

SKRIPSI
ANALISIS EFEKTIVITAS MENARA PENDINGIN
BASAH ALIRAN BERLAWAN ARAH (*COUNTER*
FLOW WET COOLING TOWER*) TIPE *MECHANICAL
***INDUCED DRAFT* UNIT PLTGU KERAMASAN**
PALEMBANG



OLEH :
MUHAMMAD IDEHAM
03051481518005

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

SKRIPSI
ANALISIS EFEKTIVITAS MENARA PENDINGIN
BASAH ALIRAN BERLAWAN ARAH (*COUNTER*
FLOW WET COOLING TOWER*) TIPE *MECHANICAL
***INDUCED DRAFT* UNIT PLTGU KERAMASAN**
PALEMBANG

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



OLEH :
MUHAMMAD IDEHAM
03051481518005

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS EFEKTIVITAS MENARA PENDINGIN
BASAH ALIRAN BERLAWAN ARAH (*COUNTER
FLOW WET COOLING TOWER*) TIPE *MECHANICAL
INDUCED DRAFT* UNIT PLTGU KERAMASAN
PALEMBANG**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**MUHAMMAD IDEHAM
NIM. 03051481518005**

Dosen Pembimbing 1,



**Ir. Dyos Santoso, M,T
NIP. 196012231991021001**

Palembang, 15 Januari 2018
Dosen Pembimbing 2,



**M. Ihsan Riady, ST, M,T
NIP. 198710132015103101**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan, Teknik Mesin**



**Irsyadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112231997021001**

HALAMAN PERSETUJUAN

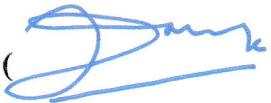
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “ANALISIS EFEKTIVITAS MENARA PENDINGIN BASAH ALIRAN BERLAWAN ARAH (*COUNTER FLOW WET COOLING TOWER*) TIPE *MECHANICAL INDUCED DRAFT* UNIT PLTGU KERAMASAN PALEMBANG” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 28 Desember 2017.

Palembang, 15 Januari 2018

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Ir. H. M. Zahri Kadir, MT
NIP. 195908231989031001

()

Anggota :

1. Prof. Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc
NIP. 195606041986021001
2. Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi Sahim, DEA
NIP. 195701181985031004
3. M. Ihsan Riady, ST, M,T
NIP. 198710132015103101

()

()

()

Dosen Pembimbing 1,



Ir. Dyos Santoso, M,T
NIP. 196012231991021001

Dosen Pembimbing 2,



M. Ihsan Riady, ST, M,T
NIP. 198710132015103101

Mengetahui,
Ketua Jurusan, Teknik Mesin


Irsyadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :
Tanggal Terima :
Paraf :**

SKRIPSI

**NAMA LENGKAP : MUHAMMAD IDEHAM
NIM : 03051481518005
JURUSAN : TEKNIK MESIN
BIDANG STUDI : KONVERSI ENERGI
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS EFEKTIVITAS MENARA
PENDINGIN BASAH ALIRAN
BERLAWAN ARAH (*COUNTER
FLOW WET COOLING TOWER*)
TIPE *MECHANICAL INDUCED
DRAFT* UNIT PLTGU KERAMASAN
PALEMBANG**


DIBUAT TANGGAL : MARET 2017


SELESAI TANGGAL : DESEMBER 2017

Palembang, 15 Januari 2018

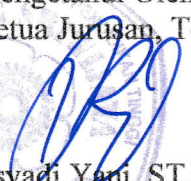
Pemeriksaan dan Persetujuan Oleh,
Dosen Pembimbing 1,

Dosen Pembimbing 2,


Ir. Dyos Santoso, M,T
NIP. 196012231991021001


M. Ihsan Riady, ST, M,T
NIP. 198710132015103101

Mengetahui Oleh,
Ketua Jurusan, Teknik Mesin


Irsyadi Yuni, ST, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Ideham

NIM : 03051481518005

Judul : Analisis Efektivitas Menara Pendingin Basah Aliran Berlawanan Arah
(*Counter Flow Wet Cooling Tower*) Tipe *Mechanical Induced Draft*
Unit PLTGU Keramasan Palembang

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Januari 2018



Muhammad Ideham

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Ideham


NIM : 03051481518005

Judul : Analisis Efektivitas Menara Pendingin Basah Aliran Berlawanan Arah
(*Counter Flow Wet Cooling Tower*) Tipe *Mechanical Induced Draft* Unit
PLTGU Keramasan Palembang

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai , penulis korespondensi (*Corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Januari 2018



Muhammad Ideham

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini sebagai salah satu syarat Sidang skripsi, program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Penulisan Skripsi ini merupakan cara menerapkan teori yang telah didapatkan selama perkuliahan menuju ke penelitian tugas akhir. Skripsi ini membahas tentang **Analisis efektivitas menara pendingin basah aliran berlawanan arah (*counter flow wet cooling tower*) tipe *mechanical induced draft* unit PLTGU keramasan Palembang.** Skripsi ini adalah bagian dari penelitian yang nantinya dihimpun dari Pembangkit unit PLTGU di keramasan Palembang sebagai tempat penelitian, dengan demikian penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Skripsi, maka penulis menyampaikan terima kasih yang banyak kepada.

