performa Kondensor.....	30
4.2.1 Perhitungan Efektivitas Kondensor.....	30
4.2.2 Perhitungan <i>Fouling</i> .....	30
4.3 Perhitungan Penentuan Jumlah Maksimal <i>Plug</i> .....	31
4.3.1 Perhitungan <i>Heat Transfer</i> .....	31
4.3.2 Perhitungan Jumlah Maksimal <i>Plug</i> .....	32
4.4 Pengaruh <i>Tube Plugging</i> dan <i>Fouling</i> Terhadap Performa Kondensor.....	37
4.5 <i>Root Cause Failure Analysis</i> .....	42
4.6 Penentuan Jumlah Maksimal <i>Plugging</i> .....	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>49</b>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus PLTU Ombilin.....	6
Gambar 2. 2 <i>Cross flow</i> .....	8
Gambar 2. 3 Kondensor PLTU Ombilin .....	9
Gambar 2. 4 Kondensor.....	10
Gambar 2. 5 Nilai <i>Fouling Factor</i> .....	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan.....	24
Gambar 4. 1 Grafik Efektivitas <i>Line 1</i> dan <i>Line 2</i> Kondensor Unit 2.....	38
Gambar 4. 2 Grafik Efektivitas Kondensor Unit 2.....	39
Gambar 4. 3 Grafik Fouling Kondensor Unit 2.....	40
Gambar 4. 4 <i>Root Cause Failure Analysis</i> .....	42
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Jumlah <i>Plug</i> dan <i>Heat Transfer</i> .....	45

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Operasi Tahun 2021 .....	27
Tabel 4.2 Data Operasi Tahun 2022 .....	28
Tabel 4.3 Data Desain Kondensor .....	28
Tabel 4.4 Data Kebutuhan <i>Fouling</i> .....	29
Tabel 4.5 Nilai Koefisien Konveksi .....	36
Tabel 4.6 Hubungan <i>tube plugging</i> dan <i>fouling</i> terhadap performa kondensor .....	41
Tabel 4.7 Variasi <i>Plug</i> Kondensor .....	44
Tabel 4.8 <i>Plug</i> Kondisi Aktual .....	46





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup .....	49
Lampiran 2. Surat Permintaan Data .....	50
Lampiran 3. Data Operasi Kondensor Unit 2 .....	51
Lampiran 4. Data Spesifikasi Kondensor .....	55
Lampiran 5. Data <i>Plugging</i> Kondensor Unit 2 .....	56
Lampiran 6. Perhitungan <i>Heat Transfer</i> Aktual .....	56
Lampiran 7. Tabel Hasil Perhitungan Efektivitas dan <i>Fouling</i> .....	57
Lampiran 8. Tabel <i>Thermophysical Properties of Saturated Water</i> .....	58





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Penulisan Laporan Tugas Akhir

Salah satu komponen utama PLTU Ombilin (berkapasitas 2x100 MW) adalah kondensor yang terdiri dari beberapa *tubes* kecil yang berfungsi sebagai alat penukar panas yang menerima panas dari turbin dan mengubahnya menjadi air melalui proses perpindahan panas. Dalam proses perubahan uap menjadi air terdapat berbagai macam parameter yang harus dijaga karena berpengaruh terhadap efektivitas kondensor, yaitu temperatur dan tekanan air pendingin serta temperatur uap yang akan dikondensasi. Menurut penelitian sebelumnya, bahwa kondensor dapat mengalami penurunan kinerja dikarenakan penundaan *overhaul*, seperti kebocoran *tube*, ketidakakuratan alat ukur, performa *fan cooling tower* rendah, kekotoran *tube*, dan performa CWP rendah. [1]

Dari penemuan di lapangan, diketahui bahwa kondensor unit 2 di PLTU Ombilin belum melaksanakan *Serious Inspection* atau biasa disebut *overhaul* dikarenakan mengalami penundaan pada tahun 2021 dan akan dijadwalkan kembali pada bulan Juni 2022. Hal ini menyebabkan efektivitas kondensor unit 2 sudah berada dibawah 50%. Sekitar 472 *tube* telah di *plugging* untuk menghindari kebocoran. Penyebab kebocoran diketahui berakibat dari korosi pada *tube*, kualitas air, dan *lifetime tube*. Pada saat *tube* bocor, biasanya tidak langsung dilakukan penggantian dengan *tube* baru (*retubing*), namun dilakukan penutupan saluran sisi *inlet* dan *outlet tube* ketika dilaksanakan *preventive maintenance*. Faktor kebersihan kondensor juga merupakan salah satu dampak penurunan performa kondensor,

diketahui bahwa tidak dijalankannya *cleaning ball* yang dapat membersihkan kondensor dari kotoran pada unit 2 di PLTU Ombilin.. *Tube plugging* dan *fouling* dapat mengurangi proses dan luas permukaan perpindahan panas pada kondensor yang menyebabkan berkurangnya kinerja kondensor dikarenakan terdapat uap turbin yang tidak terkondensasi karena jumlah *tube* berkurang dan *tube* dalam keadaan kotor.

