



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISA PERFORMA *TESTBED COOLING TOWER* DENGAN  
KAPASITAS AIR 8 LPM MENGGUNAKAN VARIASI *FILLER  
COOLING PAD***

**TUGAS AKHIR**

**Jeremy Nathaniel Simanjuntak**

**40040219650020**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV**

**REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK**

**SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG  
AGUSTUS 2023**



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISA PERFORMA *TESTBED COOLING TOWER* DENGAN  
KAPASITAS AIR 8 LPM MENGGUNAKAN VARIASI *FILLER*  
*COOLING PAD***

**TUGAS AKHIR**

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

**Jeremy Nathaniel Simanjuntak**

**40040219650020**

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

**SEMARANG  
AGUSTUS 2023**

## HALAMAN PERNYATAAN OROSINALITAS

**Proyek Akhir ini daladah hasil karya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang  
dirujuk telah saya nyatakan benar**

Nama : Jeremy Nathaniel Simanjuntak

NIM : 40040219650020

Tanda Tangan :



Tanggal : 21 Agustus 2023

# SURAT TUGAS PROYEK AKHIR



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEKOLAH VOKASI  
PROGRAM STUDI  
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

Jalan Hayam Wuruk No. 34 Semarang  
Semarang, Kode Pos. 50244  
Telepon / Faksimile (0241) 8314233  
Email: <http://www.vokasi.unpd.ac.id>  
email: [rekayasa@vokasi.unpd.ac.id](mailto:rekayasa@vokasi.unpd.ac.id)

## TUGAS PROYEK AKHIR

No. :164/PA/RPM/III/2023

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut :

Nama : Jeremy Nathaniel Simanjuntak  
NIM : 40040219650020  
Judul Proyek Akhir : **Modifikasi Testbed Cooling Tower**  
Dosen Pembimbing : Sri Utami Handayani, S.T., M.T  
NIP : 197609152003122001

Isi Tugas :

1. Memodifikasi *testbed cooling tower* yang terintegrasi dengan *heat exchanger*.
2. Menganalisa beban pendinginan *cooling tower*.
3. Menguji dan menganalisa efektifitas dan unjuk kerja *cooling tower* yang telah dimodifikasi.
4. Membuat laporan mesin *cooling tower*.
5. Membuat *testbed cooling tower* dan/atau paten sederhana dan/atau HAKI hak cipta dan/atau jurnal publikasi.

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

Semarang, 06 Maret 2023

Ketua PSD IV  
Rekayasa Perancangan Mekanik

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

Tembusan :

1. Sekretaris Prodi
2. Dosen Pembimbing Proyek Akhir

## HALAMAN PENGESAHAN




Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : JEREMY NATHANIEL SIMANJUNTAK  
NIM : 40040219650020  
Program Studi : D IV REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK  
Judul Tugas Akhir : Analisa Performa *Testbed Cooling Tower*  
dengan Kapasitas Air 8 Lpm Menggunakan  
Variasi *Filler Cooling Pad*

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 Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM

PENGUJI

Pembimbing : Ir. Eflita Yohana, M.T., Ph.D. (  )  
Penguji : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. (  )  
Penguji : Sri Utami Handayani, S.T., M.T. (  )

Semarang,  
Ketua PSD IV Rekayasa  
Perancangan Mekanik



Sri Utami Handayani, ST. MT  
NIP. 197609152003122001

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

### TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Jeremy Nathaniel Simanjuntak  
NIM : 4004021965020  
Jurusan/Programn Studi : D IV Rekayasa Perancangan Mekanik  
Departemen : Teknologi Industri  
Fakultas : Sekolah Vokasi  
Jenis Karya : Proyek 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 :

*Analisa Performa Testbed Cooling Tower dengan Kapasitas Air 8 LPM Menggunakan Variasi Filler Cooling Pad*

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 : 21 Agustus 2023

Yang menyatakan



(Jeremy Nathaniel Simanjuntak)

## **MOTTO**

*“Do not pray for an easy life, pray for the strength to endure a difficult one.”*

- Bruce Lee

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan penyusunan laporan Proyek Akhir ini dengan judul : *Analisa Performa Testbed Cooling Tower* dengan Kapasitas Air 8 LPM Menggunakan Variasi *Filler Cooling Pad*.