1. Bapak Rektor Universitas Sriwijaya Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MCSE, selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dekan Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS., Ph.D Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ketua Jurusan Teknik Mesin Irsyadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan sekaligus sebagai dosen pengajar mata kuliah di lingkungan Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Amir Arifin, ST, M.Eng, Ph.D Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan sekaligus sebagai dosen pengajar mata kuliah di lingkungan Universitas Sriwijaya.
5. Ayah dan ibu yang selalu memberi dukungan moral, perhatian serta doa kepada penulis, khususnya selama pengerjaan Skripsi ini.
6. Bapak Ir. H. M. Zahri kadir. MT sebagai Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, menjelaskan dalam menentukan perkuliahan pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Palembang.

7. Bapak Ir. Dyos Santoso, M,T selaku sebagai dosen pembimbing 1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang selalu memberikan arahan dan bantuan untuk menyelesaikan permasalahan dalam pengerjaan Skripsi ini.
8. Bapak M. Ihsan Riady, ST. MT selaku sebagai dosen pembimbing 2 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang selalu memberikan arahan, bantuan, dan dukungan dalam pengerjaan proposal skripsi.
9. Seluruh keluarga besar civitas Akademik Universitas Sriwijaya dan Staf Pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
10. Kak Firdaus Hakim dan kak Jeri selaku Staf Administrasi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang.
11. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya khususnya bagi (S1 dari D3) Angkatan 2015, yang sudah banyak memberikan dukungan dan motivasi untuk Skripsi ini.
12. Serta rekan-rekan yang telah membantu menyusun Skripsi ini.

Penulis menyadari baik isi maupun penyajian Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan ada kekurangan, saran, kritik, bantuan sangat diharapkan demi Skripsi ini. Akhir kata, semoga penulisan ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi semua pihak, khususnya bagi penulis.

Palembang, Januari 2018
Penulis,

RINGKASAN

ANALISIS EFEKTIVITAS MENARA PENDINGIN BASAH ALIRAN BERLAWAN ARAH (*COUNTER FLOW WET COOLING TOWER*) TIPE *MECHANICAL INDUCED DRAFT* UNIT PLTGU KERAMASAN PALEMBANG

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 15 Januari 2018.

Muhammad Ideham, Pembimbing oleh Ir. Dyos Santoso, M,T, dan M. Ihsan Riady. ST. M,T.

xxviii + 79 Halaman, 5 Tabel, 33 Gambar. 14 lampiran

RINGKASAN

Peranan menara pendingin pada suatu pembangkit khususnya pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) sangatlah vital dan penting dalam hal ini menara pendingin sebagai unit pada saat menurunkan temperatur air panas yang berasal dari (*kondenser*) menjadi temperatur air dingin yang masuk ke dalam menara pendingin dikarenakan mampu untuk mendinginkan air sampai mendekati temperatur bola basah udara sekitar (kelembaban udara), serta digunakan sebagai pendingin, pada saat ketersediaan air mulai sedikit, maka dengan menggunakan menara pendingin cara untuk membuang kalor. Menara pendingin adalah bagian dari unit Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), dimana kinerjanya menurunkan temperatur fluida air selanjutnya kalor melepaskan secara bertahap dari air, dengan menggunakan perpaduan fluida air dan massa udara yang digabungkan ke atas keluar menara selanjutnya terbuang di atmosfer, dampaknya fluida air tersebut dingin dengan sendirinya. Secara umum menara pendingin adalah pendingin evaporatif untuk mensirkulasikan air ke pembangkit, penukar kalor berfungsi sebagai pengubah temperatur air dari rendah menjadi tinggi saat masuk ke dalam menara, dimana terdapat pompa yang bertugas memompakan air bertemperatur dingin dari *Basin* masuk ke dalam *Kondenser* sehingga temperatur air berubah menjadi panas, kemudian ke dalam pipa saluran *Spray Nozzle* untuk disemburkan ke dalam menara, agar temperatur air dalam menara turun kembali semula maka diperlukan udara dari luar masuk ke dalam menara pendingin. Dalam penelitian ini perlu ada batasan agar permasalahan tidak terlalu luas dalam melakukan penelitian. Analisis efektivitas menara pendingin basah aliran berlawanan arah (*Counter Flow Wet Cooling Tower*) tipe *Mechanical Induced Draft* Unit PLTGU keramasan Palembang, dan data lain-lain yang berhubungan dengan analisis seperti temperatur, tekanan, entropi, entalpi, kalor

