

**SKRIPSI**

**ANALISA OPERASIONAL CHILLER TIPE WATER  
COOLED UNTUK MENURUNKAN KONSUMSI  
ENERGI DAN EFEK PEMANASAN GLOBAL**



Oleh

**I WAYAN CANDRA WIJAYA**  
**NIM. 1811915**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**JANUARI 2020**

## LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

### ANALISA OPERASIONAL CHILLER TIPE WATER COOLED UNTUK MENURUNKAN KONSUMSI ENERGI DAN EFEK PEMANASAN GLOBAL

Oleh

**I WAYAN CANDRA WIJAYA**  
NIM. 1811915

Disetujui oleh:



Diperiksa dan Disetujui  
Dosen pembimbing

*Basuki Widodo*  
**Ir. Basuki Widodo, M.T.**  
NIP.Y. 1018100037



PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : I Wayan Candra Wijaya  
NIM : 18.11.915  
Jurusan : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : **ANALISA OPERASIONAL CHILLER TIPE WATER COOLED UNTUK MENURUNKAN KONSUMSI ENERGI DAN EFEK PEMANASAN GLOBAL**

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari/Tanggal : **Kamis, 30 Januari 2020**

Dengan Nilai : **79**

**PANITIA MAJELIS PENGUJI SKRIPSI**

Ketua

Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T.  
NIP. Y. 1030400405

Sekretaris

Febi Rahmadianto, S.T., M.T.  
NIP. Y. 1031500490

**ANGGOTA PENGUJI**

Penguji I

Ir. Soeparno Djivo, M.T.  
NIP. Y. 1018600128

Penguji II

Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T.  
NIP. Y.1030400405

**ANALISA OPERASIONAL CHILLER TIPE WATER COOLED UNTUK  
MENURUNKAN KONSUMSI ENERGI DAN EFEK PEMANASAN  
GLOBAL**

**ABSTRAK**

**I Wayan Candra Wijaya**

Jurusan S-1 Teknik Mesin, FTI - Institut Teknologi Nasional, Malang

\*telp. +62 87860983680, E-mail: candrawijaya963@gmail.com

Artikel ini mengkaji secara teoritis berdasarkan data kinerja dari dua jenis sistem chiller tipe water cooled setiap harinya selama 7 bulan untuk diperoleh rata-rata kemudian di analisa bagaimana upaya untuk menurunkan konsumsi energi dan efek pemanasan global yang salah satunya dikarenakan oleh emisi CO<sub>2</sub> yang timbul akibat penggunaan energi listrik sebesar 0,725 Kg.CO<sub>2</sub>/kWh. Dalam metode analisa data menggunakan perangkat lunak pada yaitu refrigerant slider, CoolPack dan IBM SPSS Statistics 25.

Hasil dari analisa dapat diperoleh untuk chiller 1 untuk nilai operasional sebesar 1,48°C untuk temperatur approach kondensor, 0,95°C untuk temperatur approach evaporator, COP sebesar 8,55 dengan konsumsi daya sebesar 59063,8 kWh maka nilai efek pemanasan global yang dihasilkan sebesar 42821,27 Kg.CO<sub>2</sub>. Sedangkan untuk chiller 2 untuk nilai operasional sebesar 0,7°C untuk temperatur approach kondensor, 1,6°C untuk temperatur approach evaporator, COP sebesar 8,88 dengan konsumsi daya sebesar 160232,7 kWh maka nilai efek pemanasan global yang dihasilkan sebesar 116168 Kg.CO<sub>2</sub>. Setelah melakukan kajian dengan alat bantu perangkat lunak IBM SPSS Statistics 25 berdasarkan hasil analisa operasional tersebut untuk menekan turunnya konsumsi energi listrik dan nilai efek pemanasan global yang ditimbulkan dapat dengan cara menjaga stabilitas dari temperatur approach kondensor, karena setiap turunnya 1°C temperatur approach kondensor akan mempengaruhi turunnya konsumsi energi sebesar 55,611 kW untuk chiller 1 dan sebesar 90,763 kW, dan Jika stabilitas ini bisa dijaga selama 24 jam maka konsumsi daya dan nilai efek pemanasan yang timbul pada sistem akan menurun sebesar 1334,6 kWh dengan 967,5 KgCO<sub>2</sub> untuk *chiller* 1 dan sebesar 2178,3 kWh dengan 1579,2 KgCO<sub>2</sub> untuk *chiller* 2.

