

**ANALISIS PENGARUH *FOULING* TERHADAP KINERJA
COOLING TOWER TIPE *INDUCED DRAFT COUNTERFLOW* DI
PERUSAHAAN KIMIA PT. XYZ**

SKRIPSI

Oleh:

ERIC SAMUEL

NIM: 2151050009



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2025**

**ANALISIS PENGARUH *FOULING* TERHADAP KINERJA
COOLING TOWER TIPE *INDUCED DRAFT COUNTERFLOW* DI
PERUSAHAAN KIMIA PT. XYZ**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)

Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Kristen Indonesia

Oleh:

ERIC SAMUEL

NIM: 2151050009



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2025**



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Eric Samuel

NIM : 2151050009

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul "ANALISIS PENGARUH *FOULING* TERHADAP KINERJA *COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTERFLOW* DI PERUSAHAAN KIMIA PT.XYZ" adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera didalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam reperensi tugas akhir.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan diatas, maka karya tugas akhir saya ini dianggap batal.

Jakarta, 25 Juni 2025



Eric Samuel



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH *FOULING* TERHADAP KINERJA *COOLING TOWER*
INDUCED DRAFT COUNTERFLOW DI PERUSAHAAN KIMIA PT.XYZ

Oleh:

Nama : Eric Samuel
NIM : 2151050009
Program Studi : Teknik Mesin
Peminatan : Konversi Energi

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana Strata Satu/pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia

Jakarta, 25 Juni 2025

Menyetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD.
NIDN. 0327046205

Ir. Surjo Abadi, M.Sc.
NIDN. 0321126505



Ketua Program Studi Teknik Mesin

Irwandiarto, M.Sc.



Dekan

Dicky Antonius, S.T., M.Sc.



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada 25 Juni 2025 telah diselenggarakan Sidang Tugas Akhir untuk memenuhi sebagai persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu/ pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : Eric Samuel
NPM : 2151050009
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Termasuk ujian tugas akhir yang berjudul "ANALISIS PENGARUH *FOULING* TERHADAP KINERJA *COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTERFLOW* DI PERUSAHAAN KIMIA PT.XYZ" oleh penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Ir. Budiarto, M.Sc.	Ketua	(.....)
2. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD.	Anggota	(.....)
3. Medyawanti Pane, S.T., M.Sc.	Anggota	(.....)
4. Dr. Rismen Sinambela, S.T., M.T.	Anggota	(.....)

Jakarta, 25 Juni 2025



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Eric Samuel
NPM : 2151050009
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Tugas Akhir : Skripsi
Judul : ANALISIS PENGARUH *FOULING* TERHADAP KINERJA
COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTERFLOW DI
PERUSAHAAN KIMIA PT.XYZ

Menyatakan Bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik diperguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak *Noneksklusif* Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta
Pada tanggal 25 Juni 2025
Yang Menyatakan



Eric Samuel

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas seluruh berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan ketentuan menuntaskan Pendidikan Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia. Judul Tugas Akhir ini yaitu: “Analisis Pengaruh *Fouling* Terhadap Kinerja *Cooling Tower* Induced Draft Counterflow Di Perusahaan Kimia PT. XYZ”.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan tentunya bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih banyak kepada:

1. Bapak Leonard Lisapaly, Drs., M.Si., PhD selaku dosen pembimbing I dan Bapak Surjo Abadi, Ir., MSc. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Budiarto M.Sc. selaku Kaprodi Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia.
3. Bapak Syaifullah selaku Manager dan penanggung jawab saya di perusahaan kimia PT. XYZ yang telah membagikan ilmunya.
4. Seluruh Staff dan Pegawai di perusahaan kimia PT. XYZ yang turut serta memberikan bimbingan dan arahan selama proses penelitian.
5. Perusahaan kimia PT. XYZ yang berlokasi di Kerawang, karena telah memberikan kesempatan untuk memperbolehkan melakukan penelitian.
6. Seluruh staff dan dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia yang telah mengajar dan membimbing saya.
7. Seluruh rekan mahasiswa Teknik Mesin Angkatan 2021 yang telah mendukung dan memberikan ilmunya kepada penulis selama menyelesaikan perkuliahan, dan skripsi Tugas Akhir.

Jakarta, 2 Juni 2025

Eric Samuel

NIM. 2151050009

DAFTAR ISI

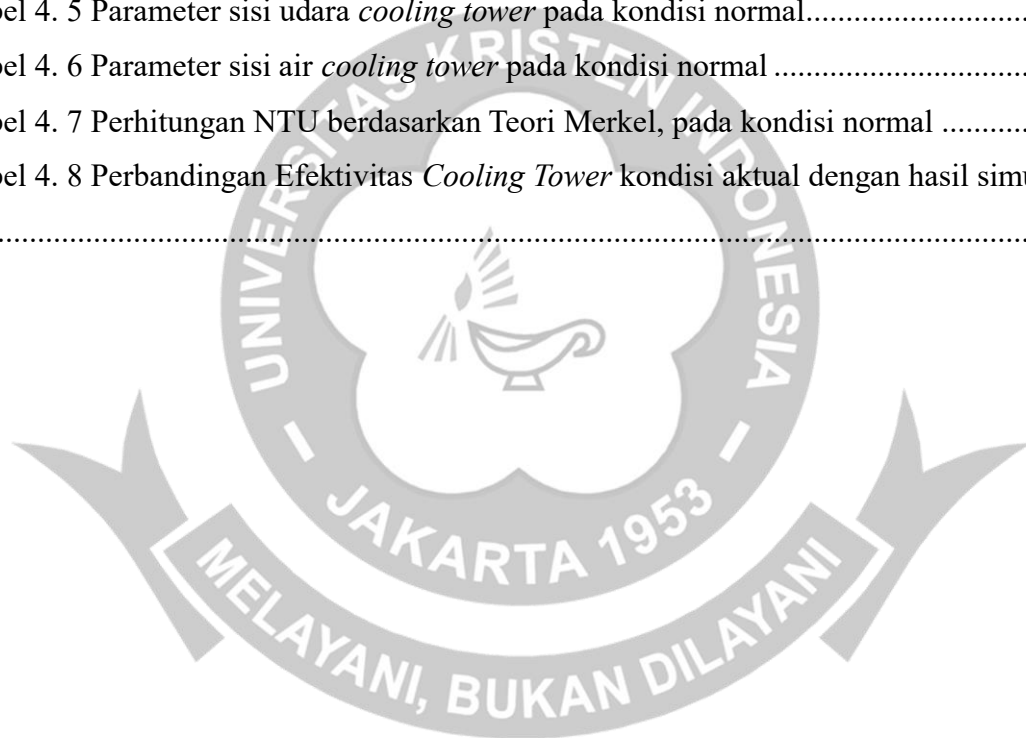
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR.....	ii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	iii
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
<i>ABSTRACT</i>.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Metode Pengumpulan Data.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1. <i>Cooling Tower</i>	6
2.2. Fungsi <i>Cooling Tower</i>	7
2.3. Prinsip Kerja <i>Cooling Tower</i>	7
2.4. Klasifikasi <i>Cooling Tower</i>	8
2.4.1. <i>Wet Cooling Tower</i>	8
2.4.2. <i>Dry Cooling Tower</i>	10

2.4.3.	<i>Wet-dry Cooling Tower</i>	10
2.5.	Komponen <i>Cooling Tower</i>	11
2.5.1.	Kerangka Pendukung	11
2.5.2.	Kipas (<i>Fan</i>)	11
2.5.4.	Pipa Distributor	12
2.5.5.	Bak air (<i>Water Basin</i>).....	13
2.5.6.	<i>Inlet Louver</i>	13
2.5.7.	Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	13
2.6.	Kinerja <i>Cooling Tower</i>	15
2.6.1.	<i>Range</i>	15
2.6.2.	<i>Approach</i>	15
2.6.3.	Efektivitas <i>Cooling Tower</i>	15
2.6.4.	Kinerja Perpindahan Panas (<i>Heat Transfer</i>)	16
2.6.5.	Rasio air dengan udara	16
2.6.6.	<i>Merkel Theory</i>	17
2.7.	<i>Water Loss Cooling Tower</i>	18
2.7.1.	<i>Evaporation Loss</i>	18
2.7.2.	<i>Drift Loss</i>	18
2.7.3.	<i>Make-up Water</i>	18
2.8.	Pengaruh <i>Fouling</i> pada <i>Cooling Tower</i>	19
2.9.	Simulasi CFD.....	19
2.9.1.	Penggunaan <i>Mesh</i> pada Simulasi CFD	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1.	Umum.....	21
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.2.1.	Tempat Penelitian.....	23
3.2.3.	Waktu Penelitian	23
3.3.	Studi Literatur	24
3.4.	Pengumpulan Data	24
3.5.	Analisis Data	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1.	Deskripsi Data Secara Umum	31
4.2.	Data Hasil Analisis Kinerja <i>Cooling Tower</i>	31

4.3.	Analisis Kinerja <i>Cooling Tower</i>	32
4.3.1.	Analisis Efektivitas <i>Cooling Tower</i>	32
4.3.2.	Analisis <i>Heat Transfer Cooling Tower</i>	33
4.3.3.	Perhitungan Rasio L/G.....	33
4.3.4.	Hasil Analisis Efektivitas dan <i>Heat Transfer</i> Dalam Bentuk Grafik	34
4.3.5.	NTU (<i>Number of Transfer Unit</i>)	35
4.4.	Analisis <i>Water Loss Cooling Tower</i> saat terjadi Fouling	36
4.4.1.	Perhitungan <i>Make-up Water</i> pada <i>Cooling Tower</i>	36
4.4.2.	Hasil Analisis <i>Water Loss</i> Dalam Bentuk Grafik	37
4.5.	Nilai NTU pada Kondisi Tanpa <i>Fouling</i>	38
4.6.	Rekomendasi Teknis untuk Mengurangi <i>Fouling</i> Pada <i>Cooling Tower</i>	39
4.7.	Kinerja <i>Cooling Tower</i> setelah dilakukan <i>Maintenance</i>	41
4.8.	Hasil Simulasi CFD	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		44
5.1.	Kesimpulan	44
5.2.	Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN		49

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tahapan Penelitian	23
Tabel 3. 2 Data Kondisi Operasional Cooling Tower	26
Tabel 3. 3 Data Kondisi Simulasi.....	29
Tabel 4. 1 Data Hasil Analisis Kinerja <i>Cooling Tower</i>	31
Tabel 4. 2 Parameter sisi udara cooling tower saat kondisi menurun	35
Tabel 4. 3 Parameter sisi air <i>cooling tower</i> saat kondisi menurun.....	35
Tabel 4. 4 Perhitungan NTU berdasarkan teori Merkel, saat kondisi akhir.....	36
Tabel 4. 5 Parameter sisi udara <i>cooling tower</i> pada kondisi normal.....	38
Tabel 4. 6 Parameter sisi air <i>cooling tower</i> pada kondisi normal	38
Tabel 4. 7 Perhitungan NTU berdasarkan Teori Merkel, pada kondisi normal	38
Tabel 4. 8 Perbandingan Efektivitas <i>Cooling Tower</i> kondisi aktual dengan hasil simulasi	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Range dan Approach Cooling Tower</i> (chemicalengineeringsite.in).....	6
Gambar 2. 2 Prinsip Kerja <i>Cooling Tower</i> (Zhang Huichao, 2018)	7
Gambar 2. 3 Natural Draft <i>Cooling Tower</i> (www.fanset.com)	8
Gambar 2. 4 <i>Cooling Tower</i> Induced Draft aliran Counterflow (Cooling Tower Fundamentals, 2009)	9
Gambar 2. 5 <i>Cooling Tower</i> Induced Draft aliran Crossflow (Cooling Tower Fundamentals, 2009)	10
Gambar 2. 6 <i>Wet-dry Cooling Tower</i> (Putra, 2015)	11
Gambar 2. 7 <i>Fan Cooling Tower</i> (Cooling Tower Fundamentals, 2009).....	12
Gambar 2. 8 Aliran Pipa di dalam <i>Cooling Tower</i> pada PT. XYZ.....	12
Gambar 2. 9 <i>Inlet Louver</i> pada <i>Cooling Tower</i> (Cooling Tower Fundamentals, 2009).....	13
Gambar 2. 10 Splash type fill (Cooling Tower Fundamentals, 2009)	14
Gambar 2. 11 Film type fill (Cooling Tower Fundamentals, 2009).....	14
Gambar 2. 12 Penurunan Kinerja <i>Cooling Tower</i> akibat <i>Fouling</i> (Qureshi & Zubair, 2005)	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 3. 2 Termometer	24
Gambar 3. 3 <i>Wet and Dry bulb Thermometer</i>	25
Gambar 3. 4 <i>Cooling Tower</i> PT. XYZ	25
Gambar 3. 5 Kondisi Fisik Filler pada <i>Cooling Tower</i>	26
Gambar 3. 6 Gambar model <i>mesh</i> (a) dan Detail pada tahap <i>Meshing</i>	28
Gambar 3. 7 Tahap <i>Set-up Models</i> (a) dan Tahap <i>Solution</i> pada simulasi (b)	30
Gambar 4. 1 Grafik Efektivitas (a) dan <i>heat transfer cooling tower</i> (b)	34
Gambar 4. 2 <i>Water Losses Cooling Tower</i>	37
Gambar 4. 3 Kondisi Aktual <i>Fouling</i> pada komponen Filler pada <i>Cooling Tower</i>	39
Gambar 4. 4 Grafik Efektivitas (a) dan <i>heat transfer Cooling Tower</i> , setelah dilakukan <i>maintenance</i> (b).....	41
Gambar 4. 5 Hasil Simulasi <i>Cooling Tower</i> , dengan <i>Tinlet</i> 35°C.....	43

DAFTAR SINGKATAN

T_{in}	Temperatur air masuk <i>cooling tower</i>	$^{\circ}\text{C}$
T_{out}	Temperatur air keluar <i>cooling tower</i>	$^{\circ}\text{C}$
Q	<i>Heat Transfer</i>	kW
$\dot{m}_w$	Laju aliran massa air	kg/s
$\dot{m}_a$	Laju aliran massa udara	kg/s
C_w	Kalor spesifik air	$\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$
ΔT	Selisih temperatur air masuk dan air keluar	$^{\circ}\text{C}$
$\dot{Q}_w$	Debit air	m^3/s
ρ_w	Densitas air	kg/m^3
L/G	Rasio air dengan udara	
NTU	<i>Number of Transfer Unit</i>	
h_w	Entalpi air	kJ/kg
h_a	Entalpi udara	kJ/kg
E	<i>Evaporation loss</i>	m^3/jam
D	<i>Drift loss</i>	m^3/jam

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. 1 Data kinerja <i>cooling tower</i> , sebelum dan sesudah dilakukan <i>maintenance</i>	49
Lampiran B. 1 <i>Design cooling tower induced draft</i> , departemen Asam Baterai PT. XYZ	50



ABSTRAK

Cooling tower merupakan alat penukar kalor yang berperan untuk mendinginkan air yang keluar dari *heat exchanger* dengan cara mengontakkan air dengan udara disekitar, sehingga air menjadi dingin. *Cooling tower* dengan tipe *induced draft counterflow* merupakan salah satu tipe yang digunakan pada perusahaan kimia PT. XYZ mengalami sebuah permasalahan yaitu *fouling* yang menempel pada komponen filler sehingga perbedaan selisih temperatur air yang masuk dan keluar menurun menjadi 2°C. Endapan ini disebabkan oleh akumulasi pengotor seperti lumpur, debu dan mikroorganisme dari sirkulasi air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *fouling* terhadap kinerja *cooling tower*, serta memberikan rekomendasi teknis yang dapat diterapkan untuk mencegah *fouling* pada komponen filler. Penelitian ini memakai metode pendekatan kuantitatif dengan pengumpulan data melalui observasi lapangan, studi literatur, pengukuran parameter operasional *cooling tower*, serta analisis dengan menggunakan efektivitas pendingin, kapasitas pendingin dan nilai NTU pada *cooling tower* berdasarkan teori Merkel. Berdasarkan hasil penelitian ditemukan bahwa, *fouling* yang menempel pada komponen filler menyebabkan efektivitas *cooling tower* mengalami penurunan dari 58.8% hingga menjadi 41%, kapasitas pendinginan juga menurun dari 686.3 kW menjadi 274.5 kW, dan nilai NTU berdasarkan teori Merkel menurun dari 0.41 menjadi 0.20. Setelah dilakukan *maintenance* dengan disemprot menggunakan *water jet*, berhasil untuk menghilangkan *fouling* yang menempel pada filler sehingga perbedaan selisih temperatur air yang masuk dan keluar meningkat menjadi 4°C.

Kata Kunci: *fouling*, kinerja *cooling tower*, perpindahan panas.

ABSTRACT

Cooling tower is a heat exchanger that functions to cool the water coming out of the heat exchanger by contacting the water with the surrounding air, so that the water becomes cold. Cooling tower with induced draft counterflow type is one of the types used in chemical company PT. XYZ experienced a problem, namely fouling that sticks to the filler component so that the difference in temperature of the incoming and outgoing water decreases to 2°C. This deposit is caused by the accumulation of impurities such as mud, dust and microorganisms from water circulation. This study aims to analyze the effect of fouling on the performance of the cooling tower, as well as to provide technical recommendations that can be applied to prevent fouling on the filler component. This study uses a quantitative approach method with data collection through field observations, literature studies, measurements of cooling tower operational parameters, and analysis using cooling effectiveness, cooling capacity and NTU values in the cooling tower based on Merkel's theory. Based on the research results, it was found that fouling attached to the filler component caused the effectiveness of the cooling tower to decrease from 58.8% to 41%, the cooling capacity also decreased from 686.3 kW to 274.5 kW, and the NTU value based on Merkel's theory decreased from 0.41 to 0.20. After maintenance was carried out by spraying using a water jet, it succeeded in removing the fouling attached to the filler so that the difference in temperature of the incoming and outgoing water increased to 4°C.

Keywords: fouling, Cooling tower performance, Heat transfer.