spesifik, dan laju aliran massa. Tujuan penelitian ini, untuk memperoleh hasil kajian yang seefektif dalam proses laju pendingin air dalam menurunkan temperatur air panas dari *Kondenser* ke menara pendingin menjadi turun dan kembali ke kondisi normal, manfaat penelitian ini sebagai sumber referensi pemahaman khususnya Analisis efektivitas pada menara pendingin. Menara pendingin merupakan unit pendingin yang cara kerjanya mengubah suhu air panas yang berasal dari *Kondenser*, secara kontak langsung dengan udara masuk dan menggunakan penguapan di mana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak keluar menara dan ke atmosfer. Secara garis besar menara pendingin berfungsi menyerap kalor dari air dan menyediakan air relatif dingin yang digunakan untuk pendingin atau menurunkan temperatur air panas dari *Kondenser* dan selanjutnya dibuang ke atmosfer. Prinsip Kerja Menara Pendingin berdasarkan kalor pelepasan dan perpindahan kalor yang berlangsung dari air ke udara, bersentuhan antara fluida air dan massa udara di dalam menara, sehingga sebagian air berbentuk betiran ikut keluar bersamaan dengan massa udara terbang ke atmosfer, sehingga air sisa dingin dengan sendirinya. Dalam sistem terbuka, energi dan massa masuk ke dalam sistem dan dapat keluar dari sistem melewati batas sistem. Di dalam menara pendingin (*Cooling Tower*) bisa diartikan bahwa udara dan air masuk dan mengalir ke dalam menara sebagai wadah tempat terjadi proses penguapan akibat dari perubahan fase air. Menurut Marley (2009), berdasarkan pada aliran udara masuk ke dalam menara pendingin dan melewati pengisi (*Fill*), klasifikasi ada 2 tipe, Tipe *Atmospheric Towers* dan Tipe *Mechanical Draft Towers*. Skematik sistem aliran fluida air yang masuk ke menara pendingin terlebih dahulu di tampung oleh wadah air yang ada di dalam menara di mana air tersebut berasal dari sungai di sekitar pembangkit, selanjutnya air masuk ke dalam kondensor untuk di ubah temperatur air dari rendah menjadi tinggi yang berlangsung di dalam kondensor, dan di sebut kondensasi, sebagian air menjadi uap dan kembali lagi ke air. Berdasarkan hasil pengamatan, analisis dan perhitungan pada pembangkitan PLTGU Keramasan Palembang yang telah dilakukan dan dapatlah diketahui serta diambil kesimpulannya untuk mengetahui efektivitas menara pendingin saat beroperasi, yakni Efektivitas menara pendingin sangatlah rendah yang dipengaruhi oleh kelembaban udara sekitar dari pukul 08.00 sampai 20.00 WIB, akibatnya kinerja menara pendingin kurang efektif dalam mensikluskan air sebagai pendingin pembangkit. Efektivitas menara pendingin terendah pada pukul 17.00 sebesar 22,60 % dan sedangkan tertinggi pukul 11.00 sebesar 33,65 %. Air penambah (*Make-up Water*) mengalami peningkatan dalam penambahan air masuk ke dalam menara pendingin sangat cukup memadai dalam mensikluskan fluida air. Air penambah (*Make-up Water*) terendah pada pukul 19.00 sebesar 1877 m³/min, dan sedangkan tertinggi pukul 18.00 sebesar 33084 m³/min pada saat beroperasi.

Kata kunci : Analisis efektivitas menara pendingin, kalor pelepasan, dan Air penambah.

SUMMARY

ANALYSIS OF EFFECTIVITY AN COUNTER FLOW WET COOLING TOWER TYPE MECHANICAL INDUCED DRAFT UNIT PLTGU KERAMASAN PALEMBANG

Scientific Paper in the form of Skripsi, 15 Januari 2018.

Muhammad Ideham, supervised by Ir. Dyos Santoso, M,T, and M. Ihsan Riady. ST. M,T.

