



UNIVERSITAS DIPONEGORO

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

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar AhliMadya

Arya Rukhma Basunanda

21050111060020

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN

SEMARANG

OKTOBER 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 : ARYA RUKHMA B.

NIM : 21050111060020

Tanda tangan :

Tanggal : 22 Oktober 2014



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS DIPONEGORO

FAKULTAS TEKNIK

TUGAS PROYEK AKHIR

No. : / 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 : Arya Rukhma Basunanda
NIM : 21050111060020
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 : Ir. Rahmat ()
Penguji : Ir. H. Murni, MT ()

Semarang, 20 Oktober 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 : Arya Rukhma Basunanda
NIM : 21050111060020
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/Non eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selamatetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada tanggal : 22 Oktober 2014

(Arya Rukhma Basunanda)

MOTTODAN 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 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, 22 Oktober 2014

Penulis,

Arya Rukhma Basunanda

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 10 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. Karakteristik cooling tower dari data manual berupa range, approach dan beban kalor tentu tidak relevan dengan kondisi operasional saat ini. Oleh karena itu dibutuhkan pengujian karakteristik cooling tower sesuai dengan kondisi setempat. 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 11,76 % s.d 29,74 % dengan rata - rata 20,84 %; cooling range 3,2 °C sampai 6,9 °C dengan rata-rata 5,1 °C; approach berkisar 16,3 °C sampai 25,2 °C dengan rata-rata 19,87 °C. Kapasitas pendinginan adalah 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).

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 previous slythere are still short comings. Cooling tower modification is done by adding the height of 10cm 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. Characteristics of a cooling tower in the form of manual data range, approach and the heat load is not necessarily relevant to the current operating conditions. Therefore it takes test characteristic cooling tower in accordance with local conditions. 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 2l / min to 22l / mins 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 of 0,1758 to 0,7143 with an average L/G 0,3168 (kg water/kg air).

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	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
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. Laju Perpindahan Kalor	43
3.4.6. Kehilangan Penguapan	44
3.4.7. Perbandingan Cair/Gas (L/G)	44
3.4.8. <i>Number of Transfer Unit</i> (NTU)	45
BAB IV HASIL DN PEMBAHASAN	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</i> dan <i>Approach Cooling Tower</i>	41
Gambar 3.16. NTU <i>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