Pada penelitian di PLTU Gresik unit 3 dan 4, menyatakan efektivitas kondensor mengalami penurunan sebesar 0,1% apabila terdapat satu *plug*, didapat jumlah *plug* maksimum adalah 6000 *plug* dan *tube* minimum yang diizinkan 8528 dari total keseluruhan *tube* 14528 buah di PLTU Gresik unit 3 dan 4, [2] sedangkan pada penelitian lainnya, menyatakan efektivitas kondensor di PT. PJB UP Gresik unit 1B mengalami penurunan efektivitas sebesar 0,0028785 pada malam hari dan sebesar 0,0239692 pada siang hari dengan *tube plugging* sebanyak 43 buah dan jumlah *plugging* maksimal pada kondensor 1B sebanyak 1239 buah (13,5%). [3]

Pentingnya untuk menjaga performa kondensor agar tetap bekerja dengan baik dan mengetahui batasan jumlah maksimal *tube plugging* kondensor unit 2 di PLTU Ombilin diperlukan analisis pengaruh *tube plugging* dan *fouling* terhadap performa kondensor berdasarkan efektivitas kondensor dan *heat transfer* serta menentukan jumlah *plugging* maksimal pada kondensor unit 2 di PLTU Ombilin.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## 1.2 Tujuan Penulisan Tugas Akhir

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, tujuan penelitian yang ingin dicapai yaitu:

1. Menentukan pengaruh *tube plugging* dan *fouling* terhadap performa pada kondensor unit 2 di PLTU Ombilin.
2. Menentukan jumlah *plugging* maksimal pada kondensor unit 2 di PLTU Ombilin.

## 1.3 Manfaat Penulisan Tugas Akhir

Penelitian yang dilakukan penulis diharapkan dapat memberikan manfaat yang berguna bagi semua pihak yang berkepentingan diantaranya sebagai berikut:

1. Untuk perusahaan, penelitian ini dapat mengetahui pengaruh *tube plugging* dan *fouling* performa kondensor serta dapat mengoptimalkan kinerja kondensor dan turbin kedepannya sehingga dapat beroperasi dengan baik.
2. Untuk Politeknik Negeri Jakarta, penelitian ini dapat menjadi materi pembelajaran yang berguna bagi instansi dan mahasiswa Politeknik Negeri Jakarta.

## 1.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang relevan sebagai dasar penyusunan laporan diperoleh yaitu dengan metode observasi, yakni dengan memahami permasalahan mengenai kondensor dan pengamatan komponen kondensor, khususnya pada *tube* kondensor. Pengamatan dan pengumpulan data-data yang diperlukan dan wawancara dengan narasumber yang kredibel dan sesuai dengan bidangnya serta menentukan hubungan antara *tube plugging* dan *fouling* terhadap performa kondensor.



## 1.5 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Untuk memudahkan dalam memahami laporan ini, berikut sistematika penulisannya:

### 1. Bagian Awal

- a. Halaman Judul
- b. Halaman Pengesahan
- c. Abstrak (dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris)
- d. Kata Pengantar

### e. Daftar Isi

### f. Daftar Tabel

### g. Daftar Gambar

### h. Daftar Lampiran

### 2. Bagian Utama

#### a. BAB I

Pendahuluan yaitu menguraikan latar belakang pengangkatan judul, tujuan dari penulisan tugas akhir, manfaat yang didapat dari penulisan tugas akhir dan juga sistematika pada penulisan keseluruhan tugas akhir.

#### b. BAB II

Studi Pustaka yaitu memaparkan rangkuman kritis atas pustaka yang menunjang penyusunan/penelitian, meliputi pembahasan tentang topik yang akan dikaji lebih lanjut dalam tugas akhir.

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

c. BAB III

Metodologi yaitu menguraikan tentang metodologi, yaitu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah/penelitian, meliputi diagram alur penelitian, pembuatan jadwal kegiatan (pemilihan lokasi dan observasi data), Teknik Analisis Data, Metode Perhitungan Efektivitas Kondensor dan Heat Transfer

d. BAB IV

Hasil dan Analisa berisi hasil dan analisis data, perhitungan perhitungan analisis, serta interpretasi dan pembahasan hasil perhitungan.

e. BAB V

Kesimpulan berisi kesimpulan dari seluruh analisis data dan pembahasan hasil perhitungan/penelitian. Isi kesimpulan harus menjawab permasalahan dan tujuan yang telah ditetapkan dalam tugas akhir. Serta berisi saran-saran atau opini yang berkaitan dengan tugas akhir.

3. Bagian Akhir

a. Daftar Pustaka

b. Lampiran

c. Riwayat hidup penulis

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Nilai efektivitas kondensor dapat menjadi salah satu acuan dalam melihat performa kondensor. Nilai efektivitas dengan jumlah *plug* sebanyak 432 buah yaitu sebesar 50,667%, sedangkan nilai efektivitas dengan jumlah *plug* sebanyak 472 buah yaitu sebesar 42,902%. Nilai *fouling* cenderung mengalami kenaikan seiring mendekati *overhaul*. Efektivitas kondensor unit 2 sudah berada dibawah 50% dikarenakan penundaan *overhaul* sehingga performa kondensor unit 2 sudah tidak cukup efisien .
2. Nilai *heat transfer* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya *plug* pada *tube* kondensor. Kondensor unit 2 telah melewati batas maksimum jumlah plugging dikarenakan nilai *heat transfer* saat ini dengan *plug* yang terpasang sebanyak 3,4% sebesar 110,410 MW dan nilai *heat transfer* minimum yang didapat sebesar 128,727 MW.