xxviii + 79 Pages, 5 Tables, 33 Picture. 14 Attachment

SUMMARY

The role of cooling towers at a particular power plant Gas and Steam (PLTGU) is very vital and important in this cooling tower as a unit at the time of lowest the temperature of the hot water that comes from condenser the temperature of cold water goes into cooling towers due to being able to cool the water until wet ball temperature approaches the surrounding air (air humidity), and is used as a coolant, water availability at the moment of strat bit, then by using a cooling tower how to dispose of the heat. Cooling tower is part of the gas power plant units and steam (PLTGU), where its performance decreases the temperature of the fluid in the next heat water releases gradually from the water, using a mix of water and fluid mass of air combined upward out of the tower article and than wasted in the atmosphere, the water cold fluid impact by it self. In general th cooling towers are cooling epeporative to circulated water to the power plant, heat exchanger serves as a modifier of low water temperatures becomes high when entered into the tower, where there is a charge of the just water pump cold temperature of the basin goes into the condenser so that the temperature of the water is transformed into heat, and the into the spray nzzle drain pipes to where it into the tower, so that the temperature of the water in the tower fall back again then it takes the air from outside goes into the cooling tower. In this study there needs to be limits so that problems aren't too extensive in doing research. Analysis of the effectiveness of cooling tower wet stream of fight direction (counter flow wet cooling tower) type mechanical induced draft PLTGU keramasan units of Palembang, and other data related to such an analysis of temperature, pressure, entropy, enthalpy, specific heat, and mass flow rate. The perpose of this study, to obtain the result of the study are as effectiveness in the process of cooling water rate in lowering the temperature of the hot water from the condenser to the cooling towers being down and returned to normal conditions, the benefits of the reseacrth as a source understanding refence particular analysis of effectiveness on the cooling towers. Cooling towers cooling unit that is the way it works charging the temperature of the hot water that comes from the condenser, in

direct contact with the air to enter and used the evaporation of where most of the water evaporated into the air flow moves out of the tower and to the atmosphere. generally cooling tower serves to absorb the heat from the water and provides a relatively cool water used for cooling or lower the temperature of the hot water from the condenser and then dumped into the atmosphere. The working principle of a cooling tower based on heat discharge and heat transfers which took place from water to air, water and fluid in contact between the mass of air inside the tower, so most of the water shaped granules join out along with air mass wasted into the atmosphere, so the rest of the cold water itself. In an open system, mass and energy into the system and could be out of the system over the edge of the system. In the cooling towers could be interpreted that the incoming air and water and flows into the tower as a container place evaporation process occurs due to phase change of water. According to marley (2009), based on the incoming flow of air into the cooling tower and passing the filler, classification 2 types, types atmospheric the towers and type mechanical draft towers. Schematic of system fluid flow of water entering the cooling towers in advance in capacity by water container inside the tower where thw water comes from the river around the plant, then the water goes into the condenser to change water temperature from low become high that lasts in the condenser, and called condensations, most water into steam and return to the water. Based on the result of abservation, analysis and calculation on PLTGU generation keramasan has been done and it can be known and taken the conclusion to find out the effectiveness of the cooling towers at the moment operating, the effectiveness cooling towers is very low which is influenced by the surrounding air humidity from 08.00 until 20.00 pm, consequently the performance less effective cooling tower in power plant cooling water as circulation. The efectiveness of the cooling tower is lowest at 17.00 of 22,60 %, and the highest at 11.00 while of 33,65 %. Air enhancer (make-up water) has increased in the addition water goes into the cooling tower is very adequate in the circulation fluid water. Air enhancer (make-up water) low at 19.00 of 1877 m³/min, and while the highest at 18.00 registration 33084 m³/min at a time when operating.

Key words : Analysis of the effectiveness of cooling towers, heat release, and water enhancer.

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	iii
Halaman Persetujuan.....	v
Halaman Pengesahan Agenda.....	vii
Halaman Pernyataan Integritas.....	ix
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi.....	xi
Kata Pengantar.....	xiii
Ringkasan.....	xv
Summary.....	xvii
Daftar Isi.....	xix
Daftar Gambar.....	xxiii
Daftar Tabel.....	xxv
Daftar Lampiran.....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Definisi Menara Pendingin.....	7
2.2 Fungsi Menara Pendingin.....	8
2.3 Prinsip Kerja Menara Pendingin.....	8
2.4 Sistem Terbuka (<i>Control Volume</i>).....	11
2.5 Komponen Menara Pendingin.....	12

