



UNIVERSITAS DIPONEGORO

***ANALISIS PERFORMANCE COOLING TOWER
TIPE INDUCED DRAFT COUNTER FLOW
PLTP KAMOJANG UNIT 5***

TUGAS AKHIR

**HASAN ABDUROHMAN
40040220655036**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
AGUSTUS 2022**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

***ANALISIS PERFORMANCE COOLING TOWER
TIPE INDUCED DRAFT COUNTER FLOW
PLTP KAMOJANG UNIT 5***

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan**

**HASAN ABDUROHMAN
40040220655036**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
AGUSTUS 2022**

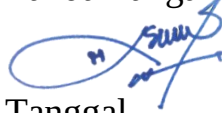
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA :
HASAN ABDUROHMAN

NIM :
40040220655036

Tanda Tangan :

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Hasan', with a stylized flourish extending from the end.

Tanggal :
26 Agustus 2022



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI

TUGAS AKHIR

No. 012 / TA / DIV RPM / 2022

Dengan ini diberikan Tugas Akhir untuk Mahasiswa berikut :

N a m a : Hasan Abdurohman
NIM : 40040220655036
Judul Tugas Akhir : Analisis *Performance Cooling Tower Tipe Induced Draft Counter Flow* PLTP Kamojang Unit 5

Isi Tugas :

1. Melakukan kegiatan pengambilan data *cooling tower* berdasarkan data aktual yang ada dilapangan serta data desain.
2. Melakukan perhitungan serta analisis terhadap performa *cooling tower*.
3. Menganalisis penyebab perubahan performa *cooling tower*.
4. Menentukan rekomendasi yang harus dilakukan dalam mengembalikan performa *cooling tower* pada kondisi desain.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini , dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang , 10 Januari 2022

Ketua PSD IV Rekayasa Perancangan mekanik




Dr. Seno Darmanto, S.T, M.T
NIP. 197110301998021001

Tembusan :

☐ Dosen Pembimbing

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :
NAMA : HASAN ABDUROHMAN
NIM : 40040220655036
Program Studi : Diploma IV Rekayasa Perancangan Meaknik
Judul Tugas Akhir : Analisis *Performance Cooling tower* Tipe *Induced draft Counter Flow* PLTP Kamojang Unit 5

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Meaknik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Drs. Juli Mrihardjono M.T. ()
Penguji : Dr. Seno Darmanto, S.T, M.T ()
Penguji : Didik Ariwibowo S.T., M.T. ()

Semarang, 26 Agustus 2022

Ketua PSD IV Rekayasa Perancangan Mekanik

Dr. Seno Darmanto, S.T, M.T

NIP. 197110301998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hasan Abdurohman
NIM : 40040220655036
Jurusan/Program Studi : D IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

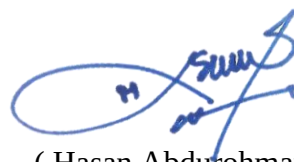
Analisis Performance Cooling Tower Tipe Induced draft Counter Flow PLTP Kamojang Unit 5

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 26 Agustus 2022

Yang menyatakan



(Hasan Abdurohman)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan penyusunan laporan Proyek Akhir.

Laporan Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu pertanggungjawaban untuk penyelesaian tugas dan penerapan teori yang diperoleh di bangku kuliah ke dalam dunia industri. Pembuatan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam kurikulum pendidikan di program studi D4 Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Laporan ini disusun berdasarkan data data yang telah didapatkan dari tempat pelaksanaan Proyek Akhir yaitu di PLTP Kamojang Unit 5.

Tak lupa penyusun mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu penyusunan dalam menyelesaikan praktek serta penyusunan laporan ini dengan lancar tanpa suatu halangan yang berarti, yaitu:

1. PT. Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang secara umum khususnya Mas Farhan Iqbal selaku *Svp. Rotating* yang memberikan *sharing* ilmunya serta pihak operasi yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan observasi serta pengambilan data penunjang laporan.
2. Bapak Dr. Seno Darmanto, ST, MT, selaku Ketua Program Studi Diploma VI Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,
3. Bapak Drs. Juli Mrihardjono M.T. selaku dosen pembimbing Proyek Akhir.
4. Bapak Alaya Fadlu Hadi Mukhammad, ST., M.Eng selaku dosen wali.
5. Istri beserta anak yang selalu menjadi penyemangat serta memberi dukungan untuk dapat menyelesaikan Proyek Akhir.

