



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**MODIFIKASI *COOLING TOWER* TIPE *INDUCED DRAFT*  
*ALIRAN COUNTERFLOW***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya**

**Akhmad Faqih Fauzan      21050111060019**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN**

**SEMARANG**

**SEPTEMBER 2014**

## **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 : AKHMAD FAQIH F.**

**NIM : 21050111060019**

**Tanda tangan :**

**Tanggal : 20 Oktober 2014**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
FAKULTAS TEKNIK**

**TUGAS PROYEK AKHIR**

No. : 14 / VI / PA / DIII TM / 2014

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk Mahasiswa berikut :

NO.	NAMA	NIM
1.	Akhmad Faqih Fauzan	21050111060019
2.	Arya Rukhma Basunanda	21050111060020
3.	Dwi Angga Setiawan	21050111060031

Judul Proyek Akhir : Modifikasi *Cooling Tower* Tipe *Induced Draft* Aliran  
*Counterflow*

Isi Tugas :

1. Membuat rancangan modifikasi *cooling tower* (skala lab)
2. Melakukan pengujian terhadap kinerja *cooling tower*
3. Menyusun laporan pertanggungjawaban

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

Semarang, 20 Oktober 2014

Ketua PSD III Teknik Mesin

Bambang Setyoko, ST, M.Eng  
NIP. 196809011998021001

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Akhmad Faqih Fauzan  
NIM : 21050111060019  
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin  
Judul : Modifikasi *Cooling Tower* Tipe *Induced Draft* Aliran  
*Counterflow*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Didik Ariwibowo, ST, MT ( )  
Penguji : Drs. Juli Mrihardjono, MT ( )  
Penguji : Ir. Sutomo, Msi ( )

Semarang, 11 November 2014  
Ketua PSD III Teknik Mesin

Bambang Setyoko, ST, M.Eng  
NIP. 196809011998021001

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

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

Nama : Akhmad Faqih Fauzan  
NIM : 21050111060019  
Jurusan : Program Studi Diploma III Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
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 :

### **MODIFIKASI *COOLING TOWER* TIPE *INDUCED DRAFT* ALIRAN *COUNTERFLOW***

Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, 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.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada tanggal : 20 Oktober 2014

(Akhmad Faqih Fauzan)

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

1. Kesuksesan itu diraih dengan perjuangan. Tidak ada kesuksesan yang instan, maka berjuanglah untuk kehidupan yang lebih baik.
2. Hidup adalah pilihan. Allah akan memberikan apa saja yang kita butuhkan, bukan yang kita inginkan.
3. Kejujuran akan membuat hidup lebih bermakna.

### **PERSEMBAHAN**

1. Bapak dan Ibu, yang telah memberikan kasih sayang serta doanya dan mengajarkan arti hidup yang sebenarnya.
2. Saudara - saudara dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan sesuai dengan baik.
3. Teman - teman satu kelompok, Arya Rukhma Basunanda, dan Dwi Angga Setiawan yang telah berusaha sekuat tenaga untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat waktu.
4. Almamaterku.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir serta Laporan Tugas Akhir tepat waktu dan tanpa ada halangan yang berarti.

Laporan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan apa yang telah penulis lakukan pada saat memodifikasi *Cooling Tower Tipe Induced Draft Aliran Counterflow* di workshop Balai Karya Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro, tepatnya pada bulan Juni sampai Agustus 2014.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat wajib untuk memperoleh gelar Ahli Madya. Tugas Akhir banyak memberikan manfaat kepada penulis baik dari segi akademik maupun untuk pengalaman yang tidak dapat penulis temukan saat berada di bangku kuliah.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis ingin mengungkapkan rasa terimakasih kepada:

1. Ir. H. Zaenal Abidin, MS selaku Ketua Program Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
2. Bambang Setyoko, ST, M.Eng selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
3. Drs. Wiji Mangestiyono, MT selaku Dosen Wali.
4. Didik Ariwibowo, ST, MT selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir.
5. Bapak dan Ibu Dosen Tim Penguji Tugas Akhir.