2.5.1	Wadah Air Dingin (<i>Basin</i>).....	12
2.5.2	Sistem Distribusi Air.....	13
2.5.3	Kipas (<i>Fan</i>).....	13
2.5.3.1	Baling-baling Kipas (<i>Propeller Fan</i>).....	14
2.5.3.2	Kipas Sentrifugal (<i>Centrifugal Fan</i>).....	14
2.5.4	Pengisi (<i>Fill</i>).....	15
2.5.4.1	Tipe Percikan Pengisi (<i>Splash Type Fill</i>).....	15
2.5.4.2	Tipe <i>Film</i> Pengisi (<i>Film Type Fill</i>).....	16
2.5.5	<i>Drift Eliminator</i>	16
2.5.6	Bingkai (<i>Casing</i>).....	16
2.5.7	Kisi-kisi (<i>Louvers</i>).....	17
2.6	Klasifikasi Menara Pendingin.....	18
2.6.1	Tipe <i>Atmospheric Tower</i>	19
2.6.1.1	<i>Natural Draft Cooling Tower</i> Tipe Aliran <i>Cross Flow</i>	20
2.6.1.2	<i>Natural Draft Cooling Tower</i> Tipe Aliran <i>Counter Flow</i>	20
2.6.2	Tipe <i>Mechanical Draft Cooling Tower</i>	21
2.6.2.1	Tipe Aliran Angin Dorong (<i>Forced Draft</i>).....	22
2.6.2.2	Tipe Aliran Angin Tarik (<i>Induced Draft</i>).....	23
2.7	Klasifikasi Menara Pendingin Tipe <i>Mechanical Draft Tower</i>	24
2.7.1	Menara Pendingin Basah (<i>Wet Cooling Tower</i>).....	25
2.7.2	Menara Pendingin Kering (<i>Dry Cooling Tower</i>).....	26
2.7.3	Menara Pendingi Basah Kering (<i>Wet Dry Cooling Tower</i>).....	28
2.8	Perpindahan Kalor Menara Pendingin.....	28
2.8.1	Perpindahan Kalor Konduksi.....	29
2.8.2	Perpindahan kalor Konveksi.....	30
2.8.2.1	Perpindahan Kalor Konveksi Bebas (<i>Free Convection</i>).....	30
2.8.2.2	Perpindahan Kalor Konveksi Paksa (<i>Forced Convection</i>).....	31
2.8.3	Perpindahan Kalor Radiasi.....	33

2.9	Kesetimbangan Massa dan Energi.....	33
2.10	Aliran Berlawanan Arah Menara Pendingin.....	34
2.11	Kapasitas Pendinginan (<i>Cooling Load</i>).....	36
2.12	Kondensor.....	37
2.13	Menara Pendingin.....	38
2.13.1	<i>Range</i>	38
2.13.2	<i>Approach</i>	39
2.14	Analisis Efektivitas Menara Pendingin.....	40
2.15	Psikrometrik.....	41
2.15.1	<i>Dry Bulb Temperature (DBT)</i>	42
2.15.2	<i>Wet Bulb Temperature (WBT)</i>	43
2.15.3	<i>Dew Point</i>	43
2.15.4	<i>Enthalpy</i>	43
BAB 3 DESKRIPSI SISTEM.....		45
3.1	Skematik Sistem Menara Pendingin.....	45
3.2	Menara Pendingin.....	46
3.3	Prinsip Kerja Kondensor.....	46
3.4	Spesifikasi Teknik dan <i>Data Sheet</i> Kondensor.....	48
3.5	Data Operasional.....	49
BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN.....		51
4.1	Diagram Alir Penelitian.....	51
4.2	Studi Pustaka.....	53
4.3	Peninjauan Lapangan (<i>Survey</i>).....	53
4.3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	54
4.3.2	Parameter <i>Design</i>	54
4.3.3	Parameter Aktual.....	55
4.4	Pengolahan Parameter Penelitian.....	56
4.5	Analisis dan Pembahasan Hasil Penelitian.....	56
4.6	Penyusunan Laporan.....	56
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		57
5.1	Analisis Perhitungan Menara Pendingin.....	57
5.1.1	Analisis Perhitungan Kalor Pelepasan di Kondensor.....	58

5.1.2	Analisis Perhitungan di Menara Pendingin.....	59
5.1.3	Analisis Perhitungan Air Penambah (<i>Make-up Water</i>).....	60
5.1.4	Analisis Perhitungan Efektivitas Menara Pendingin.....	61
5.2	Pembahasan Hasil Perhitungan.....	63
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....		65
6.1	Kesimpulan.....	65
6.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....		67
LAMPIRAN.....		69

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar. 2.1. Laju Aliran fluida Air menara Pendingin. <i>(Ashrae Handbook, 2008)</i>	7
Gambar. 2.2. Digram Temperatur Aliran Udara dan Air. <i>(Ashrae Handbook, 2008)</i>	10
Gambar. 2.3. Sistem Terbuka, (<i>Control Volume</i>). <i>(Moran, M. J, and Shapiro H, 2008)</i>	11
Gambar. 2.4. <i>Casing</i> . (<i>Marley, 2009</i>).....	16
Gambar. 2.5. <i>Louver</i> . (<i>Marley, 2009</i>).....	17
Gambar. 2.6. <i>Natural Draft Cooling Tower Aliran Crossflow</i> . <i>(Ashrae Handbook, 2008)</i>	19
Gambar. 2.7. <i>Natural Draft Cooling Tower Aliran Counterflow</i> . <i>(Ashrae Handbook, 2008)</i>	20
Gambar. 2.8. Tipe Aliran Angin Dorong (<i>Forced Draft</i>). <i>(Ashrae Handbook, 2008)</i>	21
Gambar. 2.9. Tipe Aliran Angin Tarik (<i>Induced Draft</i>). <i>(Ashrae Handbook, 2008)</i>	22
Gambar. 2.10. Tipe Menara Pendingin Basah. <i>(Wet Cooling tower)</i> . (<i>Marley, 2009</i>).....	23
Gambar. 2.11. Menara Pendingin Kering <i>(Dry Cooling Tower)</i> . (<i>Marley, 2009</i>).....	24
Gambar. 2.12. Tipe Menara Pendingin Basah Kering <i>(Wet Dry Cooling Tower)</i> . (<i>Marley, 2009</i>).....	26
Gambar. 2.13. Profil Aliran Perpindahan Kalor Konveksi Paksa. <i>(Kreith, F and Boehm, R. F, 1999)</i>	27
Gambar. 2.14. Proses Perpindahan Kalor Konveksi Paksa Menara Pendingin. (<i>Incropera, F, P, 2007</i>).....	29
Gambar. 2.15. Kesenjangan Massa dan Energi.....	31
Gambar. 2.16. Diagram Laju aliran berlawanan arah. <i>(Stoecker W. F, dan Jones J. W, 1997)</i>	32