#### 5.2 Saran

1. Tidak menunda pelaksanaan *overhaul* lagi agar performa kondensor tidak semakin mengalami penurunan kinerja komponen kondensor
2. Dapat menjadi penelitian ilmiah lanjutan dalam memprediksi penurunan kinerja kondensor berdasarkan jangka waktu tertentu.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. A. Pasaribu, KAJIAN KINERJA KONDENSOR UNIT 2 DI PLTU OMBILIN SKRIPSI. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta, 2021.
- [2] T. J. S. Masrufaiyah, “ANALISA PENGARUH JUMLAH PLUG PADA KONDENSER TERHADAP EFFISIENSI DAN HEAT TRANSFER YANG HILANG DI PLTU UNIT 3 DAN 4 PT. PJB UP. GRESIK”, 2018.
- [3] G. M. Natamenggala, “Pengaruh Plugging Terhadap Laju Perpindahan Panas Kondensor 1B Pada Unit 1 Pltu Pt . Pjb Up Gresik”, 2018.
- [4] N. S. Baliningtyas, “ANALISIS PENGARUH TINGKAT KEVAKUMAN KONDENSOR TERHADAP LAJU PERPINDAHAN PANAS DAN EFEKTIFITAS KONDENSOR”, 2018.
- [5] Y. A. Cengel, “Heat Transference a Practical Approach,” *MacGraw-Hill*
- [6] H. Hairudin and A. Mursadin, “Analisis Kinerja Condenser Shell and Tube Unit 2 Di Pt. Pln (Persero) Sektor Asam-Asam Kalimantan Selatan”, 2021.
- [7] A. W. Pramono, G. P. Artiani, and A. Laksono, “Analisa Pengaruh Jumlah Pengoperasian CWP Terhadap Performa Kondensor PLTU Rembang”, 2015.
- [8] ASME PTC 12.2, “Steam Surface Condensers,” vol. 1998, 2010.
- [9] J.P. Holman, *Perpindahan Kalor (6th Edition ed.)*. Jakarta: Erlangga, 1993.
- [10] L. F. Flynn, *Chapter 4 Heat Exchangers: Design Considerations*, 2019.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup

### Daftar Riwayat Hidup

1. Nama Lengkap : Raihan Farouq Ahmad
2. NIM : 1902321009
3. Tempat, Tanggal Lahir : Palembang, 26 Mei 2003
4. Jenis Kelamin : Laki-laki
5. Alamat : Komplek BSD blok I 1, Palembang
6. Email : raihanfarouq26@gmail.com
7. Pendidikan
  - a. SD (2007-2012) : SD Negeri 117 Palembang
  - b. SMP (2013-2016) : SMP Negeri 14 Palembang
  - c. SMA (2016-2019) : SMA Negeri 15 Palembang
8. Program Studi : D3 - Teknik Konversi Energi
9. Bidang Peminatan : Pembangkit
10. Tempat/Topik OJT : PT PLN (Persero) UPK Ombilin



## Lampiran 2. Surat Permintaan Data



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425  
Telepon (021) 7270036 Faksimile (021) 7270034  
Laman: <http://www.pnj.ac.id> Surel : [humas@pnj.ac.id](mailto:humas@pnj.ac.id)

Nomor : B/693/PL3.8/PK.04.11/2022

27 Juli 2022

**Hal : Penelitian/Pencarian Data Tugas Akhir**

Yth. *General Manager*  
PT PLN (Persero) UPK Ombilin  
Jl. Prof. DR. M. Yamin SH, Sijantang, Sijantang Koto,  
Talawi, Sawahlunto, Sumatera Barat 27446

Dalam rangka penyusunan Tugas Akhir/ Skripsi bagi mahasiswa kami dari Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, yaitu :

Nama : Azzahra Maulida  
NIM : 1902321044  
Prodi : Teknik Konversi Energi  
Semester : 6J/ Tingkat Akhir

Maka, mahasiswa tersebut bermaksud melakukan penelitian/permintaan data di PT PLN (Persero) UPK Ombilin, adapun data yang diperlukan guna menunjang penelitian ini diantaranya :

1. Data performance test condensor unit 1 dan 2 tahun 2019 - 2022
2. Data logsheet desk tahun 2022 turbin unit bulan april - juli
3. Data tube plugging kondensor unit 1 dan 2 tahun 2012 - 2022

Sehubungan dengan hal tersebut kami memohon kiranya mahasiswa kami dapat diberikan kelengkapan data tersebut. Segala ketentuan dan peraturan yang berlaku di PT PLN (Persero) UPK Ombilin, akan ditaati dan dipenuhi oleh mahasiswa yang bersangkutan

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya, kami ucapkan terima kasih.



Lampiran 3. Data Operasi Kondensor Unit 2

- Februari 2021

STREAM 1			
Cooling water temp difference	Deg C		4,65580776
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		47,77246902
Steam temperature out	Deg C		47,77246902
Temperature water in	Deg C		36,05639518
Temperature water out	Deg C		40,71220294
Δtsteam - Twater in	Deg C		11,71607384
Δtsteam - twater out	Deg C		7,060266081
Log Mean Temperature Difference	Deg C		9,192499258
Terminal Temperature Difference	Deg C		7,060266081
STREAM 2			
Cooling water temp difference	Deg C		8,415060068
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		47,77246902
Steam temperature out	Deg C		47,77246902
Temperature water in	Deg C		34,11076101
Temperature water out	Deg C		42,52582108
Δtsteam - Twater in	Deg C		13,661708
Δtsteam - twater out	Deg C		5,246647937
Log Mean Temperature Difference	Deg C		8,793097314
Terminal Temperature Difference	Deg C		5,246647937

Condensor Performance Stream 1					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensator Duty	kcal/h KW	Qs1	$mexhs1*(hexh-hfw)$	58628858 68400,33
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs1	$Q/(Trs1* Cp * p)$	12658,06
3	LMTD	Deg C	LMTDs1	$(To-Ti)/ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	9,192499
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs1	Ts-Tos1	7,060266
5	Velocity in tube	m/s	vts1	$G/((\pi/4)*di^2*N/p*3600)$	2,333449
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> degC	Uo	$Q/Ao*LMTD$	1893,189
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc)*100%$	62,52538

Condensor Performance Stream 2					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensator Duty	kcal/h KW	Qs2	$mexhs2*(hexh-hfw)$	58628858 68400,33
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs2	$Q/(Trs2* Cp * p)$	7003,336
3	LMTD	Deg C	LMTDs2	$(To-Ti)/ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	8,793097
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs2	Ts-Tos2	5,246648
5	Velocity in tube	m/s	vts2	$G/((\pi/4)*di^2*N/p*3600)$	1,291029
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> degC	Uo	$Q/Ao*LMTD$	1975
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc)*100%$	65,38542

