



**ANALISIS BEBAN KALOR *COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTERFLOW* DENGAN BAHAN PENGISI BAMBU WULUNG**

**SKRIPSI**

Oleh  
**ACH. TAUFIK HIDAYAT**  
**NIM 101910101055**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2014**



**ANALISIS BEBAN KALOR *COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTERFLOW* DENGAN BAHAN PENGISI BAMBU WULUNG**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh  
**ACH. TAUFIK HIDAYAT**  
**NIM 101910101055**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2014**

## PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah atas kehadiran ALLAH SWT. Penguasa alam semesta. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Keluarga, sahabat, beserta pengikutnya. Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Umi saya Siti Khotijah dan Aba saya Supriyadi, yang selalu memberikan kasih sayang, motivasi, dan pengorbanan yang tiada tara, mendidik dan menasehati saya tanpa lelah, serta doa yang selalu tercurahkan dengan penuh keikhlasan;
2. Kakak saya Rini Afria Ningsih, adik saya, Moh. Rizki, dan Nur Kholifah. Keponakan saya Abdul Ghofur. Yang telah menemani, memberikan hiburan kepada saya dalam suka maupun duka.
3. Semua staf pengajar dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah. Bapak Ir. Digo Listyadi S., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama, bapak Hary sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang telah banyak sekali saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Pengasuh PPI Darussalam. K.H Ahmad Mahdi serta keluarga besar. Yang telah mendoakan saya agar nantinya menjadi anak sholeh dan menjadi orang yang berguna bagi orang lain.
5. Semua guru mulai dari guru MI, SMP, maupun SMK yang tidak kenal lelah menularkan ilmunya, membimbing serta memberikan arahan yang terbaik hingga saya ke jenjang perguruan tinggi;
6. Teman-temanku yang telah membantu penelitian ini terselesaikan yaitu Ubaidillah, dan M. Heru Kurniawan, saya ucapkan terima kasih banyak dan

semoga kebaikan kalian akan dibalas dengan kebaikan yang lebih baik. Serta teman-teman seperjuangan Mech-X. saya ucapkan terima kasih atas dukungannya dan kekompakannya, salam Solidarity Forever.

7. Saudaraku yang selalu memberikan warna dalam hidupku. M. Fikri Ilhamsyah, Febri haryanto, Ahmad Muntaha, Taupan Ilmi, dan Yusron Rozak. Terimakasih. Tanpa kalian hidup ini terasa hampa. Kebaikan kalian tidak akan pernah saya lupakan.

## **MOTO**

“(Apakah kamu hai orang musyrik yang lebih beruntung) ataukah orang yang beribadat di waktu-waktu malam dengan sujud dan berdiri, sedang ia takut kepada (azab) akhirat dan mengharapkan rahmat Tuhannya? Katakanlah: "Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui?" Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.”(Al-Qur’an. QS. Az-Zumar ayat 23)

“Imaginasi adalah segalanya. Imaginasi adalah penarik masa depan. Imaginasi lebih penting daripada pengetahuan” (Albert Einstein)

“Tidak ada kata lelah dan menyerah untuk meraih kesuksesan. Jika usaha dan doa adalah modal kita, kesuksesan itu akan datang dengan sendirinya”  
(Ach.Taufik Hidayat)

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : ACH. TAUFIK HIDAYAT

NIM : 101910101055

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “ANALISIS BEBAN KALOR *COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTERFLOW* DENGAN BAHAN PENGISI BAMBU WULUNG” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 21 juli 2014

Yang menyatakan,

(ACH.TAUFIK HIDAYAT)

NIM 101910101055

# **SKRIPSI**

## **ANALISIS BEBAN KALOR *COOLING TOWER INDUCED DRAFT COUNTERFLOW* DENGAN BAHAN PENGISI BAMBU WULUNG**

Oleh  
ACH.TAUFIK HIDAYAT  
NIM 101910101055

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.  
Dosen Pembimbing Anggota : Hary Sutjahjono,S.T., M.T.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Beban Kalor *Cooling Tower Induced Draft Counterflow*  
Dengan Bahan Pengisi Bambu Wulung” telah diuji dan disahkan pada:  
hari, tanggal : Senin, 21 Juli 2014  
tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### Tim Penguji

Ketua,



Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.  
NIP. 19680617 199501 1 001