Gambar. 2.17.	Diagram Perbandingan Efektivitas Menara Pendingin. (<i>Stoecker W. F, dan Jones J. W, 1997</i>).....	37
Gambar. 2.18.	Metode Pembacaan Temperatur Kelembaban Udara. (<i>Ashrae Handbook, 2008</i>).....	38
Gambar. 3.1.	Skematik Sistem Menara Pendingin.....	42
Gambar. 3.2.	Skematik Aliran Massa Uap dan Air Menara Pendingin.....	43
Gambar. 3.3.	Aliran Kondensor Unit PLTGU Keramasan. (<i>Manual Book PLTGU Keramasan</i>).....	47
Gambar. 3.4.	<i>Name Plate of Kondenser.</i> (<i>Manual Book PLTGU Keramasan</i>).....	44
Gambar. 4.1.	Diagram Alir Penelitian.....	47
Gambar. 5.1.	Grafik Performansi Menara Pendingin.....	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 5.1. Parameter Aktual yang Beroperasi pada Tanggal 02 Oktober 2017.....	54
Tabel 5.2. Performansi Menara Pendingin.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A.1. Tabel A-4 <i>Thermodynamic Temperature</i>	67
Lampiran A.2. Tabel A-6 <i>Thermodynamic Temperature</i>	68
Lampiran A.3. Tabel A-6 <i>Thermodynamic Temperature</i>	69
Lampiran A.4. Tabel A-9 <i>Thermodynamic Temperature</i>	70
Lampiran A.5. Tabel Parameter Aktual Operasi (Tanggal 02 Oktober 2017).....	71
Lampiran B.1. <i>Cooling Tower Data Sheet</i>	72
Lampiran B.2. <i>Technical Data Sheet (Manual book PLTGU keramasan)</i>	73
Lampiran B.3. <i>Design Aliran Massa Fluida Menara Pendingin</i>	74
Lampiran B.4. Psikrometrik. (<i>Ashrae Handbook, 2008</i>).....	75
Lampiran B.5. Menara Pendingin Bagian Depan.....	76
Lampiran B.6. Menara Pendingin Bagian Belakang.....	76
Lampiran B.7. Kondensor.....	77
Lampiran B.8. Alat Ukur <i>Thermometer Infrared</i>	77
Lampiran B.9. Alat Ukur <i>Thermometer Kelembaban udara</i>	78

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peranan menara pendingin pada suatu pembangkit khususnya pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) sangatlah vital dan penting dalam hal ini menara pendingin sebagai alatnya pada saat menurunkan temperatur air panas yang berasal dari (*kondenser*) menjadi temperatur air dingin yang masuk ke dalam menara pendingin dikarenakan mampu untuk mendinginkan air sampai mendekati temperatur bola basah udara sekitar (kelembaban udara), serta digunakan sebagai pendingin, pada saat ketersediaan air mulai sedikit, maka dengan menggunakan menara pendingin cara untuk membuang kalor. Keperluan fluida air tidak hanya pada kehidupan manusia atau makhluk hidup lain diantaranya untuk industri, jika suatu pembangkit tidak dilengkapi menara pendingin dan hanya menggunakan sirkulasi air pendingin, air pendingin tersebut akan mengalami kenaikan temperatur dan di buang ke sungai, di mana pembuangan air meningkatkan temperatur sungai dan merusak ekosistem lokal.