- Maret 2021

STREAM 1			
Cooling water temp difference	Deg C		3,718237644
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		48,84327169
Steam temperature out	Deg C		48,84327169
Temperature water in	Deg C		36,83246995
Temperature water out	Deg C		40,5507076
Δtsteam - Twater in	Deg C		12,01080174
Δtsteam - twater out	Deg C		8,292564093
Log Mean Temperature Difference	Deg C		10,03716038
Terminal Temperature Difference	Deg C		8,292564093
STREAM 2			
Cooling water temp difference	Deg C		8,972603468
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		48,84327169
Steam temperature out	Deg C		48,84327169
Temperature water in	Deg C		34,72854472
Temperature water out	Deg C		43,70114819
Δtsteam - Twater in	Deg C		14,11472696
Δtsteam - twater out	Deg C		5,142123497
Log Mean Temperature Difference	Deg C		8,885942496
Terminal Temperature Difference	Deg C		5,142123497

Condensor Performance Stream 1					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensator Duty	kcal/h KW	Qs1	$mexhs1*(hexh-hfw)$	60210407,6 70245,4756
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs1	$Q/(Trs1* Cp * p)$	16277,4054
3	LMTD	Deg C	LMTDs1	$(To-Ti)/ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	10,0371604
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs1	Ts-Tos1	8,29256409
5	Velocity in tube	m/s	vts1	$G/((\pi/4)*di^2*N/p*3600)$	3,00065668
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> degC	Uo	$Q/Ao*LMTD$	1776,88068
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc)*100%$	58,808377
Condensor Performance Stream 2					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensator Duty	kcal/h KW	Qs2	$mexhs2*(hexh-hfw)$	60210407,6 70245,4756
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs2	$Q/(Trs2* Cp * p)$	6745,34004
3	LMTD	Deg C	LMTDs2	$(To-Ti)/ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	8,8859425
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs2	Ts-Tos2	5,1421235
5	Velocity in tube	m/s	vts2	$G/((\pi/4)*di^2*N/p*3600)$	1,24346904
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> degC	Uo	$Q/Ao*LMTD$	2007,08438
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc)*100%$	66,4272937

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





- April 2021

STREAM 1			
Cooling water temp difference	Deg C		4,034178892
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		49,19077298
Steam temperature out	Deg C		49,19077298
Temperature water in	Deg C		36,51973297
Temperature water out	Deg C		40,55391186
Δtsteam - Twater in	Deg C		12,67104001
Δtsteam - twater out	Deg C		8,636861123
Log Mean Temperature Difference	Deg C		10,52541332
Terminal Temperature Difference	Deg C		8,636861123

STREAM 2			
Cooling water temp difference	Deg C		8,811748996
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		49,19077298
Steam temperature out	Deg C		49,19077298
Temperature water in	Deg C		34,41516688
Temperature water out	Deg C		43,22691588
Δtsteam - Twater in	Deg C		14,7756061
Δtsteam - twater out	Deg C		5,963857103
Log Mean Temperature Difference	Deg C		9,712483259
Terminal Temperature Difference	Deg C		5,963857103

Condensor Performance Stream 1					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensor Duty	kcal/h KW	Qs1	$mexhs1 \cdot (\text{hexh-hfw})$	60040958,9 70047,7854
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs1	$Q / (Trs1 \cdot Cp \cdot p)$	14960,4006
3	LMTD	Deg C	LMTDs1	$(To-Ti) / \ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	10,5254133
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs1	Ts-Tos1	8,63686112
5	Velocity in tube	m/s	vts1	$G / ((\pi/4) \cdot di^2 \cdot N \cdot p \cdot 3600)$	2,75787356
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> degC	Uo	$Q / Ao \cdot LMTD$	1689,68607
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc) \cdot 100\%$	55,922548

Condensor Performance Stream 2					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensor Duty	kcal/h KW	Qs2	$mexhs2 \cdot (\text{hexh-hfw})$	60040958,9 70047,7854
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs2	$Q / (Trs2 \cdot Cp \cdot p)$	6849,14338
3	LMTD	Deg C	LMTDs2	$(To-Ti) / \ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	9,71248325
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs2	Ts-Tos2	5,9638571
5	Velocity in tube	m/s	vts2	$G / ((\pi/4) \cdot di^2 \cdot N \cdot p \cdot 3600)$	1,26260466
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> degC	Uo	$Q / Ao \cdot LMTD$	1831,11196
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc) \cdot 100\%$	60,6032377

- September 2021

STREAM 1			
Cooling water temp difference	Deg C		3,26323098
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		48,56567207
Steam temperature out	Deg C		48,56567207
Temperature water in	Deg C		36,90104138
Temperature water out	Deg C		40,16427236
Δtsteam - Twater in	Deg C		11,66463069
Δtsteam - twater out	Deg C		8,40139971
Log Mean Temperature Difference	Deg C		9,943935677
Terminal Temperature Difference	Deg C		8,40139971

STREAM 2			
Cooling water temp difference	Deg C		8,66435246
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		48,56567207
Steam temperature out	Deg C		48,56567207
Temperature water in	Deg C		34,29148197
Temperature water out	Deg C		42,95583443
Δtsteam - Twater in	Deg C		14,27419009
Δtsteam - twater out	Deg C		5,609837634
Log Mean Temperature Difference	Deg C		9,277291602
Terminal Temperature Difference	Deg C		5,609837634