Sekretaris,



Hary Sutjahjono, S.T., M.T.  
NIP 19681205 199702 1 002

Anggota I,



Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.  
NIP 19681207 199512 1 002

Anggota II,



R. Ahmad Syuhri, M.T.  
NIP 19670123 199702 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001



## RINGKASAN

**Analisis Beban Kalor *Cooling Tower Induced Draft Counterflow* Dengan Bahan Pengisi Bambu Wulung;** ACH. TAUFIK HIDAYAT, 101910101055; 2014; 53 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Bahan pengisi (*fill*) adalah salah satu komponen penting *cooling tower* yang berfungsi untuk memecahkan aliran air yang dijatuhkan dari *nozel* menjadi butiran-butiran tetes air, dengan maksud memperlus permukaan pendinginan. Bahan pengisi bambu wulung diharapkan bisa memaksimalkan pendinginan dengan lebih optimal dan biaya yang sangat ekonomis.

Dalam penelitian ini, difokuskan tentang efektivitas pendinginan *cooling tower* dengan variasi penambahan suhu awal, penambahan ketinggian dan penambahan bahan pengisi. Dengan variasi tersebut didapatkan perubahan suhu awal pada tiap variasi, sehingga nantinya akan didapat efektivitas pendinginan optimum pada variasi yang ada. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah ketinggian 100cm, 150cm dan 200 cm, suhu awal 40 °C, 50 °C, 60 °C dan 70 °C.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember, dimana mulai dari pengujian alat dan pengambilan data, menggunakan *Cooling Tower Induced Draft Counterflow* Dengan Bahan Pengisi Bambu Wulung.

Hasil penelitian menunjukkan, efektivitas pendinginan dengan nilai tertinggi terjadi suhu awal 40 °C. pada variasi ketinggian 200 cm. dengan perubahan efektivitas pendinginan, 59 % tanpa menggunakan *fill* dan 68.08 % dengan menggunakan *fill*. Semakin tinggi suhu awal maka efektivitas pendinginan akan semakin turun. Berbeda dengan nilai  $\Delta T$ , semakin tinggi suhu awal dan tinggi *cooling tower*, maka,  $\Delta T$  akan semakin naik. Hasil penelitian pada suhu awal 70 °C dan tinggi 200 cm. menunjukkan nilai  $\Delta T$  paling tinggi, dengan nilai 17 °C tanpa menggunakan *fill* dan 23 °C dengan menggunakan *fill*.

## SUMMARY

**Heat Load Analysis Of Induced Draft Counterflow Cooling Tower With Bamboo Filler Wulung;** ACH. TAUFIK HIDAYAT, 101910101055: 50 Pages; Mechanical Engineering Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Filler material (fill) is one of the important components of cooling tower that serves to solve the water flow from the nozzle is dropped into water droplets drops, with the intention of expanding its cooling surface. Wulung bamboo filler is expected to maximize cooling with a more optimal and very economical cost.

In this study, focused on the effectiveness of the cooling tower cooling with the addition of the initial temperature variations, adding height and the addition of fillers. With the variation of the initial temperature changes obtained on each variation, so that will be obtained at the optimum cooling effectiveness of existing variation. Variations used in this study is the height of 100cm, 150cm and 200 cm, initial temperature 40 °C, 50 °C, 60 °C and 70 °C.

This research was conducted at the Energy Conversion Laboratory Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember, where the start of testing tools and data retrieval, using Induced Draft Cooling Tower counterflow With Bamboo Fillers Wulung.

The results showed the effectiveness of cooling with the highest value of the initial temperature of 40 °C. the variation in height of 200 cm. with changes in cooling effectiveness, 59% without the use of fill and 68.08% by using the fill. The higher the initial temperature of the cooling effectiveness will fall. In contrast to the value of  $\Delta T$ , the higher the initial temperature and high cooling tower, then,  $\Delta T$  will further increase. The results of the study at the initial temperature of 70 °C and 200 cm high. shows the highest value of  $\Delta T$ , the value of 17 °C without the use of fill and 23 °C by using fill.