Laporan Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang. Laporan Proyek Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bimbingan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu dalam penulisan Laporan Proyek Akhir ini penyusun menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,
2. Sri Utami Handayani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancang Mekanik Universitas Diponegoro dan selaku Dosen Pembimbing 2 Proyek Akhir yang telah memberikan arahan dan masukan kepada penyusun dalam penyelesaian pembuatan Laporan Proyek Akhir ini,
3. Ir. Eflita Yohana, M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing 1 Proyek Akhir yang telah memberikan arahan dan masukan kepada penyusun dalam penyelesaian pembuatan Laporan Proyek Akhir ini,



4. Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T., selaku dosen penguji Proyek Akhir serta memiliki peran penting dalam memberikan kritik, saran dan masukan untuk memperbaiki penulisan laporan Proyek Akhir,
5. Drs. Juli Mrihardjono, M.T., selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan serta bantuan sejak awal perkuliahan,
6. Seluruh staf Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,
7. Semua teman-teman Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik angkatan 2019 dan semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Proyek Akhir.

Penyusun menyadari masih memiliki kekurangan dalam penyusunan laporan ini baik dalam penulisan maupun materi, untuk itu kritik dan saran dari semua pihak sangat penyusun harapkan demi penyempurnaan pembuatan laporan ini.

Semarang,



(Jeremy Nathaniel Simanjuntak)

## ABSTRAK

### ANALISA PERFORMA *TESTBED COOLING TOWER* DENGAN KAPASITAS AIR 8 LPM MENGGUNAKAN VARIASI *FILLER COOLING PAD*

Pada simulator *testbed cooling tower* dalam proyek akhir ini, air yang didinginkan adalah air panas yang berasal dari *heater tank* atau *buffertank* yang berisi air keluaran dari *heat exchanger*. Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja *cooling tower* diantaranya adalah penggunaan bahan pengisi (*filler*). *Filler* sangat mempengaruhi peningkatan performa kerja dari suatu *cooling tower* dalam menurunkan temperatur air. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui performa kerja dan efisiensi dari *cooling tower* berdasarkan variasi bentuk *filler* yang digunakan. Penelitian ini dilakukan dengan memodifikasi suatu *cooling tower* dengan jenis *cooling tower counterflow*, yang kemudian diteliti dengan menggunakan instrumen alat ukur untuk mendapatkan suhu air masuk, suhu air keluar, suhu udara masuk, dan suhu udara keluar, dengan memvariasikan *filler* dan kecepatan aliran air. Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan hasil sebagai berikut, *cooling tower* yang menggunakan *fill cooling pad* memiliki perfoma kerja dengan efektivitas sebesar 34%, *range* sebesar 16°C, *approach* sebesar 31°C, kapasitas pendingin sebesar 8,6944kW, dan perpindahan konveksi pada *filler* 8755,33 W . Berdasarkan hasil penelitian ini terdapat perbedaan performa kerja dari dua variasi penggunaan *filler*, *fill cooling pad* memiliki unjuk kerja yang lebih baik sebesar 5,9% efektivitas, *range* yang lebih besar sebesar 3°C, kemudian *approach* yang lebih kecil sebesar 2,2°C, dan kapasitas pendingin lebih besar sebesar 1,6302 kW dibandingkan *aluminium splash fill*.

**Kata Kunci :** *testbed cooling tower, filler, cooling pad*

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF COOLING TOWER TESTBED PERFORMANCE WITH 8 LPM WATER CAPACITY USING COOLING PAD FILLER VARIATION**

*The testbed of cooling tower simulator in this final project, the cooled water is the hot water coming from the heater tank or buffertank which contains water output from the heat exchanger. Several factors affect the performance of cooling towers including the use of filler materials. Filler greatly affects the increase of cooling tower performance in decreasing the water temperature. The purpose of this study was to determine the work performance and efficiency of the cooling tower based on the variation of filler used. This research was carried out by modifying a cooling tower with a counterflow cooling tower type, which was then examined using measuring instruments to obtain inlet water temperature, outlet water temperature, inlet air temperature, and outlet air temperature, by varying the filler and water flow velocity. Based on the results of this study, the following results were obtained, the cooling tower that uses cooling pad fill has a working performance with an effectiveness of 34%, a range of 16°C, an approach of 31°C, a cooling capacity of 8.6944kW, and a convection heat exchanger of 8755,33 W. Based on the results of this study there are differences in work performance of the two variations of fill, the fill cooling pad has a better performance of 5.9% effectiveness, a larger range of 3°C, then a smaller approach of 2.2°C, and a larger cooling capacity of 1.6302 kW compared to aluminum splash fill.*

**Keyword :** *testbed cooling tower, filler, cooling pad*

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN OROSINALITAS .....	i
SURAT TUGAS PROYEK AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	iv
MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5

1.4 Tujuan Proyek Akhir.....	5
1.5 Metode Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II.....	9
LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Cooling Tower .....	9
2.2 Komponen Menara Pendingin.....	10
2.2.1 Rangka.....	10
2.2.2 Penampung Air ( <i>Water Basin</i> ).....	10
2.2.3 Pipa <i>Sprinkler</i> .....	10
2.2.4 Lubang Udara ( <i>Inlet Louver</i> ) .....	11
2.2.5 Bahan Pengisi ( <i>Filling Material</i> ) .....	11
2.2.6 Kipas .....	13
2.3 Jenis-Jenis Menara Pendingin.....	14
2.3.1 Menara Pendingin Jenis <i>Natural Draft</i> .....	14
2.3.2 Menara Pendingin <i>Draft Mekanik</i> .....	15
2.4 Fungsi Menara Pendingin .....	18
2.5 Proses Kerja Menara Pendingin.....	18
2.6 Kinerja Menara Pendingin .....	19
BAB III.....	23
METODOLOGI PERENCANAAN .....	23

3.1 Diagram Alir .....	23
3.2 Tahapan Penelitian .....	24
3.3 Variabel Penelitian .....	25
3.4 Kalkulasi Perencanaan Modifikasi.....	26
3.5 Desain Modifikasi .....	29
3.6 Komponen Alat dan Bahan Modifikasi.....	31
3.7 Prosedur Modifikasi .....	43
3.7.1 Uji Fungsi Komponen – Komponen Testbed Cooling Tower .....	44
3.7.2 Pemilihan dan Perangkaian <i>Filler</i> .....	44
3.7.3 Fabrikasi <i>Buffertank</i> .....	44
3.7.4 Pemasangan Instalasi Perpipaan .....	45
3.7.5 <i>Assembly</i> Komponen.....	45
3.7.6 Hasil Modifikasi.....	47
3.8 Langkah Pengujian.....	47
BAB IV .....	49
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1 Hasil Modifikasi.....	49
4.2 Data Penelitian .....	49
4.3 Pengolahan Data.....	51
4.4 Hubungan Debit dengan Temperatur Outlet .....	63
4.5 Hubungan Debit dengan <i>range</i> .....	64

4.6 Hubungan Debit dengan <i>Approach</i> .....	65
4.7 Hubungan Debit dengan Efektivitas .....	66
4.8 Hubungan Debit dengan Kapasitas Pendinginan .....	68
4.9 Hubungan Debit dengan perpindahan panas pada <i>filler</i> .....	69
BAB V.....	71
PENUTUP.....	71
5.1 Kesimpulan .....	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA .....	73
LAMPIRAN.....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram skematik menara pendingin.....	9
Gambar 2. 2 <i>Splash fill</i> .....	12
Gambar 2. 3 <i>Film fill</i> .....	12
Gambar 2. 4 <i>Low-clog film fill</i> .....	13
Gambar 2. 5 Menara pendingin <i>natural draft</i> .....	14
Gambar 2. 6 Menara pendingin <i>induced draft crossflow</i> .....	16
Gambar 2. 7 Menara pendingin <i>induced draft counterflow</i> .....	17
Gambar 2. 8 Menara pendingin <i>forced draft</i> .....	18
Gambar 2. 9 Skema kerja menara pendingin .....	19
Gambar 2. 10 Grafik <i>range</i> dan <i>approach</i> temperatur pada menara pendingin ...	20
Gambar 3. 1 Diagram alir.....	23
Gambar 3. 2 Tampak isometri.....	29
Gambar 3. 3 Tampak depan .....	30
Gambar 3. 4 Keterangan komponen.....	30
Gambar 3. 5 <i>Process flow diagram</i> .....	31
Gambar 3. 6 Pompa air shimizu PS 121 BIT .....	32
Gambar 3. 7 Imatsu <i>exhaust fan</i> kaca EFK-08 1-ST .....	33
Gambar 3. 8 <i>Water heater</i> .....	34
Gambar 3. 9 <i>Buffertank</i> .....	35
Gambar 3. 10 <i>Shower</i> .....	35
Gambar 3. 11 Pipa galvanis .....	36
Gambar 3. 12 <i>Gate valve</i> .....	37
Gambar 3. 13 <i>Seal tape</i> .....	37



Gambar 3. 14 <i>Water basin</i> .....	38
Gambar 3. 15 Sambungan pipa .....	38
Gambar 3. 16 <i>Hygrometer</i> .....	39
Gambar 3. 17 <i>Thermometer</i> .....	40
Gambar 3. 18 <i>Thermocontrol</i> .....	40
Gambar 3. 19 <i>Thermocouple</i> .....	41
Gambar 3. 20 <i>Flowmeter</i> .....	42
Gambar 3. 21 <i>Cooling pad</i> .....	42
Gambar 3. 22 <i>Box panel</i> .....	43
Gambar 4. 1 <i>Testbed cooling tower</i> .....	49
Gambar 4. 2 Menentukan T wet bulb pada diagram psikometri.....	53
Gambar 4. 3 Grafik hubungan debit dan t outlet.....	63
Gambar 4. 4 Grafik hubungan debit dan <i>range</i> .....	64
Gambar 4. 5 Grafik hubungan debit dan <i>approach</i> .....	66
Gambar 4. 6 Grafik hubungan debit dan efektifitas.....	67
Gambar 4. 7 Grafik hubungan debit dan kapasitas pendinginan .....	68
Gambar 4. 8 Grafik hubungan debit dan perpindahan panas pada <i>filler</i> .....	69

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variabel penelitian .....	26
Tabel 3. 2 Spesifikasi pompa .....	31
Tabel 3. 3 Spesifikasi <i>exhaust fan</i> .....	33
Tabel 3. 4 Spesifikasi <i>water heater</i> .....	34
Tabel 4. 1 Data pengujian <i>aluminium splash fill</i> .....	50
Tabel 4. 2 Data pengujian <i>fill cooling pad</i> .....	50
Tabel 4. 3 Perhitungan <i>range aluminium splash fill</i> .....	51
Tabel 4. 4 Perhitungan <i>range fill cooling pad</i> .....	52
Tabel 4. 5 Perhitungan <i>approach aluminium splash fill</i> .....	53
Tabel 4. 6 Perhitungan <i>approach fill cooling pad</i> .....	54
Tabel 4. 7 Perhitungan efektifitas <i>aluminium splash fill</i> .....	55
Tabel 4. 8 Perhitungan efektifitas <i>fill cooling pad</i> .....	55
Tabel 4. 9 Perhitungan kapasitas pendinginan <i>aluminium splash fill</i> .....	56
Tabel 4. 10 Perhitungan kapasitas pendinginan <i>fill cooling pad</i> .....	56
Tabel 4. 11 Harga koefisien perpindahan panas menyeluruh (U).....	57
Tabel 4. 12 Variasi nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh (U).....	58
Tabel 4. 13 Nilai desain dari berbagai jenis bahan pengisi.....	59
Tabel 4.14 Perhitungan koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) di luas bidang 150 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .....	60
Tabel 4.15 Perhitungan koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) <i>aluminium splash fill</i> .....	61
Tabel 4.16 Perhitungan koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) <i>fill cooling pad</i> .....	61

Tabel 4. 17 Perhitungan perpindahan panas pada <i>aluminium splash fill</i> .....	62
Tabel 4. 18 Perhitungan perpindahan panas pada <i>fill cooling pad</i> .....	62

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Hal.
$T_{in}$ Air	Temperatur air masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )	20
$T_{out}$ Air	Temperatur air keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )	20
$Q$	Kapasitas pendingin (kW)	21
$C_p$	Kalor jenis air (kJ/kg. $^{\circ}\text{C}$ )	21
$\dot{m}$	Debit air (kg/s)	21
$\Delta T$	Perbedaan T inlet dan T outlet ( $^{\circ}\text{C}$ )	21
A tower	luas penampang menara pendingin ( $\text{m}^2$ )	21
$\dot{m}_a$	Laju aliran massa udara (kg/s)	26
$\dot{m}_w$	Laju aliran massa air (kg/s)	26
$\rho$	Massa jenis air (Kg/ $\text{m}^3$ )	27
w	Daya (watt)	33
v	Tegangan listrik (Volt)	33
$T_{in}$ udara	Temperatur udara masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )	52
U	Koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/( $\text{m}^2\cdot\text{K}$ ))	57

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar dan ukuran modifikasi <i>testbed cooling tower</i> .....	76
Lampiran 2 Pengecekan komponen lama <i>testbed cooling tower</i> .....	76
Lampiran 3 Pemasangan instalasi pipa .....	77
Lampiran 4 Pemasangan pintu .....	77
Lampiran 5 Fabrikasi <i>buffertank</i> .....	78
Lampiran 6 Pemasangan komponen dan instalsi kelistrikan .....	78
Lampiran 7 Pemasangan <i>exisiting fill</i> .....	79
Lampiran 8 Penggantian <i>fill</i> menggunakan <i>fill cooling pad</i> .....	79
Lampiran 9 tabel data pengujian .....	80
Lampiran 10 Diagram Psychometri .....	81
Lampiran 11 Dimensi rangka <i>testbed cooling tower</i> .....	82
Lampiran 12 Dimensi <i>head testbed cooling tower</i> .....	83
Lampiran 13 Dimensi <i>alumunium splash fill</i> .....	84
Lampiran 14 Dimensi <i>reservoir waterbasin</i> .....	85
Lampiran 15 Dimensi <i>mounting filler</i> .....	86
Lampiran 16 Dimensi <i>shower</i> .....	87
Lampiran 17 Dimensi <i>water pump</i> .....	88
Lampiran 18 Dimensi <i>buffertank</i> dan <i>heater</i> .....	89
Lampiran 19 Dimensi <i>exhaust fan</i> .....	90
Lampiran 20 Dimensi <i>electrical panel box</i> .....	91