



UNIVERSITAS DIPONEGORO

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

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya

Dwi Angga Setiawan 21050111060031

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN

SEMARANG

NOVEMBER 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 : DWI ANGGA S.

NIM : 21050111060031

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 : Dwi Angga Setiawan
NIM : 21050111060031
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, 13 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 : Dwi Angga Setiawan
NIM : 21050111060031
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

(Dwi Angga Setiawan)

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, Akhmad Faqih Fauzan, dan Arya Rukhma Basunanda 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 deri 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,

Dwi Angga Setiawan

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 pipa PVC setinggi 20 cm sebagai bahan pengisi, mengganti exhaust fan yang lama dengan exhaust fan yang baru, serta menambahkan komponen indikator seperti temperature suhu, dan RH meter. Pada proses modifikasi cooling tower ini dilakukan dengan beberapa pendekatan diantaranya termodinamika, perpindahan kalor dan mekanika fluida. Penelitian 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 21,71 % s.d. 41,05 % dengan rata-rata 26,65 %; cooling range 5,3 C sampai 9,4 C dengan rata-rata 6,75 C; approach berkisar 13,5 °C sampai 20,4 °C dengan rata-rata 18,65 C. Kapasitas pendinginan berkisar 1,31 kW s.d. 12,47 kW dengan rata-rata 5,40 kW. Perbandingan L/G 0,0784 s.d. 0,4582 dengan rata-rata L/G 0,2447 (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). Number of transfer unit (NTU) berkisar 0,3623 s.d. 1,6161 dengan rata-rata NTU 0,8023 kW/(kj/kg beda entalpi).

Kata kunci : *cooling tower, modifikasi, efektivitas, cooling range, approach, 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 20 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/m into 22 l/m in showed that the effectiveness of cooling tower range 21,71% to 41,05% with an average of 26,65%; cooling range of 5,3 °C to 9,4 °C with an average of 6,75C; approach ranges from 13,5 °C to 20,4 °C with an average of 18,65 °C. Capacity of cooling range 1,31 kW to 12,47 with an average 5,40 kW. Comparison of L/G of 0,0784 to 0,4582 with an average L/G 0.2447 (kg water/kg air). Comparison of NTU about 0,3623 to 1,6161 with an average NTU 0,8023 kW/(kJ/kg different enthalpy).

Keywords: cooling tower, modification, effectiveness, cooling range, approach, 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
BAB III PROSES MODIFIKASI <i>COOLING TOWER</i>	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	65
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 4. Diagram Alir <i>Cooling Tower</i>	72