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah atas ke hadirat Allah SWT. Dengan rahmat dan hidayahnya, penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Analisis Beban Kalor *Cooling Tower Induced Draft Counterflow* Dengan Bahan Pengisi Bambu Wulung”. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW. Beserta keluarga dan sahabat, yang telah menjadi tauladan bagi umat manusia. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Umi dan Aba tercinta Siti Khotijah dan Supriyadi yang tidak pernah lelah mendidik, melatih dan menasehati. Serta keluarga yang selalu medoakan dan memberi dukungannya kepada penulis;
2. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Hary sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing anggota, yang telah memberikan ide, motivasi, serta meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama, Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang telah banyak memberikan saran dan kritik untuk penulisan skripsi ini;
4. Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Seluruh staf pengajar dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing saya selama saya duduk di bangku perkuliahan;
6. Kakak, adik dan keluarga besar yang menemani dan memberi dukungannya;
7. Guru-guruku sejak Madrasah Ibtidaiyah sampai dengan perguruan tinggi;

8. keluarga Mechanical-X dan kawan-kawan jurusan teknik mesin universitas jember yang telah mengajarku arti kebersamaan dan saling membutuhkan satu sama lain;
9. Mas Ubaidillah yang telah memberikan bantuan, masukan, dan data terhadap penelitian ini;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis sadar, bahwa tidak ada manusia yang sempurna. Oleh sebab itu, diharapkan adanya kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat

Jember, juli 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN</b> .....	v
<b>PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang Masalah</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Definisi <i>Cooling Tower</i></b> .....	6
<b>2.2 Fungsi dan Cara Kerja <i>Cooling Tower</i></b> .....	8
2.2.1 Fungsi <i>Cooling Tower</i> .....	8
2.2.2 Cara Kerja <i>Cooling Tower</i> .....	9

2.3	<b>Konstruksi dan Komponen <i>Cooling Tower</i></b> .....	10
2.4	<b>Kinerja <i>Cooling Tower</i></b> .....	14
2.5	<b>Analisis <i>Cooling Tower</i> Berlawanan Arah</b> .....	18
2.6	<b>Bambu</b> .....	20
2.7	<b>Air(<i>Water</i>)</b> .....	23
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....		24
3.1	<b>Metode Penelitian</b> .....	24
3.2	<b>Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	24
3.3	<b>Alat dan Bahan</b> .....	24
3.3.1	Alat dan Instrumen Penelitian .....	24
3.3.2	Bahan Penelitian .....	26
3.3.3	Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> .....	26
3.4	<b>Prosedur Penelitian</b> .....	27
3.4.1	Persiapan Alat Pengujian .....	27
3.4.2	Pemeriksaan Alat Pengujian .....	27
3.4.3	Tahapan Pengambilan Data .....	27
3.5	<b>Rangkaian <i>Cooling Tower Induced Draft Counterflow</i></b> .....	28
3.6	<b>Variabel</b> .....	29
3.6.1	Variabel Bebas .....	29
3.6.2	Variabel Terikat .....	29
3.7	<b>Pengambilan Data</b> .....	29
3.8	<b>Hipotesis</b> .....	30
3.9	<b>Diagram Alir</b> .....	31
3.10	<b>Jadwal Rencana Penelitian</b> .....	32
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		33
4.1	<b>Data Hasil Pengujian</b> .....	33
4.2	<b>Range</b> .....	35
4.3	<b>Approach</b> .....	37

<b>4.4 Efektivitas Pendinginan .....</b>	<b>39</b>
<b>4.5 Kapasitas Pendinginan .....</b>	<b>41</b>
<b>4.6 Debit Air Spesifik .....</b>	<b>43</b>
<b>4.7 Rasio Air dengan Udara .....</b>	<b>45</b>
<b>4.8 Laju Penguapan Air .....</b>	<b>47</b>
<b>4.9 Perbandingan aliran Massa Cair Terhadap Gas (L/G) .....</b>	<b>49</b>
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>51</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>53</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR GAMBAR

### HALAMAN

2.1	Diagram skematik sistem <i>Cooling tower</i> .....	8
2.2	Grafik lintasan udara pada menara pendingin aliran berlawanan .....	8
2.3	Skema kerja <i>cooling tower</i> .....	9
2.4	Konstruksi <i>cooling tower tower</i> jenis aliran angin tarik .....	10
2.5	<i>Splash fill</i> .....	11
2.6	<i>film fill</i> .....	11
2.7	<i>Low-clog film fill</i> .....	12
2.8	<i>Drift eliminators</i> .....	12
2.9	<i>Louvers</i> .....	13
2.10	<i>Nozel</i> .....	13
2.11	Kipas ( <i>Fan</i> ). .....	14
2.12	Grafik <i>Range</i> dan <i>approach</i> temperatur pada menara pendingin .....	15
2.13	Sistem kerja menara pendingin berlawanan arah.....	18
2.14	Pertukaran energi menara pendingin berlawanan arah. ....	18
2.15	Diagram entalpi-suhu udara dan air. ....	19
3.1	Susunan bambu pengisi.....	26
3.2	Skema Rangkaian <i>Cooling Tower induced draft counterflow</i> . ....	28
3.3	Diagram Alir Penelitian. ....	31
4.1	Grafik temperatur <i>range</i> semua variasi.....	35
4.2	Grafik temperatur <i>approach</i> semua variasi .....	37
4.3	Grafik temperatur efektivitas pendinginan semua variasi.....	39
4.4	Grafik temperatur Kapasitas pendinginan semua variasi.....	41