**Kata kunci :** *chiller tipe water cooled, operasional sistem, konsumsi energi dan efek pemanasan global*

# ***OPERATIONAL ANALYSIS OF CHILLER WATER COOLED TYPE TO LOWER ENERGY CONSUMPTION AND GLOBAL WARMING EFFECT***

## ***ABSTRACT***

**I Wayan Candra Wijaya**

*Departement of Engineering S-1 Mechanical Engineering, Industrial Technology Faculty – National Institute National, Malang*  
\*telp. +62 87860983680, E-mail: candrawijaya963@gmail.com

*This article examines the performance data of two types of chiller system type water cooled every day for 7 months to be obtained average then in the analysis of how efforts to reduce energy consumption and the effect of global warming is one of which is due to CO<sub>2</sub> emissions arising from the use of electrical energy of 0.725 Kg. CO<sub>2</sub>/kWh. In the method of data analysis using the software on the refrigerant slider, CoolPack and IBM SPSS Statistics 25.*

*The results of the analysis can be obtained for the Chiller 1 for operational value of 1.48 ° C for the temperature approach condenser, 0.95 °c for the temperature approach evaporator, COP of 8.55 with a power consumption of 59063.8 kWh Hence the value of global warming effect is 42821.27 Kg. CO<sub>2</sub>. As for the Chiller 2 for operational value of 0.7 °c for the approach condenser temperature, 1.6 ° C for the temperature approach evaporator, COP amounted to 8.88 with a power consumption of 160232.7 kWh then the value of global warming effect is produced at 116168 Kg. CO<sub>2</sub>. After reviewing with IBM SPSS Statistics 25 software, based on the results of the operational analysis to suppress the decline in electricity consumption and the value of global warming effect can be maintained by maintaining the stability of the approach condenser temperature, because each 1 °c temperature approach condenser affects the amount of energy consumption of 55.611 kw for Chiller 1 and 90.763 kw, and if this stability can be maintained for 24 hours then the power consumption and the value of heating effect that arises in the system will decrease by 1334.6 kWh with 967.5 KgCO<sub>2</sub> for Chiller 1 and 2178.3 kWh with 1579.2 KgCO<sub>2</sub> for Chiller 2.*

**Keywords:** Chiller water cooled type, system operations, energy consumption and the effect of global warming

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul "Analisa Operasional *Chiller Water Tipe Cooled* Untuk Menurunkan Konsumsi Energi Dan Efek Pemanasan Global", tepat waktu sesuai jadwal yang ditentukan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat lulus Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyusunan Skripsi ini tidak mungkin dapat berjalan lancar tanpa adanya bantuan dan motivasi dari berbagai pihak, sehingga penyusun mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kustamar, M.T. Selaku Rektor ITN Malang.
2. Ibu Dr. Ellysa Nursanti, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Malang,
3. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Basuki Widodo, M.T. Selaku Dosen Pembimbing Penyusunan Skripsi
5. Bapak Dr. Eko Yohanes, S.T., M.T. Selaku Ketua Bidang Konversi Energi
6. Bapak Ir. Soeparno Djivo, M.T. Selaku dosen penguji I skripsi
7. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T. Sekalu dosen penguji II skripsi
8. Bapak I Nyoman Suamir, S.T., M.Sc., Ph.D. yang sudah membantu dan memberi masukan dalam penyusunan skripsi ini
9. Orang tua dan keluarga yang telah mendukung dan memberikan dorongan dalam menyelesaikan Skripsi ini.
10. Semua teman – teman Alih Jenjang angkatan 2019 yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penyusun dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan-kesalahan, karena penyusun hanyalah manusia biasa yang tentunya tidak bisa lepas dari kesalahan. Oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca demi kesempurnaan penyusunan Skripsi ini.