Condensor Performance Stream 1					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensor Duty	kcal/h KW	Qs1	$mexhs1 \cdot (\text{hexh-hfw})$	54406665 63474,443
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs1	$Q / (Trs1 \cdot Cp \cdot p)$	16759,268
3	LMTD	Deg C	LMTDs1	$(To-Ti) / \ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	9,9439357
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs1	Ts-Tos1	8,4013997
5	Velocity in tube	m/s	vts1	$G / ((\pi/4) \cdot di^2 \cdot N \cdot p \cdot 3600)$	3,0894856
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> degC	Uo	$Q / Ao \cdot LMTD$	1620,6579
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc) \cdot 100\%$	53,637965

Condensor Performance Stream 2					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensor Duty	kcal/h KW	Qs2	$mexhs2 \cdot (\text{hexh-hfw})$	54406665 63474,443
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs2	$Q / (Trs2 \cdot Cp \cdot p)$	6311,9965
3	LMTD	Deg C	LMTDs2	$(To-Ti) / \ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	9,2772916
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs2	Ts-Tos2	5,6098376
5	Velocity in tube	m/s	vts2	$G / ((\pi/4) \cdot di^2 \cdot N \cdot p \cdot 3600)$	1,1635844
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> degC	Uo	$Q / Ao \cdot LMTD$	1737,1146
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc) \cdot 100\%$	57,492261

- Hak Cipta :**
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  - Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- Januari 2022

STREAM 1			
Cooling water temp difference	Deg C		3,113911876
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		46,83525542
Steam temperature out	Deg C		46,83525542
Temperature water in	Deg C		34,34723631
Temperature water out	Deg C		37,46114818
Δtsteam - Twater in	Deg C		12,48801911
Δtsteam - twater out	Deg C		9,374107234
Log Mean Temperature Difference	Deg C		10,85673776
Terminal Temperature Difference	Deg C		9,374107234

STREAM 2			
Cooling water temp difference	Deg C		8,317009332
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		46,83525542
Steam temperature out	Deg C		46,83525542
Temperature water in	Deg C		33,34622163
Temperature water out	Deg C		41,66323096
Δtsteam - Twater in	Deg C		13,48903379
Δtsteam - twater out	Deg C		5,172024454
Log Mean Temperature Difference	Deg C		8,676087845
Terminal Temperature Difference	Deg C		5,172024454

Condensor Performance Stream 1					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensator Duty	kcal/h KW	Qs1	$mexhs1 \cdot (\text{hexh-hfw})$	46011813 53680,448
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs1	$Q / (Trs1 \cdot Cp \cdot \rho)$	14852,986
3	LMTD	Deg C	LMTDs1	$(To-Ti) / \ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	10,856738
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs1	Ts-Tos1	9,3741072
5	Velocity in tube	m/s	vs1	$G / ((\pi/4) \cdot d_i^2 \cdot N / \rho \cdot 3600)$	2,7380723
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> deg	Uo	$Q / Ao \cdot LMTD$	1255,3579
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc) \cdot 100\%$	41,547844

Condensor Performance Stream 2					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensator Duty	kcal/h KW	Qs2	$mexhs2 \cdot (\text{hexh-hfw})$	46011813 53680,448
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs2	$Q / (Trs2 \cdot Cp \cdot \rho)$	5561,0002
3	LMTD	Deg C	LMTDs2	$(To-Ti) / \ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	8,6760878
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs2	Ts-Tos2	5,1720245
5	Velocity in tube	m/s	vs2	$G / ((\pi/4) \cdot d_i^2 \cdot N / \rho \cdot 3600)$	1,025142
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> deg	Uo	$Q / Ao \cdot LMTD$	1570,8798
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc) \cdot 100\%$	51,990488

- April 2022

STREAM 1			
Cooling water temp difference	Deg C		3,3824299
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		45,81241432
Steam temperature out	Deg C		45,81241432
Temperature water in	Deg C		34,31198931
Temperature water out	Deg C		37,69441921
Δtsteam - Twater in	Deg C		11,50042501
Δtsteam - twater out	Deg C		8,117995106
Log Mean Temperature Difference	Deg C		9,711232737
Terminal Temperature Difference	Deg C		8,117995106

STREAM 2			
Cooling water temp difference	Deg C		8,5579706
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		45,81241432
Steam temperature out	Deg C		45,81241432
Temperature water in	Deg C		31,00069427
Temperature water out	Deg C		39,55866487
Δtsteam - Twater in	Deg C		14,81172005
Δtsteam - twater out	Deg C		6,25374945
Log Mean Temperature Difference	Deg C		9,92530473
Terminal Temperature Difference	Deg C		6,25374945

Condensor Performance Stream 1					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensator Duty	kcal/h KW	Qs1	$mexhs1 \cdot (\text{hexh-hfw})$	51751585 60376,849
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs1	$Q / (Trs1 \cdot Cp \cdot \rho)$	15379,62
3	LMTD	Deg C	LMTDs1	$(To-Ti) / \ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	9,7112327
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs1	Ts-Tos1	8,1179951
5	Velocity in tube	m/s	vs1	$G / ((\pi/4) \cdot d_i^2 \cdot N / \rho \cdot 3600)$	2,8351545
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> deg	Uo	$Q / Ao \cdot LMTD$	1578,5082
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc) \cdot 100\%$	52,24296

Condensor Performance Stream 2					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensator Duty	kcal/h KW	Qs2	$mexhs2 \cdot (\text{hexh-hfw})$	51751585 60376,849
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs2	$Q / (Trs2 \cdot Cp \cdot \rho)$	6078,6007
3	LMTD	Deg C	LMTDs2	$(To-Ti) / \ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	9,9253047
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs2	Ts-Tos2	6,2537495
5	Velocity in tube	m/s	vs2	$G / ((\pi/4) \cdot d_i^2 \cdot N / \rho \cdot 3600)$	1,120559
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> deg	Uo	$Q / Ao \cdot LMTD$	1544,4625
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uc) \cdot 100\%$	51,116168