6. Orang Tua saya yang telah mendoakan dan memberikan dukungan moril dalam setiap langkah kebaikan yang dilalui.
7. Setiap dosen yang ada di Universitas Diponegoro yang telah memberikan pembelajaran di kelas LJ B DIV Rekayasa Perancangan Mekanik.
8. Teman-teman Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik.

Akhir kata, penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Kamojang, 26 Agustus 2022



Hasan Abdurohman

ABSTRAK

ANALISIS *PERFORMANCE COOLING TOWER* TIPE *INDUCED DRAFT COUNTER FLOW* PLTP KAMOJANG UNIT 5

Cooling tower adalah alat penukar kalor yang digunakan untuk mendinginkan air dari kondensor. Proses tersebut dilakukan dengan mengontakan air dengan udara secara langsung dan dibuang ke atmosfer menggunakan fluida udara yang dialirkan secara natural maupun dialirkan oleh *fan*. Tipe *cooling tower* yang digunakan di PLTP Kamojang Unit 5 adalah *Induced draft Counter Flow*. Peralatan ini sangat berperan penting dalam meningkatkan efisiensi turbin, oleh karenanya diperlukan perlakuan khusus dengan mengetahui dan mengamati performa *cooling tower* agar dapat dianalisa kondisi aktual serta langkah keputusan dalam melakukan perbaikan dan perawatan selanjutnya, hal ini menjadi dasar penelitian yang akan dilakukan dengan mencari nilai dan *trendline* performa *cooling tower*. Metode perhitungan menggunakan standard ASME PTC 23-2003 dan CTI ATC-105 dimana hasilnya berupa *baseline* perhitungan dan *historial trendline* performa *cooling tower* berdasarkan parameter kondisi operasi *3-cell cooling tower*. Parameter yang diuji yaitu dengan mengambil 5 data yang valid pada PLTP KMJ Unit 5, kemudian diperoleh nilai performa *tower capability* sebagai berikut yaitu pada kondisi awal *commisioning* nilai performa sebesar 92,1%, Q1 2021 sebesar 78,8%, Q3 2021 sebesar 74,3%, Q4 2021 sebesar 84,7%, dan Q1 2022 sebesar 83,8%. Terjadi penurunan pada Q3 2021 akibat gangguan pada peralatan pendukung *cooling tower* yaitu *gearbox*, kemudian *trend* naik di Q4 2021 dikarenakan sebelumnya dilakukan kegiatan *overhaul* pada *cooling tower*.

Kata Kunci: *cooling tower, trendline, tower capability.*

ABSTRACT

PERFORMANCE ANALYSIS OF COOLING TOWER TYPE OF INDUCED DRAFT COUNTER FLOW PLTP KAMOJANG UNIT 5

Cooling tower is a heat exchanger used to cool water from the condenser. The process is carried out by contacting water with air directly and discharged into the atmosphere using air fluid that is flowed naturally or flowed by a fan. Cooling tower type used in PLTP Kamojang Unit 5 is Induced draft Counter Flow. This equipment more important in increasing turbine efficiency, therefore special treatment is needed by knowing and observing the performance of the cooling tower so that it can be analyzed in actual conditions and make decision steps in carrying out further repairs and maintenance, this is the basis of research that will be carried out by looking for value and the cooling tower performance trendline. The calculation method uses the standard ASME PTC 23-2003 and CTI ATC-105 where the results are the calculation baseline and the historical trendline of cooling tower performance based on the parameters of the 3-cell cooling tower operating conditions. The parameters tested are by taking 5 valid data on PLTP KMJ Unit 5, then the tower capability performance values are obtained as follows, namely in the initial commissioning conditions the performance value is 92,1%, Q1 2021 is 78,8%, Q3 2021 is 74, 3%, Q4 2021 is 84,7%, and Q1 2022 is 83,8%. There was a decrease in Q3 2021 due to disturbances in the cooling tower supporting equipment, namely the gearbox, then there was an increase in the trend in Q4 2021 due to previous overhaul activities on the cooling tower.