Malang, 10 Februari 2020  
Penyusun

I Wayan Candra Wijaya

## **PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : I Wayan Candra Wijaya  
NIM : 1811915  
Jurusan : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisa Operasional *Chiller* Tipe *Water Colled* Untuk Menurunkan Konsumsi Energi dan Efek Pemanasan Global” adalah skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau sepenuhnya dari karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 10 Februari 2020

Yang Membuat Pernyataan



I Wayan Candra Wijaya

### LEMBAR REKAPAN BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : I Wayan Candra Wijaya  
NIM : 1811915  
Jurusan : Teknik Mesin S-1  
Judul : Analisa Operasional Chiller Tipe Water Cooled Untuk Menurunkan Konsumsi Energi Dan Efek Pemanasan Global  
Dosen Pembimbing : Ir. Basuki Widodo, M.T.

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf
1	14 Oktober 2019	Pengajuan judul skripsi	
2	23 Oktober 2019	Pengajuan proposal skripsi	
3	15 November 2019	Revisi proposal skripsi	
4	1 Desember 2019	Konsultasi Bab 1,2, dan 3	
5	6 Januari 2020	Konsultasi Bab 4 dan 5	
6	9 Januari 2020	Asistensi seminar hasil	
7	20 Januari 2020	Revisi seminar hasil	
8	23 Januari 2020	ACC skripsi untuk ujian komprehensif	

Malang, 10 Februari 2020

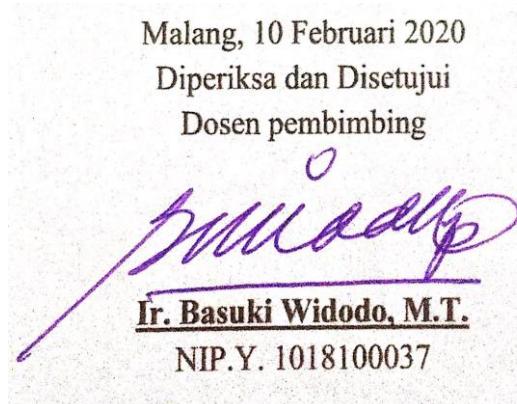
Diperiksa dan Disetujui

Dosen pembimbing

Ir. Basuki Widodo, M.T.  
NIP.Y. 1018100037

## **LEMBAR NILAI BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama : I Wayan Candra Wijaya  
NIM : 1811915  
Jurusan : Teknik Mesin S-1  
Judul : Analisa Operasional *Chiller* Tipe *Water Cooled* Untuk Menurunkan Konsumsi Energi Dan Efek Pemanasan Global  
Dosen Pembimbing : Ir. Basuki Widodo, M.T.  
Tanggal mengajukan skripsi : 14 Oktober 2019  
Tanggal menyelesaikan skripsi : 27 Januari 2020  
Telah dievaluasi dengan nilai : 85 (A)  
Dosen pembimbing : Ir. Basuki Widodo, M.T



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI .....</b>	i
<b>BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....</b>	ii
<b>ABSTRAK .....</b>	iii
<b>ABSTRACT .....</b>	iv
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	v
<b>PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI .....</b>	vii
<b>LEMBAR REKAPAN BIMBINGAN SKRIPSI .....</b>	viii
<b>LEMBAR NILAI BIMBINGAN SKRIPSI.....</b>	ix
<b>DAFTAR ISI.....</b>	x
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	xiii
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xv
<b>DAFTAR GRAFIK .....</b>	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat penelitian.....	3
1.6 Metode penelitian.....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	5
2.1 Pengertian Refrigerasi .....	5

2.2 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap.....	7
2.3 Refrigeran.....	9
2.4 Prinsip Kerja <i>Chiller</i> Tipe <i>Water Cooled</i> .....	10
2.5 Komponen <i>Chiller</i> Tipe <i>Water Cooled</i> .....	12
2.6 Analisa Operasional dari <i>Chiller</i> Tipe <i>Water Cooled</i> .....	21
2.6.1 Temperatur <i>approach</i> .....	21
2.6.2 Kerja Kompresi (Wk) .....	22
2.6.3 Efek Refrigerasi (ER) .....	23
2.6.4 <i>Coefficient Of Perfomance</i> (COP) .....	23
2.7 Efek Pemanasan Global .....	24
2.7.1 Emisi CO <sub>2</sub> .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Alur Penelitian .....	26
3.2 Penjelasan Diagram Alir .....	27
3.2.1 Mulai .....	27
3.2.2 Studi Literatur.....	27
3.2.3 Persiapan Penelitian.....	28
3.2.4 Pengambilan Data Pada <i>Chiller</i> Yang Diinvestigasi .....	28
3.2.5 Pengumpulan dan Analisa Data.....	31
a) Refrigerant Slider .....	34
b) <i>CoolPack</i> .....	35
c) IBM SPSS <i>statistics</i> 25 .....	39
3.2.6 Pembahasan .....	42
3.2.7 Kesimpulan .....	43