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- Mei 2022

STREAM 1			
Cooling water temp difference	Deg C		4,44560746
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		45,94903692
Steam temperature out	Deg C		45,94903692
Temperature water in	Deg C		31,33009346
Temperature water out	Deg C		35,77570092
Δtsteam - Twater in	Deg C		14,61894345
Δtsteam - twater out	Deg C		10,17333599
Log Mean Temperature Difference	Deg C		12,26212087
Terminal Temperature Difference	Deg C		10,17333599

STREAM 2			
Cooling water temp difference	Deg C		8,6944726
Exhaust steam flow	kg/s		36,15
Steam temperature in	Deg C		45,94903692
Steam temperature out	Deg C		45,94903692
Temperature water in	Deg C		30,25345795
Temperature water out	Deg C		38,94793055
Δtsteam - Twater in	Deg C		15,69557897
Δtsteam - twater out	Deg C		7,001106366
Log Mean Temperature Difference	Deg C		10,76967091
Terminal Temperature Difference	Deg C		7,001106366

Condensor Performance Stream 1					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensor Duty	kcal/h KW	Qs1	$mexhs1^*(hexh-hfw)$	47698328 55648,05
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs1	$Q/(Tis1^*Cp^*p)$	10785,07
3	LMTD	Deg C	LMTDs1	$(To-Ti)/ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	12,26212
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs1	$Ts-Tos1$	10,17334
5	Velocity in tube	m/s	vts1	$G/(m^4)^*di^2*Nip^*3600$	1,988172
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> deg	Uo	$Q/Ao^*LMTD$	1152,219
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uo)^*100%$	38,13432

Condensor Performance Stream 2					
No	Parameter	Units	Symbol	Formula	Value
1	Condensor Duty	kcal/h KW	Qs2	$mexhs2^*(hexh-hfw)$	47698328 55648,05
2	Condensate water flow	m <sup>3</sup> /h	Gs2	$Q/(Tis2^*Cp^*p)$	5514,558
3	LMTD	Deg C	LMTDs2	$(To-Ti)/ln((Ts-Ti)/(Ts-To))$	10,76967
4	Terminal Temperature Difference	Deg C	TTDs2	$Ts-Tos2$	7,001106
5	Velocity in tube	m/s	vts2	$G/(m^4)^*di^2*Nip^*3600$	1,016581
6	Actual heat coefficient stream 1	kcal/h m <sup>2</sup> deg	Uo	$Q/Ao^*LMTD$	1311,893
7	Cleanliness Factor	%	CF	$(Uo/Uo)^*100%$	43,41894

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 4. Data Spesifikasi Kondensor

	<b>PT PLN (PERSERO) UIK SBS</b>	No. Dokumen :
	<b>UNIT PELAKSANA PEMBANGKITAN OMBILIN</b>	Tgl Terbit :
	<b>FORMULIR</b>	Revisi : 00
	<b>DESIGN REQUIREMENT DOCUMENT</b>	Halaman :

ASSET ID : 180301TU02MAG10AC010

DESCRIPTION ASSET : SOMB TU 02 CONDENSER

1. **Equipment feed stock/process input condition & composition**
  - Fluida : Main turbine steam & Circulating water
  - Main turbine steam flow : 266,97 T/h
  - Main turbine steam enthalpy : 2255,6 KJ/Kg
  - Absolute pressure at tubine/condenser : 91,0
  - Corresponding saturation temp. at condenser : 44 °C
  - Circulating water temperature mini/design/max : 26/33/34
  - Circulating water flow : 17500 m<sup>3</sup>/h
  - Circulating water specific heat : 0,998 kcal/kg °C
  - Circulating water volumic mass : 995 kg/m<sup>3</sup>
  - Circulating water temperature rise : 7,62 °C
  - Water velocity through the tubes : 1,82 m/s
  - Cleanliness factor : 0,90
  - Condensate reserve : 28,7 T/h
2. **Equipment product process output (flow, pressure, temp, etc) & performance guarantees**
  - Fluid : Condensate water
  - Flow Rate : 266,97 T/h
3. **Equipment spare part list mandatory**
4. **Energy efficiency**
  - Guaranteed Efficiency :
5. **Design life of equipment**
  - Design life :
6. **Battery limit & Battery limit condition**
7. **Design criteria (equipment material, sizing, etc)**
  - Dimensional and construction characteristics**
    - Total exchange surface : 6752 m<sup>2</sup>
    - Total number of tubes : 13284
    - Normal tubes (Al Brass) : 11852
    - Air cooler tubes (Cu Ni 70-30) : 768
    - Impact tubes (Al Brass) : 664
    - Outside diameter of tubes/ thickness : 18/1.0 or 1.2 (impact)
    - Pitch of tubes pattern : 24 mm
  - Main materials**
    - Tubes sheets : C.S.A. 285 GrC
    - Shell hotwell neck : C.S.A. 285 GrC
    - Water boxes : C.S.A. 285 GrC

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 5. Data *Plugging* Kondensor Unit 2

Unit 1 total plug : 768 plug
Penambahan terakhir januari : 88 plug
Rata2 penambahan plug per SE (32.000jam operasi) : 24plug
Unit 2 total plug : 472 plug
Penambahan terakhir : 40 plug
Rata2 penambahan plug per SE : 18plug

Lampiran 6. Perhitungan Heat Transfer Aktual

- Plug 432

$$\dot{Q} = \dot{m}_h (h_{in} - h_{out})$$

$$\dot{Q} = 63,338 (2342,626 - 199,941)$$

$$\dot{Q} = 135,713 \text{ MW}$$

- Plug 472

$$\dot{Q} = \dot{m}_h (h_{in} - h_{out})$$

$$\dot{Q} = 52,034 (2314,218 - 192,318)$$

$$\dot{Q} = 110,410 \text{ MW.}$$

**Hak Cipta :**  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 7. Tabel Hasil Perhitungan *Efektivitas* dan *Fouling*