<b>4.5</b>	Grafik debit air spesifik semua variasi.....	43
<b>4.6</b>	Grafik rasio air dengan udara semua variasi.....	45
<b>4.7</b>	Grafik laju penguapan air semua variasi.....	47
<b>4.8</b>	Grafik perbandingan massa cair dan gas semua variasi .....	49

## DAFTAR TABEL

### HALAMAN

2.1 Ciri-ciri menara pendingin <i>jujut mekanik</i> (berdasarkan pada AIRAH) ....	6
2.2 Konduktivitas termal bahan. ....	21
2.3 Kuat tarik dan berat jenis bambu .....	22
2.4 Kalor jenis zat .....	23
3.1 Spesifikasi pompa air .....	25
3.2 Spesifikasi <i>Exhaust fan</i> .....	25
3.3 Contoh data yang akan diambil.....	30
3.4 Jadwal Rencana Penelitian.....	32
4.1 .....	Hasil
pengujian dengan variasi ketinggian CT 100 cm tanpa fill .....	33
4.2 .....	Hasil
pengujian dengan variasi ketinggian CT 100 cm dengan fill.....	33
4.3 .....	Hasil
pengujian dengan variasi ketinggian CT 150 cm tanpa fill .....	33
4.4 .....	Hasil
pengujian dengan variasi ketinggian CT 150 cm dengan fill.....	34
4.5 .....	Hasil
pengujian dengan variasi ketinggian CT 200 cm tanpa fill .....	34
4.6 .....	Hasil
pengujian dengan variasi ketinggian CT 200 cm dengan fill.....	34
4.7 .....	Data
rata-rata hasil penghitungan <i>range</i> dari semua variasi.....	35

<b>4.8</b> .....	Data	
rata-rata hasil penghitungan <i>approach</i> dari semua variasi.....		37
<b>4.9</b> .....	Data	
rata-rata hasil penghitungan efektivitas pendinginan dari semua variasi		
.....		39
<b>4.10</b> .....	Data	
rata-rata hasil penghitungan kapasitas pendinginan dari semua variasi		
.....		41
<b>4.11</b> .....	Data	
rata-rata hasil debit air spesifik dari semua variasi. ....		43
<b>4.12</b> .....	Data	
rata-rata hasil rasio air dengan udara dari semua variasi .....		45
<b>4.13</b> .....	Data	
rata-rata hasil debit laju penguapan air dari semua variasi .....		47
<b>4.14</b> Data rata-rata hasil L/G dari semua variasi .....		49

## DAFTAR LAMPIRAN

	HALAMAN
<b>LAMPIRAN 1. TABEL DATA</b> .....	56
A.1 Hasil Pengujian dengan variasi ketinggian 100 cm tanpa fill.....	56
A.1 Hasil Pengujian dengan variasi ketinggian 100 cm dengan fill.....	57
A.3 Hasil Pengujian dengan variasi ketinggian 150 cm tanpa fill.....	58
A.4 Hasil Pengujian dengan variasi ketinggian 150 cm dengan fill.....	59
A.5 Hasil Pengujian dengan variasi ketinggian 200 cm tanpa fill.....	60
A.6 Hasil Pengujian dengan variasi ketinggian 200 cm dengan fill.....	61
<b>LAMPIRAN 2. Nilai rata-rata, Volume spesifik, Rasio kelembaban, Entalpi ..</b>	62
<b>LAMPIRAN 3. PERHITUNGAN</b> .....	63
<b>LAMPIRAN 4. Hasil Semua Perhitungan rata-rata</b> .....	65
<b>LAMPIRAN 5. Gambar Pengujian</b> .....	66