Menara pendingin adalah bagian dari unit Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), dimana kinerjanya menurunkan temperatur fluida air selanjutnya kalor melepaskan secara bertahap dari air, dengan menggunakan perpaduan fluida air dan massa udara yang digabungkan ke atas keluar menara selanjutnya terbuang di atmosfer, dampaknya fluida air tersebut dingin dengan sendirinya. Bisa menurunkan temperatur fluida air sangat rendah bila dibandingkan dengan komponen untuk menghilangkan panas yang menggunakan udara, maka dari itulah menara pendingin lebih efektif dan efisien energinya. Ditinjau bentuk dan kegunaan menara pendingin salah satunya menara pendingin basah aliran berlawanan arah (*Counter Flow Wet Cooling Tower*) tipe *Mechanical Induced Draft* terdapat banyak alat bantu

seperti kipas, pompa, penyembur air, wadah air, dan pengisi untuk kinerja menara pendingin. Kipas menarik udara luar masuk ke dalam menara dan membuang udara dan butiran air panas yang sudah menjadi uap ke atmosfer. Pompa membantu air dari *Basin* menuju pipa saluran air panas dan disebarkan ke dalam menara, selanjutnya air panas tersebut dan udara masuk diserap oleh pengisi, kemudian ditarik keluar oleh kipas untuk dibuang ke atmosfer.

Secara umum menara pendingin adalah pendingin evaporatif untuk mensirkulasikan air ke pembangkit, penukar kalor berfungsi sebagai pengubah temperatur air dari rendah menjadi tinggi saat masuk ke dalam menara, dimana terdapat pompa yang bertugas memompakan air bertemperatur dingin dari *Basin* masuk ke dalam *Kondenser* sehingga temperatur air berubah menjadi panas, kemudian ke dalam pipa saluran *Spray Nozzle* untuk disebarkan ke dalam menara, agar temperatur air dalam menara turun kembali semula maka diperlukan udara dari luar masuk ke dalam menara pendingin.

Penelitian yang berkaitan dengan menara pendingin sudah banyak dilakukan seperti, Pratiwi, N, P, (2014) meneliti tentang kinerja *Cooling Tower Induced Draft* tipe *LBC W-300* terhadap pengaruh temperatur lingkungan, dimana merupakan temperatur *Ambient (Dry Bulb dan Wet Bulb)* akan mempengaruhi perpindahan kalor atau kinerja menara pendingin. Taufik, A. H. (2014) meneliti tentang analisis beban kalor *Counterflow Wet Cooling Tower Type Mechanical Induced Draft* dengan bahan pengisi bambu wulung, dimana efektivitas pendinginan tertinggi terjadi pada variasi dengan suhu awal 40 °C, ketinggian 200 cm sebesar 68.08 % dengan menggunakan bahan pengisi, sedangkan perubahan temperatur air tertinggi terjadi pada variasi suhu awal 70 °C, tinggi 200 cm, tanpa atau dengan bahan pengisi, dengan nilai 17 °C dan 23 °C. Penentuan Penelitian diperlukan metode yang tepat untuk menara pendingin basah aliran berlawanan arah (*Counter flow Wet Cooling Tower*) Tipe *Mechanical Induced Draft* adalah dengan metode Analisis efektivitas menara pendingin. Dalam hal ini efektivitas menjadi acuan pembahasan pada menara pendingin yang merupakan bagian dari aktifitas menara pendingin untuk menurunkan temperatur air panas dari *Spray Nozzle* yang dipercikkan ke

bawah dalam menara sehingga temperatur air dingin turun akibat kontak langsung dengan udara dan dibuang ke atmosfer dengan bersamaan udara yang keluar oleh tarikan kipas menara pendingin.

1.2 Rumusan Masalah

Pada Penelitian ini diharapkan menara pendingin mampu menurunkan temperatur air panas yang berasal dari *Kondenser* hingga mendekati temperatur bola basah udara sekitar (kelembaban udara), yang terjadi pada menara pendingin seiring berjalannya waktu dari operasinya yang terus menerus untuk terpenuhi kebutuhan dari proses pembangkit. Efektivitas menara pendingin berkaitan dengan kondisi operasi dan besarnya kalor digunakan yang terjadi dalam setiap proses pendinginan, serta debit air yang sesuai dengan kebutuhan dalam proses sirkulasi dan kembali lagi air ke dalam menara setelah mensirkulasikan. Untuk mengatasi hal tersebut maka dibutuhkan analisis untuk dapat meninjau kembali efektivitas menara pendingin sehingga dari analisis yang dilakukan akan dapat dijadikan pertimbangan dalam melakukan tindakan selanjutnya pada menara pendingin.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu ada batasan agar permasalahan tidak terlalu luas dalam melakukan penelitian. Analisis efektivitas menara pendingin basah aliran berlawanan arah (*Counter Flow Wet Cooling Tower*) tipe *Mechanical Induced Draft* Unit PLTGU keramasan Palembang, dan data lain-lain yang berhubungan dengan analisis seperti temperatur, tekanan, entropi, entalpi, kalor spesifik, dan laju aliran massa. Besarnya kalor yang digunakan dalam pengoperasian sirkulasi air menara pendingin dalam mendinginkan pada

komponen *Kondenser* dan kembali ke dalam menara serta besar debit air yang digunakan pada saat sirkulasi berlangsung.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini, untuk memperoleh hasil kajian yang seefektif dalam proses laju pendingin air dalam menurunkan temperatur air panas dari *Kondenser* ke menara pendingin menjadi turun dan kembali ke kondisi normal, sebagai berikut.