Bulan	Efektivitas		Rata-rata Efektivitas (%)	<i>Fouling</i> (W/m <sup>2</sup> °C)	Jumlah <i>Plug</i>
	Line 1	Line 2			
Februari 2021	39,738	61,596	50,667	0,00022	432
Maret 2021	30,957	63,569	47,263	0,00023	
April 2021	31,838	59,637	45,737	0,00028	
September 2021	27,975	60,699	44,337	0,00031	
Januari 2022	24,935	61,658	43,396	0,00031	472
April 2022	29,411	57,778	43,595	0,00036	
Mei 2022	30,419	55,394	42,902	0,00036	

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 8. Tabel *Thermophysical Properties of Saturated Water*

TABLE A-9

Properties of saturated water

Temp. <i>T</i> , °C	Saturation Pressure <i>P</i> <sub>sat</sub> , kPa	Density <i>ρ</i> , kg/m <sup>3</sup>		Enthalpy of Vaporization <i>h</i> <sub>fg</sub> , kJ/kg	Specific Heat <i>c</i> <sub>p</sub> , J/kg·K		Thermal Conductivity <i>k</i> , W/m·K		Dynamic Viscosity <i>μ</i> , kg/m·s		Prandtl Number Pr		Volume Expansion Coefficient <i>β</i> , 1/K
		Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2501	4217	1854	0.561	0.0171	1.792 × 10 <sup>-3</sup>	0.922 × 10 <sup>-5</sup>	13.5	1.00	-0.068 × 10 <sup>-3</sup>
5	0.8721	999.9	0.0068	2490	4205	1857	0.571	0.0173	1.519 × 10 <sup>-3</sup>	0.934 × 10 <sup>-5</sup>	11.2	1.00	0.015 × 10 <sup>-3</sup>
10	1.2276	999.7	0.0094	2478	4194	1862	0.580	0.0176	1.307 × 10 <sup>-3</sup>	0.946 × 10 <sup>-5</sup>	9.45	1.00	0.733 × 10 <sup>-3</sup>
15	1.7051	999.1	0.0128	2466	4185	1863	0.589	0.0179	1.138 × 10 <sup>-3</sup>	0.959 × 10 <sup>-5</sup>	8.09	1.00	0.138 × 10 <sup>-3</sup>
20	2.339	998.0	0.0173	2454	4182	1867	0.598	0.0182	1.002 × 10 <sup>-3</sup>	0.973 × 10 <sup>-5</sup>	7.01	1.00	0.195 × 10 <sup>-3</sup>
25	3.169	997.0	0.0231	2442	4180	1870	0.607	0.0186	0.891 × 10 <sup>-3</sup>	0.987 × 10 <sup>-5</sup>	6.14	1.00	0.247 × 10 <sup>-3</sup>
30	4.246	996.0	0.0304	2431	4178	1875	0.615	0.0189	0.798 × 10 <sup>-3</sup>	1.001 × 10 <sup>-5</sup>	5.42	1.00	0.294 × 10 <sup>-3</sup>
35	5.628	994.0	0.0397	2419	4178	1880	0.623	0.0192	0.720 × 10 <sup>-3</sup>	1.016 × 10 <sup>-5</sup>	4.83	1.00	0.337 × 10 <sup>-3</sup>
40	7.384	992.1	0.0512	2407	4179	1885	0.631	0.0196	0.653 × 10 <sup>-3</sup>	1.031 × 10 <sup>-5</sup>	4.32	1.00	0.377 × 10 <sup>-3</sup>
45	9.593	990.1	0.0655	2395	4180	1892	0.637	0.0200	0.596 × 10 <sup>-3</sup>	1.046 × 10 <sup>-5</sup>	3.91	1.00	0.415 × 10 <sup>-3</sup>
50	12.35	988.1	0.0831	2383	4181	1900	0.644	0.0204	0.547 × 10 <sup>-3</sup>	1.062 × 10 <sup>-5</sup>	3.55	1.00	0.451 × 10 <sup>-3</sup>
55	15.76	985.2	0.1045	2371	4183	1908	0.649	0.0208	0.504 × 10 <sup>-3</sup>	1.077 × 10 <sup>-5</sup>	3.25	1.00	0.484 × 10 <sup>-3</sup>
60	19.94	983.3	0.1304	2359	4185	1916	0.654	0.0212	0.467 × 10 <sup>-3</sup>	1.093 × 10 <sup>-5</sup>	2.99	1.00	0.517 × 10 <sup>-3</sup>
65	25.03	980.4	0.1614	2346	4187	1926	0.659	0.0216	0.433 × 10 <sup>-3</sup>	1.110 × 10 <sup>-5</sup>	2.75	1.00	0.548 × 10 <sup>-3</sup>
70	31.19	977.5	0.1983	2334	4190	1936	0.663	0.0221	0.404 × 10 <sup>-3</sup>	1.126 × 10 <sup>-5</sup>	2.55	1.00	0.578 × 10 <sup>-3</sup>
75	38.58	974.7	0.2421	2321	4193	1948	0.667	0.0225	0.378 × 10 <sup>-3</sup>	1.142 × 10 <sup>-5</sup>	2.38	1.00	0.607 × 10 <sup>-3</sup>
80	47.39	971.8	0.2935	2309	4197	1962	0.670	0.0230	0.355 × 10 <sup>-3</sup>	1.159 × 10 <sup>-5</sup>	2.22	1.00	0.635 × 10 <sup>-3</sup>
85	57.83	968.1	0.3536	2296	4201	1977	0.673	0.0235	0.333 × 10 <sup>-3</sup>	1.176 × 10 <sup>-5</sup>	2.08	1.00	0.670 × 10 <sup>-3</sup>
90	70.14	965.3	0.4235	2283	4206	1993	0.675	0.0240	0.315 × 10 <sup>-3</sup>	1.193 × 10 <sup>-5</sup>	1.96	1.00	0.702 × 10 <sup>-3</sup>
95	84.55	961.5	0.5045	2270	4212	2010	0.677	0.0246	0.297 × 10 <sup>-3</sup>	1.210 × 10 <sup>-5</sup>	1.85	1.00	0.716 × 10 <sup>-3</sup>