Keywords: cooling tower, trendline, tower capability.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Tujuan Penelitian	3
1.6. Metode Pengumpulan Data.....	4
1.7. Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	4
1.8. Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	6
LANDASAN TEORI	6
2.1. Pengertian <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>	9
2.4.1. Menara pendingin basah (<i>wet cooling tower</i>).....	9
2.4.2. Menara pendingin kering (<i>dry cooling tower</i>).....	12

2.4.3.	Menara pendingin basah-kering (<i>wet-dry cooling tower</i>).....	13
2.5.	Konstruksi <i>Cooling tower</i>	14
2.5.1.	<i>Fan</i>	15
2.5.2.	Kerangka Pendukung <i>Cooling tower</i>	15
2.5.3.	<i>Casing Cooling tower</i>	16
2.5.4.	Pipa <i>Sprinkler</i>	16
2.5.5.	<i>Water Basin</i>	16
2.5.6.	<i>Inlet Louver</i>	16
2.5.7.	Bahan Pengisi (<i>Filler Material</i>).....	16
2.6.	Kinerja Menara Pendingin.....	19
2.6.1.	<i>Range</i>	19
2.6.2.	<i>Approach</i>	20
2.6.3.	Efektivitas	20
2.6.4.	<i>Heat Load Total</i>	20
2.6.5.	Rasio Air dengan Udara (L/G).....	21
2.6.6.	<i>Merkel Equation</i>	21
2.6.7.	<i>Head Total Pompa</i>	23
2.6.8.	<i>Fan Power</i>	23
2.6.9.	<i>Determine Cooling Tower Capability</i>	24
BAB III		26
METODOLOGI PERENCANAAN		26
3.1.	Studi Literatur.....	26
3.2.	Pengumpulan Data.....	27
3.3.	<i>Design Cooling tower</i>	27
3.4.	Analisis Data.....	38
3.5.	Pengolahan Data	39
3.6.	Penyusunan Laporan.....	40
BAB IV		41
HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1.	Uji Coba Data Sample	41
4.2.	Perhitungan Efektivitas <i>Cooling Tower</i>	42
4.3.	<i>Heat Load Total</i>	42
4.4.	Rasio Air dengan Udara (L/G)	43
4.5.	NTU (<i>Number of Transfer Unit</i>)	43

4.6. Perhitungan <i>Tower Capability</i>	45
4.6.1. Perhitungan <i>Water Flow</i>	45
4.6.2. Perhitungan <i>Fan Power</i>	45
4.6.3. Perhitungan <i>Adjusted Water Flow</i>	47
4.6.4. <i>Plotting Data</i>	47
BAB V	56
KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Range dan Approach</i> pada <i>Cooling Tower</i>	6
Gambar 2.2. Skema <i>Cooling Tower</i>	8
Gambar 2.3. Perbedaan antara <i>Crossflow</i> dan <i>Counterflow</i>	10
Gambar 2.4. <i>Induced draft</i> tipe <i>Counterflow</i>	11
Gambar 2.5. <i>Induced draft</i> tipe <i>Crossflow</i>	11
Gambar 2.6. <i>Combined draft Cooling Tower</i>	12
Gambar 2.7. <i>Dry Cooling Tower</i>	13
Gambar 2.8. <i>Wet-dry Cooling Tower</i>	14
Gambar 2.9. Skema konstruksi umum <i>Cooling Tower</i>	15
Gambar 2.10. <i>Splash fill</i>	17
Gambar 2.11. <i>Film fill</i>	18
Gambar 2.12. <i>Low-clog film fill</i>	19
Gambar 3.1. Diagram alir	26
Gambar 3.2. <i>Cooling Tower</i> PLTP Unit 5.....	28
Gambar 3.3. Rangka basin <i>Cooling Tower</i>	29
Gambar 3.4. <i>Fan Stack</i> dan <i>Cladding</i>	29
Gambar 3.5. Motor penggerak.....	30
Gambar 3.6. <i>Drawing Motor Fan</i>	31
Gambar 3.7. <i>Gearbox</i>	32
Gambar 3.8. <i>Drawing Gearbox</i>	32
Gambar 3.9. <i>Drive Shaft</i>	33
Gambar 3.10. <i>Drawing Drift Shaft</i>	34
Gambar 3.11. <i>Fans</i>	35
Gambar 3.12. <i>Drawing Fans & Hub</i>	35
Gambar 3.13. Sensor Vibrasi pada <i>Gearbox</i>	36
Gambar 3.14. <i>Drawing Sensor Vibrasi</i>	37
Gambar 3.15. <i>Tower Performance Curve</i>	39
Gambar 3.16. <i>Flowchart</i> perhitungan dan pengolahan data	40
Gambar 4.1. <i>Tower demand and Characteristic curve</i>	44
Gambar 4.2. Hasil <i>plotting</i> pada <i>Performance Curve</i> 90%	48
Gambar 4.3. Hasil <i>plotting</i> pada <i>Performance Curve</i> 100%	48

Gambar 4.4. Hasil <i>plotting</i> pada <i>Performance Curve</i> 110%	48
Gambar 4.5. Grafik WBT aktual vs <i>Range</i>	49
Gambar 4.6. Grafik CWT vs <i>Water flow</i>	50
Gambar 4.7. Grafik kesimpulan performa <i>Cooling Tower</i> PLTP Unit 5	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi umum <i>Cooling Tower</i>	28
Tabel 3.2. Spesifikasi <i>Structur</i> bangunan	29
Tabel 3.3. Spesifikasi <i>Material of Construction</i>	29
Tabel 3.4. Spesifikasi Motor penggerak <i>Fan</i>	31
Tabel 3.5. Dimensi gambar <i>Gearbox</i>	32
Tabel 3.6. Spesifikasi <i>Speed Reducer</i>	33
Tabel 3.7. Dimensi gambar <i>Drift Shaft</i>	34
Tabel 3.8. Spesifikasi <i>Drift Shaft</i>	34
Tabel 3.9. Dimensi gambar <i>Fans</i>	35
Tabel 3.10. Spesifikasi <i>Fans</i>	36
Tabel 3.11. Dimensi gambar <i>Accelerometer</i>	37
Tabel 3.12. Spesifikasi <i>Vibration Instrumen</i>	37
Tabel 4.1. Data kebutuhan perhitungan	41
Tabel 4.2. Data perhitungan Q1 2021	41
Tabel 4.3. Parameter sisi udara <i>Cooling Tower</i> kondisi aktual	43
Tabel 4.4. Parameter sisi air <i>cooling tower</i> kondisi aktual	43
Tabel 4.5. Perhitungan parameter performansi <i>Cooling Tower</i>	43
Tabel 4.6. Perhitungan KaV/L <i>Cooling Tower</i> kondisi aktual	44
Tabel 4.7. Tabel perhitungan <i>Water flow</i>	45
Tabel 4.8. Perhitungan <i>Fan Power</i>	46
Tabel 4.9. Rekap hasil perhitungan	46
Tabel 4.10. Rekapitulasi parameter koreksi	47
Tabel 4.11. Hasil <i>plotting WBT</i> aktual pada seluruh <i>Performance Curve</i>	48
Tabel 4.12. Hasil <i>plot Range</i> aktual pada grafik <i>Range vs CWT</i>	49
Tabel 4.13. Hasil <i>plot CWT</i> aktual dan <i>Adjusted Water Flow</i>	49
Tabel 4.14. Kesimpulan perhitungan performa <i>Cooling Tower</i> Q1 2021	51
Tabel 4.15. Kesimpulan performa <i>Cooling Tower</i> PLTP Unit 5	52

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Penggunaan pertama halaman
T_{out}	Temperatur keluar <i>cooling tower</i>	19
T_{in}	Temperatur masuk <i>cooling tower</i>	19
Q	Beban kalor	20
Q_w	Debit air	20
$\dot{m}$	Laju alir massa air	20
c_p	Kalor jenis air	20
Δt	Perbedaan temperatur air masuk dan air keluar	20
L/G	Rasio air dan udara	21
$\dot{m}_w$	Massa aliran air	21
$\dot{m}_a$	Massa aliran udara	21
hw	Enthalpi air	21
ha	Enthalpi udara	21
K	<i>Tower characteristic</i>	21
a	<i>Mass transfer coefficient</i>	21
V	<i>Active cooling volume/plan area</i>	21
L	<i>Water rate</i>	21
$tw1$	<i>Hot water temperature</i>	21
$tw2$	<i>Cold water temperature</i>	21
dT	<i>Bulk water temperature</i>	21
NTU	<i>Number of transfer unit / Tower demand</i>	22
C_w	Panas spesifik air	22
ha_b	entalpi udara pada temperatur <i>wet bulb</i>	22
H_{pompa}	Head total pompa	23
ΔZ	<i>Head perbedaan tinggi</i>	23
ρ	Massa jenis / densitas	23
g	Gaya grafitasi	23

W	<i>Fan Power</i>	23
V	Tegangan	23
PF	<i>Power Factor</i>	23
I	Arus Motor	23
Q_{adj}	<i>Adjusted Water flow rate</i>	24
Q_{wt}	<i>Circulating water flow rate, test</i>	24
C	<i>Tower capability</i>	25
Q_{pred}	<i>Predicted water flow rate berdasarkan test</i>	25