1. Mengkaji efektivitas menara pendingin terhadap waktu (pukul 08.00 sampai 20.00 wib) dalam hal ini mensirkulasikan air dari *Basin* ke Pompa, *Kondenser* dan *Spray Nozzle*, dan masuk ke menara pendingin dari temperatur panas air menjadi dingin dan kembali lagi temperatur air menjadi naik, dalam hal ini berlangsung secara mengulang kembali.
2. Penambahan air (*Make-up Water*) dalam aktifitas kinerja menara pendingin dalam sirkulasi air dari *Basin* menuju *kondenser* dan masuk ke dalam saluran *Spray Nozzle* kembali ke menara pendingin, dan jatuh ke wadah air.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai sumber referensi pemahaman khususnya Analisis efektivitas pada menara pendingin. Pada penelitian diharapkan sebagai acuan mengenai Pembangkit khususnya pada menara pendingin dan dapat memberikan gambaran tentang menara pendingin dan metode pemanfaatan sumber pembangkit dengan analisis efektivitas pada menara pendingin. Efektivitas adalah perbandingan antara *Range* dengan *Range* ideal yang dinyatakan dalam satuan persentase pada temperatur air

dengan temperatur bola basah udara sekitar (kelembaban udara). Dimana perbedaan jangkauan (*Range*) temperatur air masuk dan keluar terhadap temperatur udara bola basah dengan menentukan kisaran dalam persentase.

DAFTAR PUSTAKA

- Eusiel R. C, Medardo S. G, Jose M. P, and Miguel A. M. C, (2011). *Optimization of mechanical draft counter flow wet-cooling towers using a rigorous model*. Jurnal, 2011.
- Everett B. W., Herbert B. L, and Thomas F. L. *Steam Plant Operation*, Edisi ke-8.
- Incropera, F. P, (2007). *Fundamental of Heat and mass transfer*, Edisi ke-6, John Wiley and son, United States of America.
- Kreith, F. Ed. And Boca R. (2000). "Frontmatter" *The CRC Handbook of Thermal Engineering*, CRC Press LLC, Boulder, Colorado.
- Li, X, Li, Y, and John, (2010). *Dynamic modeling of mechanical draft counter flow wet cooling tower with modelica*, jurnal, 2010.
- Marley, J. C, and Hensley (2009). *Cooling Tower Fundamental*, Edisi ke-10, Overland Park, Kansas USA.
- Moran, M. J, and Shapiro H, N. (2008). *Fundamental of Engineering Thermodynamic*, Edisi ke-6, John Wiley and Sons.
- Nag P. K, (2008). *Power Plant Engineering*, Edisi ke-3, The McGraw Hill, New Delhi.
- Palmer, J. D, (2002). *Evaporative Design Guidelines Manual*, United State Department Of Energy, New Mexico Minerals and Natural Resources Department Energy Conservation and Management Division. www.emnrd.state.nm.us/.
- Parson R. A, (2008). *Ashrae Handbook, HVAC System and Equipment*.
- Pratiwi, N, P, Nugroho, G, dan Hamidah N, L. (2014). *Analisa kinerja Cooling Tower Induced Draft Tipe LBC W-300 terhadap pengaruh temperatur lingkungan*. Jurnal, 2014
- Santoso, D. I., dan Rasyid A. H. A. *Pengaruh variasi debit air pendingin terhadap suhu kondensasi air dalam menara pendingin*. danysantoso@unesa.ac.id, akhmadrasyid@unesa.ac.id
- Stanford III, H, W. (2003). *HVAC Water Chillers and Cooling Towers*. Edisi

- ke-10, *Marcel Dekker, Inc., USA.*
- Stoecker, W. F. and Jones, J. W, (1997). Refrigeration and Air Conditioning, Edisi ke-2, Mcgraw-hill, Inc.*
- Taufik H, A, Listyadi S, D, dan Sutjahjono, H. (2014). Analisis Beban Kalor *Cooling Tower Induced Draft Counterflow* dengan Bahan Pengisi Bambu wulung (*Heat Load Analysis Of Induced Draft Counterflow Cooling Tower With Bamboo Filler Wulung*). Jurnal, 2014.
- Wang, S. K, (2001). Handbook of Air Conditioning and Refrigeration, Edisi ke-2, McGraw Hill, New York, San francisco Washington, D.C. Auckland Bogotá, Caracas, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, Montreal, New Delhi, San Juan, Singapore, Sydney, Tokyo, Toronto.*
- Young, T, J, and Vafai, K. (1997). Convective flow and heat transfer in a channel containing multiple heated obstacles. Jurnal, 1997.*