6. Segenap staff pengajar Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang yang telah banyak memberikan arahan.
7. Bapak dan Ibu tercinta, atas doa dan bantuan yang telah diberikan baik dari segi moril maupun materil.
8. Dan semua pihak yang telah memberikan kritik dan saran yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, maka kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan.

Akhir kata semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak manfaat bagi kita semua.

Semarang, 20 Oktober 2014

Penulis,

Akhmad Faqih Fauzan



## **ABSTRAK**

*Proses Modifikasi Cooling Tower Tipe Induced Draft Aliran Counterflow bertujuan untuk meningkatkan performa cooling tower yang sebelumnya masih terdapat kekurangan. Modifikasi cooling tower ini dilakukan dengan menambahkan potongan - potongan pipa PVC setinggi 10 cm sebagai bahan pengisi, mengganti exhaust fan yang lama dengan exhaust fan yang baru, serta menambahkan komponen indikator seperti termometer dan RH meter. Pada proses modifikasi cooling tower ini dilakukan dengan beberapa pendekatan diantaranya termodinamika, perpindahan kalor dan mekanika fluida. Pengujian tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur thermometer, thermohygrometer, anemometer, dan flowmeter pada cooling tower. Hasil pengujian dengan menggunakan kapasitas 2 l/min sampai 22 l/min menunjukkan bahwa efektivitas cooling tower berkisar 11,76 % s.d 29,74 % dengan rata - rata 20,84 %; cooling range 3,2°C sampai 6,9°C dengan rata-rata 5,11°C; approach berkisar 16,3°C sampai 25,2°C dengan rata-rata 19,87°C. Kapasitas pendinginan berkisar 0,67 kW s.d. 7,56 kW dengan rata - rata 4,17 kW. Perbandingan L/G 0,1758 s.d 0,7143 dengan rata - rata L/G 0,3168 (kg air/ kg udara). Number of transfer unit (NTU) berkisar 0,1368 s.d. 1,5713 dengan rata - rata NTU 0,6950 kW/(kj/kg beda entalpi).*

**Kata kunci** : cooling tower, modifikasi, cooling range, approach, efektivitas, kapasitas pendinginan

## **ABSTRACT**

*Modification Process Induced Draft Cooling Tower with Counterflow is made to improve cooling tower performance that previously there are still shortcomings. Cooling tower modification is done by adding the height of 10 cm PVC pipe as a filler material, replacing the old exhaust fan exhaust fan with a new one, and adding components such as temperature indicators temperature and RH meter. In the process of cooling tower modification is done by several approaches including thermodynamics, heat transfer and fluid mechanics. The study was conducted by using a thermometer measuring devices, thermohygrometer, anemometer, and a flowmeter on the cooling tower. The test results by using the capacity of 2 l/min to 22 l/min showed that the effectiveness of cooling tower range 11.76% to 29.74% with an average of 20.84%; cooling range of 3.2 °C to 6.9 °C with an average of 5.11 °C; approach ranges from 16.3 °C to 25.2 °C with an average of 19.87 °C. Capacity of cooling range 0,67 kW to 7,56 kW with an average 4,17 kW. Comparison of L/G 0,1758 to 0,7143 with an average L/G 0,3168 (kg water / kg air). Comparison of NTU about 0,1368 to 1,5713 with an average NTU 0,6950 kW/(kJ/kg different enthalpy).*

**Keywords** : cooling tower, modification, cooling range, approach, effectiveness, cooling capacity

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
SURAT TUGAS PROYEK AKHIR .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	5
1.6. Metode Penulisan	5
1.7. Sistematika Penulisan Laporan	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1. Pengertian <i>Cooling Tower</i> .....	7
2.2. Fungsi <i>Cooling Tower</i> .....	8
2.3. Prinsip Kerja <i>Cooling Tower</i> .....	9
2.4. Konstruksi <i>Cooling Tower</i> .....	10
2.4.1. <i>Fan</i> .....	10
2.4.2. Kerangka Pendukung <i>Cooling Tower</i> .....	11