100	101.33	957.9	0.5978	2257	4217	2029	0.679	0.0251	0.282 × 10 <sup>-3</sup>	1.227 × 10 <sup>-5</sup>	1.75	1.00	0.750 × 10 <sup>-3</sup>
110	143.27	950.6	0.8263	2230	4229	2071	0.682	0.0262	0.255 × 10 <sup>-3</sup>	1.261 × 10 <sup>-5</sup>	1.58	1.00	0.798 × 10 <sup>-3</sup>
120	198.53	943.4	1.121	2203	4244	2120	0.683	0.0275	0.232 × 10 <sup>-3</sup>	1.296 × 10 <sup>-5</sup>	1.44	1.00	0.858 × 10 <sup>-3</sup>
130	270.1	934.6	1.496	2174	4263	2177	0.684	0.0288	0.213 × 10 <sup>-3</sup>	1.330 × 10 <sup>-5</sup>	1.33	1.01	0.913 × 10 <sup>-3</sup>
140	361.3	921.7	1.965	2145	4286	2244	0.683	0.0301	0.197 × 10 <sup>-3</sup>	1.365 × 10 <sup>-5</sup>	1.24	1.02	0.970 × 10 <sup>-3</sup>
150	475.8	916.6	2.546	2114	4311	2314	0.682	0.0316	0.183 × 10 <sup>-3</sup>	1.399 × 10 <sup>-5</sup>	1.16	1.02	1.025 × 10 <sup>-3</sup>
160	617.8	907.4	3.256	2083	4340	2420	0.680	0.0331	0.170 × 10 <sup>-3</sup>	1.434 × 10 <sup>-5</sup>	1.09	1.05	1.145 × 10 <sup>-3</sup>
170	791.7	897.7	4.119	2050	4370	2490	0.677	0.0347	0.160 × 10 <sup>-3</sup>	1.468 × 10 <sup>-5</sup>	1.03	1.05	1.178 × 10 <sup>-3</sup>
180	1,002.1	887.3	5.153	2015	4410	2590	0.673	0.0364	0.150 × 10 <sup>-3</sup>	1.502 × 10 <sup>-5</sup>	0.983	1.07	1.210 × 10 <sup>-3</sup>
190	1,254.4	876.4	6.388	1979	4460	2710	0.669	0.0382	0.142 × 10 <sup>-3</sup>	1.537 × 10 <sup>-5</sup>	0.947	1.09	1.280 × 10 <sup>-3</sup>
200	1,553.8	864.3	7.852	1941	4500	2840	0.663	0.0401	0.134 × 10 <sup>-3</sup>	1.571 × 10 <sup>-5</sup>	0.910	1.11	1.350 × 10 <sup>-3</sup>
220	2,318	840.3	11.60	1859	4610	3110	0.650	0.0442	0.122 × 10 <sup>-3</sup>	1.641 × 10 <sup>-5</sup>	0.865	1.15	1.520 × 10 <sup>-3</sup>
240	3,344	813.7	16.73	1767	4760	3520	0.632	0.0487	0.111 × 10 <sup>-3</sup>	1.712 × 10 <sup>-5</sup>	0.836	1.24	1.720 × 10 <sup>-3</sup>
260	4,688	783.7	23.69	1663	4970	4070	0.609	0.0540	0.102 × 10 <sup>-3</sup>	1.788 × 10 <sup>-5</sup>	0.832	1.35	2.000 × 10 <sup>-3</sup>
280	6,412	750.8	33.15	1544	5280	4835	0.581	0.0605	0.094 × 10 <sup>-3</sup>	1.870 × 10 <sup>-5</sup>	0.854	1.49	2.380 × 10 <sup>-3</sup>
300	8,581	713.8	46.15	1405	5750	5980	0.548	0.0695	0.086 × 10 <sup>-3</sup>	1.965 × 10 <sup>-5</sup>	0.902	1.69	2.950 × 10 <sup>-3</sup>
320	11,274	667.1	64.57	1239	6540	7900	0.509	0.0836	0.078 × 10 <sup>-3</sup>	2.084 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.97	
340	14,586	610.5	92.62	1028	8240	11,870	0.469	0.110	0.070 × 10 <sup>-3</sup>	2.255 × 10 <sup>-5</sup>	1.23	2.43	
360	18,651	528.3	144.0	720	14,690	25,800	0.427	0.178	0.060 × 10 <sup>-3</sup>	2.571 × 10 <sup>-5</sup>	2.06	3.73	
374.14	22,090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043 × 10 <sup>-3</sup>	4.313 × 10 <sup>-5</sup>			

Note 1: Kinematic viscosity  $\nu$  and thermal diffusivity  $\alpha$  can be calculated from their definitions,  $\nu = \mu/\rho$  and  $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$ . The temperatures 0.01°C, 100°C, and 374.14°C are the triple-, boiling-, and critical-point temperatures of water, respectively. The properties listed above (except the vapor density) can be used at any pressure with negligible error except at temperatures near the critical-point value.

Note 2: The unit kJ/kg·°C for specific heat is equivalent to kJ/kg·K, and the unit W/m·°C for thermal conductivity is equivalent to W/m·K.

Source: Viscosity and thermal conductivity data are from J. V. Sengers and J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), pp. 1291–1322. Other data are obtained from various sources or calculated.

Hak Cipta :  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta  
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta