

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA COOLING TOWER INDUCED DRAFT
COUNTER FLOW DI TEXTURIZING PLANT PT. X
KAPASITAS 1489 KW**

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mencapai jenjang pendidikan derajat
kesarjanaan strata satu (S-1) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Dan Sains
Universitas Nasional

OLEH

NAMA : IRFAN MAULANA
NPM : 227001446045
PEMINATAN : KONVERSI ENERGI



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
JAKARTA
2024**



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
JAKARTA

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTER
FLOW DI TEXTURIZING PLANT PT. X KAPASITAS 1489 KW**

OLEH

NAMA : IRFAN MAULANA
NPM : 227001446045
PEMINATAN : KONVERSI ENERGI

Dibuat untuk melengkapi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar derajat
kesarjanaan sarjana satu (S-I) di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains,
Universitas Nasional. Skripsi ini dapat disetujui, untuk diajukan dalam sidang.

Jakarta, 23 Februari 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Basori, S.T., M.T.
NID. 0102130822

Cahyono HP., S.T., M.T.
NID. 0106022012



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTER
FLOW DI TEXTURIZING PLANT PT. X KAPASITAS 1489 KW**

Oleh:

NAMA : Irfan Maulana
NPM : 227001446045
PEMINATAN : Konversi Energi

Skripsi ini telah diperbaiki sesuai saran dari Tim Dosen Penguji dalam sidang Skripsi yang dilaksanakan pada tanggal 24 Februari 2024.


Jakarta, 1 Maret 2024

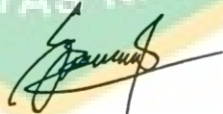
Menyetujui,


Dosen Penguji 1

Dosen Penguji 2

Dosen Penguji 3


Dr. Ir. Djarot Sulistio W, M.Sc.
NID. 040006085


Fahamsyah, ST., M.Si., Ph.D.
NID. 040022024


Wismanto Setyadi, ST., MT.
NID. 0201202666



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
JAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTER
FLOW DI TEXTURIZING PLANT PT. X KAPASITAS 1489 KW**

OLEH

NAMA : IRFAN MAULANA
NPM : 227001446045
PEMINATAN : KONVERSI ENERGI

Telah dipertahankan dihadapan Tim Dosen penguji dalam Sidang Skripsi di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, yang dilaksanakan pada :

Hari : Sabtu

Tanggal : 24 Februari 2024

Jakarta, 3 April 2024

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Bayori, S.T., M.T.
NID. 0102130822



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

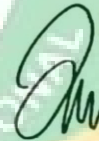
Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : IRFAN MAULANA
NIM : 227001446045
PEMINATAN : KONVERSI ENERGI
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang telah saya buat ini dengan judul **“Analisis Kinerja Cooling Tower Induced Draft Counter Flow di Texturizing Plant PT. X Kapasitas 1489 kW”** adalah benar hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip sebagian atau seluruhnya dari karya ilmiah orang lain, kecuali yang sudah disebutkan sumbernya.

Jakarta, 22 Februari 2024

Penulis,



Irfan Maulana



ANALISIS KINERJA COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTER FLOW DI TEXTURIZING PLANT PT. X KAPASITAS 1489 KW¹⁾

IRFAN MAULANA²⁾
227001446045

Abstrak,

Menara pendingin adalah salah satu *equipment* penting dalam sistem pendinginan industri hilir kelapa sawit yang digunakan untuk penurunan suhu air pendingin pada proses pengolahan RBD *Palm Oil*. Menara pendingin di *Texturizing Plant* PT. X belum pernah dilakukan perhitungan terhadap kinerjanya setelah beroperasi selama dua tahun. Pada operasionalnya terdapat pemborosan biaya energi karena pemakaian menara pendingin tidak disesuaikan dengan kapasitas produksi *plant*. Dilakukannya penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja aktual menara pendingin yang selanjutnya dijadikan sebagai acuan dalam menjaga efisiensi operasional dan mengurangi biaya energi. Untuk memecahkan masalah tersebut penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data operasional dan menghitung parameter kinerja menara pendingin selama waktu tertentu. Metode analisis yang digunakan adalah membandingkan nilai efektivitas, kapasitas pendinginan serta laju evaporasi berdasarkan data desain dan data operasional. Dari hasil pengolahan dan analisis data diperoleh nilai efektivitas rata-rata sebesar 75% dan 79%, yang masih sesuai dengan data desain pada kapasitas maksimalnya, yaitu 67%. Terdapat fluktuasi pada nilai kapasitas pendinginan selama waktu pengamatan, dihasilkan sebesar 496 kW sampai 595 kW serta sebesar 1105 kW sampai 1320 kW yang dipengaruhi oleh perubahan temperatur *dry bulb* udara. Laju evaporasi selama proses pendinginan sebesar 0,232 kg/s dan 0,484 kg/s, dimana nilainya sudah sesuai dengan teori. Dapat disimpulkan bahwa kinerja aktual dari menara pendingin sudah cukup baik. Namun, terdapat adanya pemborosan biaya energi karena kapasitas berlebih pada menara pendingin dibandingkan dengan kebutuhan pendinginan *plant*. Hal ini dapat dioptimasi dengan menurunkan kecepatan putaran *fan* hingga 1310 rpm untuk mengurangi biaya energi.

Kata kunci : menara pendingin, kinerja, pendinginan, efektivitas, biaya energi

¹⁾Judul Skripsi Mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional

²⁾Mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional

PERFORMANCE ANALYSIS OF INDUCED DRAFT COUNTER FLOW COOLING TOWER AT TEXTURIZING PLANT PT. X CAPACITY 1489 KW ¹⁾

IRFAN MAULANA²⁾
227001446045

Abstract,

Cooling tower is one of the important equipment in the downstream palm oil industry cooling system used to decrease the cooling water temperature in the RBD Palm Oil processing. The cooling tower at PT. X's Texturizing Plant has not been assessed for its performance after two years of operation. In operations there is waste of energy costs because the use of cooling tower is not adjusted to the plant's production capacity. This research aims to determine the actual performance of cooling tower which can then be used as a reference to maintain operational efficiency and reduce energy costs. To solve this issue, a study was conducted by collecting operational data and calculating the performance parameters of the cooling tower over a certain period of time. The analysis method used was comparing the effectiveness value, cooling capacity, and evaporation rate based on design data and operational data. From the processing and analysis of the data, an average effectiveness value of 75% and 79% was obtained, which still aligns with the design data at its maximum capacity, which is 67%. There was fluctuation in the cooling capacity values during the observation period, ranging from 496 kW to 595 kW and from 1105 kW to 1320 kW, affected by changes in dry bulb air temperature. The evaporation rate during the cooling process was 0.232 kg/s and 0.484 kg/s, which are in line with theoretical values. It can be concluded that the actual performance of the cooling tower is quite good. However, there is energy cost wastage due to excess capacity in the cooling tower compared to the plant's cooling requirements. This can be optimized by reducing the fan speed to 1310 rpm to decrease energy costs.

Keywords : cooling tower, performance, cooling, effectiveness, energy cost

¹⁾Judul Skripsi Mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional

²⁾Mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya serta hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Kinerja Cooling Tower Induced Draft Counter Flow di Texturizing Plant PT. X Kapasitas 1489 kW**”.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis menghadapi banyak tantangan dan hambatan. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Ir. Ruliyanto, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.
2. Bapak Basori, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional, sekaligus selaku Pembimbing 1.
3. Bapak Alm. Ahmad Zayadi, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.
4. Bapak Masyudi, S.T., M.T., selaku Kepala Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.
5. Seluruh staf pengajar di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.
6. Kedua Orang Tua yang telah memberikan dukungan secara moral dan materil.
7. Kepada teman-teman Texturizing Plant PT. Multimas Nabati Asahan Serang yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

8. Kepada teman-teman mahasiswa Universitas Nasional yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Kepada Nova Yazmin yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap kepada pembaca yang menemukan kekurangan itu bersedia untuk memberikan kritik dan sarannya. Kritik dan saran yang bersifat membangun akan penulis jadikan sebagai bahan evaluasi, sehingga pada tulisan selanjutnya bisa lebih baik.

Penulis juga berharap, semoga apa yang telah ditulis dalam laporan ini dapat memberikan pengetahuan dan wawasan yang baru bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya.



Jakarta, 22 Februari 2024

Penulis,

A handwritten signature in black ink, which appears to read "Irfan Maulana". The signature is written in a cursive style.

Irfan Maulana

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	
LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI	
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metode Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Menara Pendingin (<i>Cooling Tower</i>).....	6
2.2 Fungsi Menara Pendingin.....	7
2.3 Komponen Menara Pendingin.....	7
2.4 Jenis - Jenis Menara Pendingin (<i>Cooling Tower</i>).....	12
2.4.1 <i>Natural Draft Cooling Tower</i>	12
2.4.2 <i>Mechanical Draft Cooling Tower</i>	13
2.5 Cara Kerja <i>Cooling Tower</i>	15
2.6 Sistem Sirkulasi Air Pendingin di <i>Texturizing Plant</i>	16
2.7 Kinerja <i>Cooling Tower</i>	17
2.7.1 <i>Range</i>	18
2.7.2 <i>Approach</i>	18
2.7.3 Efektifitas <i>Cooling Tower</i>	19
2.7.4 <i>Heat Balance</i>	19
2.7.5 Kapasitas <i>Make-up Water</i>	20
2.7.6 Laju Aliran Massa Udara.....	21
2.7.7 Keseimbangan Energi.....	22
2.7.8 Diagram Psikometrik.....	24
2.8 Daya Listrik.....	25
2.9 Regresi Linear Berganda	25
2.10 Penelitian Terdahulu.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	29

3.1.1	Perumusan Masalah	30
3.1.2	Studi Literatur	30
3.1.3	Observasi Lapangan.....	31
3.1.4	Pengumpulan Data.....	31
3.1.5	Pengolahan Data	32
3.1.6	Hasil dan Pembahasan	34
3.1.7	Kesimpulan dan Saran	34
3.2	Variabel Penelitian	34
3.2.1	Variabel Bebas.....	34
3.2.2	Variabel Kontrol	34
3.2.3	Variabel Terikat.....	35
3.3	Alat dan Bahan	35
3.3.1	Alat	35
3.3.2	Bahan	37
3.4	Data Penelitian.....	38
3.4.1	Data Pada <i>Cooling Tower Texturizing Plant</i>	39
3.4.2	Data Pada <i>Plate Heat Exchanger Texturizing Plant</i>	43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 44

4.1	Hasil Analisa Terhadap Kinerja <i>Cooling Tower</i>	44
4.1.1	<i>Range</i>	45
4.1.2	<i>Approach</i>	50
4.1.3	Kapasitas Pendinginan <i>Cooling Tower</i>	55
4.1.4	Efektivitas <i>Cooling Tower</i>	63
4.1.5	Laju Evaporasi	71

4.1.6	Perhitungan Pertukaran Panas Pada Pengoperasian Maksimal <i>Plant</i> Terhadap <i>Cooling Tower</i>	75
4.2	Optimasi Pada <i>Cooling Tower</i> Untuk Minimasi Pemakaian Daya Listrik	76
4.2.1	Menghitung Daya Listrik Operasional <i>Fan Cooling Tower</i>	77
4.2.2	Data Perbandingan Pemakaian Daya <i>Fan Cooling Tower</i> Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	78
4.3	Pembahasan	79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		81
5.1	Kesimpulan.....	81
5.2	Saran	82
5.2.1	Saran Untuk Operasional	82
5.2.2	Saran Untuk Penelitian Selanjutnya	82
DAFTAR PUSTAKA		83
LAMPIRAN		85



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram skematika cooling tower	7
Gambar 2.2 Komponen dasar cooling tower	8
Gambar 2.3 Splash fill	10
Gambar 2.4 Film fill	10
Gambar 2.5 Menara pendingin natural draft.....	13
Gambar 2.6 Menara pendingin induced draft cross flow.....	14
Gambar 2.7 Menara pendingin induced draft counter flow	14
Gambar 2.8 Menara pendingin forced draft.....	15
Gambar 2.9 Proses pendinginan pada cooling tower.....	16
Gambar 2.10 Diagram sistem sirkulasi air pendingin di texturizing plant.....	17
Gambar 2.11 Besaran pengukuran kinerja cooling tower.....	18
Gambar 2.12 Proses kesetimbangan laju aliran udara dan air dalam cooling tower. ...	22
Gambar 2.13 Diagram psikometrik	24
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.	29
Gambar 3.2 Thermogun.....	35
Gambar 3.3 Termometer wet and dry	35
Gambar 3.4 Tampilan DCS	36
Gambar 3.5 Digital Clamp Meter	36
Gambar 3.6 Cooling tower di texturizing plant	37
Gambar 4.1 Grafik kinerja cooling tower saat plant capacity 100%	43
Gambar 4.2 Grafik kinerja cooling tower saat plant capacity 65%	44
Gambar 4.3 Grafik pengaruh temperatur udara terhadap range plant capacity 100%..	48
Gambar 4.4 Grafik pengaruh temperatur udara terhadap range plant capacity 65%....	49

Gambar 4.5 Grafik pengaruh temperatur udara terhadap approach saat plant capacity 100%	52
Gambar 4.6 Grafik pengaruh temperatur udara terhadap approach saat plant capacity 65%	53
Gambar 4.7 Grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap kapasitas pendinginan cooling tower saat plant capacity 100%.....	57
Gambar 4.8 Grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap kapasitas pendinginan cooling tower saat plant capacity 100%.....	58
Gambar 4.9 Grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap kapasitas pendinginan cooling tower saat plant capacity 100%.....	59
Gambar 4.10 Grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap kapasitas pendinginan cooling tower saat plant capacity 65%.....	59
Gambar 4.11 Grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap kapasitas pendinginan cooling tower saat plant capacity 65%.....	60
Gambar 4.12 Grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap kapasitas pendinginan cooling tower saat plant capacity 65%.....	61
Gambar 4.13 Grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap efektivitas cooling tower saat load capacity plant 100%.....	64
Gambar 4.14 Grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap efektivitas cooling tower saat load capacity plant 100%.....	65
Gambar 4.15 Grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap efektivitas cooling tower saat load capacity plant 100%.....	66
Gambar 4.16 Grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap efektivitas cooling tower saat load capacity plant 65%	66
Gambar 4.17 grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap efektivitas	

cooling tower saat load capacity plant 65%.....	67
Gambar 4.18 Grafik hubungan temperatur dry bulb dan wet bulb terhadap efektivitas cooling tower saat load capacity plant 65%.....	68
Gambar 4.19 Grafik perbandingan antara laju evaporasi aktual dan laju evaporasi teori saat plant capacity 100%.....	71
Gambar 4.20 Grafik perbandingan antara laju evaporasi aktual dan laju evaporasi teori saat plant capacity 65%.....	72



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi motor cooling tower pump	37
Tabel 3.2 Spesifikasi cooling tower pump.....	38
Tabel 4.1 Data parameter cooling tower pada 23 November 2023	38
Tabel 4.2 Data parameter cooling tower pada 27 Februari 2024.....	39
Tabel 4.3 Data parameter cooling tower pada 28 Februari 2024.....	40
Tabel 4.4 Data parameter cooling tower pada 7 Januari 2024.....	40
Tabel 4.5 Data parameter cooling tower pada 25 Februari 2024.....	41
Tabel 4.6 Data parameter cooling tower pada 26 Februari 2024.....	41
Tabel 4.7 Data parameter PHE di texturizing plant.....	42
Tabel 4.8 Nilai range cooling tower texturizing plant saat plant capacity 100%	45
Tabel 4.9 Nilai range cooling tower texturizing plant saat plant capacity 65%	46
Tabel 4.10 Nilai approach cooling tower saat plant capacity 100%.....	50
Tabel 4.11 Nilai approach cooling tower saat plant capacity 65%.....	51
Tabel 4.12 Kapasitas pendinginan cooling tower saat plant capacity 100%	55
Tabel 4.13 Kapasitas pendinginan cooling tower saat plant capacity 65%	56
Tabel 4.14 Efektivitas cooling tower texturizing plant saat plant capacity 100%.....	62
Tabel 4.15 Efektivitas cooling tower texturizing plant saat plant capacity 65%.....	63
Tabel 4.16 Laju evaporasi cooling tower saat plant capacity 100%.....	70
Tabel 4.17 Laju evaporasi cooling tower saat plant capacity 65%.....	70
Tabel 4.18 Data kalor fluida panas dan massa fluida dingin maksimal	73
Tabel 4.19 Data pemakaian daya listrik operasional motor fan cooling tower	75
Tabel 4.20 Data pemakaian daya listrik motor fan cooling tower sebelum dan sesudah optimasi.....	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Piping and instrumentation diagram water cooling system	83
Lampiran 2 Tabel spesifikasi dan standarisasi cooling tower texturizing plant	84
Lampiran 3 Layout induced draft counterflow cooling tower	85
Lampiran 4 Dokumentasi pengambilan data	86
Lampiran 5 Hasil perhitungan range dan approach dengan software MINITAB.....	87
Lampiran 6 Hasil perhitungan kinerja cooling tower dengan software MINITAB.....	88
Lampiran 7 Analisis pengaruh temperatur udara terhadap kapasitas pendinginan	89
Lampiran 8 Kualitas air cooling tower texturizing plant.....	90