2.4.3. <i>Casing Cooling Tower</i> .....	11
2.4.4. Pipa Sprinkler.....	11
2.4.5. <i>Water Basin</i> .....	11
2.4.6. <i>Inlet Louver</i> .....	11
2.4.7. Bahan Pengisi.....	11
2.5. Klasifikasi <i>Cooling Tower</i> .....	15
2.5.1. <i>Wet Cooling Tower</i> .....	15
2.5.2. <i>Dry Cooling Tower</i> .....	19
2.5.3. <i>Wet - Dry Cooling Tower</i> .....	20
2.6. <i>Packing Cooling Tower</i> .....	21
2.6.1. Definisi <i>Packing</i> .....	21
2.6.2. Karakteristik <i>Packing</i> .....	21
2.6.3. Jenis <i>Packing Cooling Tower</i> .....	22
2.6.4. Cara Penyusunan <i>Packing</i> .....	25
2.6.5. Karakteristik <i>Random Packing</i> .....	26
2.6.6. Keuntungan Penggunaan <i>Random Packing</i> .....	27
<b>BAB III PROSES MODIFIKASI <i>COOLING TOWER</i></b> .....	28
3.1. Perancangan .....	29
3.2. Pabrikasi Modifikasi <i>Cooling Tower</i> .....	30
3.2.1. Komponen Alat dan Bahan .....	30
3.2.2. Proses Pabrikasi .....	36
3.3. Pengambilan Data .....	39
3.3.1. Variabel Proses .....	39
3.3.2. Prosedur Pengambilan Data .....	40
3.4. Analisa Performa <i>Cooling Tower</i> .....	41
3.4.1. <i>Range</i> .....	42
3.4.2. <i>Approach</i> .....	42
3.4.3. Efektivitas .....	42
3.4.4. Kapasitas Pendinginan .....	43
3.4.5. Kapasitas Perpindahan Udara .....	43
3.4.6. Kehilangan Penguapan.....	44
3.4.7. Perbandingan Cair/Gas (L/G) .....	44

3.4.8. <i>Number of Transfer Unit (NTU)</i> .....	45
BAB IV PROSES MODIFIKASI <i>COOLING TOWER</i> .....	46
4.1. Hasil Modifikasi.....	46
4.2. Data dan Kalkulasi Performa <i>Cooling Tower</i> .....	51
4.3. Analisa Grafik.....	56
4.4. Pembahasan.....	61
BAB V PENUTUP .....	63
5.1. Kesimpulan .....	63
5.2. Saran .....	64
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Range dan Approach</i> Temperatur pada <i>Cooling Tower</i> .....	7
Gambar 2.2. Skema <i>Cooling Tower</i> .....	9
Gambar 2.3. Konstruksi <i>Cooling Tower</i> .....	10
Gambar 2.4. <i>Splash Fill</i> .....	13
Gambar 2.5. <i>Film Fill</i> .....	14
Gambar 2.6. <i>Low - Clog Film Fill</i> .....	14
Gambar 2.7. <i>Natural Draft Cooling Tower</i> Aliran <i>Counterflow</i> .....	16
Gambar 2.8. <i>Natural Draft Cooling Tower</i> Aliran <i>Crossflow</i> .....	16
Gambar 2.9. <i>Induced Draft Cooling Tower</i> Aliran <i>Counterflow</i> .....	18
Gambar 2.10. <i>Induced Draft Cooling Tower</i> Aliran <i>Crossflow</i> .....	18
Gambar 2.11. <i>Combined Draft Cooling Tower</i> .....	19
Gambar 2.12. <i>Wet - Dry Cooling Tower</i> .....	21
Gambar 2.13. Macam - Macam Jenis <i>Packing</i> .....	24
Gambar 2.14. Penyusunan <i>Random Packing</i> .....	25
Gambar 3.1. Rancangan Modifikasi <i>Cooling Tower</i> Tipe <i>Induced Draft</i> Aliran <i>Counterflow</i> .....	29
Gambar 3.2. <i>Thermo Hygro Meter</i> .....	30
Gambar 3.3. <i>Thermometer</i> .....	30
Gambar 3.4. Pipa PVC.....	31
Gambar 3.5. <i>Exhaust Fan</i> .....	31
Gambar 3.6. Adaptor.....	32
Gambar 3.7. Pipa <i>Elbow</i> .....	32
Gambar 3.8. Saringan Besi .....	33
Gambar 3.9. Selang 1 Inchi.....	33
Gambar 3.10. Klem Selang .....	34
Gambar 3.11. Plat Besi .....	34
Gambar 3.12. Kabel .....	35
Gambar 3.13. Saklar .....	35
Gambar 3.14. Rangkaian <i>Cooling Tower</i> Awal.....	36

Gambar 3.15. <i>Range dan Approach Cooling Tower</i> .....	41
Gambar 3.16. <i>NTU Cooling Tower</i> .....	45
Gambar 4.1. <i>Packing</i> .....	46
Gambar 4.2. Pemasangan <i>Exhaust Fan</i> pada Dudukan .....	47
Gambar 4.3. Pemasangan Distributor Air.....	48
Gambar 4.4. Indikator Ketinggian Air .....	48
Gambar 4.5. Pemasangan Instrumen <i>Cooling Tower</i> .....	49
Gambar 4.6. Hasil Modifikasi <i>Cooling Tower</i> .....	50
Gambar 4.7. Grafik L/G dan Efektifitas .....	54
Gambar 4.8. Grafik NTU dan Kapasitas Pendinginan.....	55
Gambar 4.9. Diagram Psychrometric Aliran Air 22 LPM.....	56
Gambar 4.10. Diagram Psychrometric Aliran Air 20 LPM.....	56
Gambar 4.11. Diagram Psychrometric Aliran Air 19 LPM.....	57
Gambar 4.12. Diagram Psychrometric Aliran Air 13 LPM.....	57
Gambar 4.13. Diagram Psychrometric Aliran Air 11 LPM.....	58
Gambar 4.14. Diagram Psychrometric Aliran Air 10 LPM.....	58
Gambar 4.15. Diagram Psychrometric Aliran Air 5 LPM.....	59
Gambar 4.16. Diagram Psychrometric Aliran Air 3 LPM.....	59
Gambar 4.17. Diagram Psychrometric Aliran Air 2 LPM.....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik <i>Random Packing</i> .....	26
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian <i>Cooling Tower</i> Laju Alir <i>Shell</i> Maximum.....	51
Tabel 4.2. Hasil Pengolahan Data Laju Alir <i>Shell</i> Maximum .....	51
Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian <i>Cooling Tower</i> Laju Alir <i>Shell</i> Medium .....	52
Tabel 4.4. Hasil Pengolahan Data Laju Alir <i>Shell</i> Medium .....	52
Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian <i>Cooling Tower</i> Laju Alir <i>Shell</i> Minimum.....	53
Tabel 4.6. Hasil Pengolahan Data Laju Alir <i>Shell</i> Minimum .....	53
Tabel 4.7. Tabel Perbandingan L/G dengan Efektifitas.....	54
Tabel 4.7. Tabel Perbandingan NTU dan Kapasitas Pendinginan.....	55



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Percobaan Modifikasi <i>Cooling Tower</i> .....	66
Lampiran 2. Sampel Perhitungan Data Aliran Air 22 LPM .....	67
Lampiran 3. Diagram <i>Psychrometric</i> .....	70
Lampiran 4. Gambar Modifikasi <i>Cooling Tower</i> .....	71
Lampiran 5. Diagram Alir <i>Cooling Tower</i> .....	72