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	44
4.1 Pengambilan Data <i>chiller</i> .....	44
4.2 Analisa dan Pembahasan Operasional <i>Chiller</i> .....	44
4.2.1 <i>Coefficient Of Perfomance (COP)</i> .....	44
4.2.2 Temperatur <i>approach</i> .....	45
4.3 Pengaruh Operasional Terhadap Efek Pemanasan Global.....	48
4.4 Analisa Untuk Menurunkan Konsumsi Enegi dan GWP.....	49
4.4.1 Korelasi daya dengan COP .....	49
4.4.2 Korelasi antara daya dengan temperatur <i>approach</i> kondensor.....	51
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	54
5.1 Kesimpulan .....	54
5.2 Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	56
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Refrigerator carnot .....	6
Gambar 2.2 Skematik kerja sistem Siklus Kompresi Uap .....	7
Gambar 2.3 Diagram Ph.....	8
Gambar 2.4 diagram proses isobaris .....	9
Gambar 2.5 prinsip kerja <i>chiller</i> tipe <i>water cooled</i> .....	11
Gambar 2.6 Skema kerja <i>chiller</i> tipe <i>water cooled</i> .....	12
Gambar 2.7 kompresor hermetik.....	13
Gambar 2.8 kompresor semi hermetik .....	14
Gambar 2.9 kondensor <i>shell and tube</i> .....	16
Gambar 2.10 Alat ekspansi .....	17
Gambar 2.11 evaporator <i>shell and tube</i> .....	18
Gambar 2.12 <i>Cooling tower</i> .....	18
Gambar 2.13 variasi temperatur <i>cooling tower</i> .....	19
Gambar 2.14 AHU dan FCU.....	20
Gambar 2.15 Chilled water pump .....	20
Gambar 2.16 <i>Cooling water pump</i> .....	21
Gambar 2.17 Temperatur <i>approach</i> .....	21
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	26
Gambar 3.2 <i>chiller</i> tipe <i>water cooler</i> yang diinvestigasi .....	28
Gambar 3.3 Titik penentuan sumber data refrigeran skunder.....	30
Gambar 3.4 Titik penentuan sumber data tekanan refrigeran primer .....	31
Gambar 3.5 <i>Display optiview control chiller</i> tipe <i>water cooled</i> .....	33

Gambar 3.6	Tampilan Refrigerant Slider.....	34
Gambar 3.7	<i>software CoolPack</i> .....	35
Gambar 3.8	Tampilan awal <i>CoolPack</i> .....	35
Gambar 3.9	menu <i>refrigerant Utilities</i> .....	36
Gambar 3.10	menu untuk pemilihan diagram P-h .....	36
Gambar 3.11	menu pilihan untuk pemilihan jenis refrigerant .....	37
Gambar 3.12	toolbar <i>cycle</i> .....	37
Gambar 3.13	kolom <i>input</i> data.....	38
Gambar 3.14	<i>coordinates of point</i> pada <i>coolPack</i> .....	38
Gambar 3.15	tabel <i>coordinates of point</i> .....	39
Gambar 3.16	IBM SPSS <i>statistics 25</i> .....	40
Gambar 3.17	kolom input data pada IBM SPSS statistics 25 .....	40
Gambar 3.18	langkah analisa pada IBM SPSS <i>statistics 25</i> .....	41
Gambar 3.19	kolom input variavel <i>dependent</i> dan variabel <i>independent</i> .....	41
Gambar 3.20	hasil analisa regresi pada IBM SPSS <i>statistics 25</i> .....	42

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Tabel karakteristik R123.....	10
Tabel 3.1 Tabel pengambilan data <i>chiller</i> tipe <i>water cooled</i> .....	32
Tabel 4.1 Data pada masing-masing <i>chiller</i> .....	44
Tabel 4.2 hasil analisa temperatur <i>approach</i> kondensor.....	46
Tabel 4.3 hasil analisa temperature <i>approach</i> evaporator .....	47
Tabel 4.4 regrensi linear antara konsumsi daya dengan efek pemanasan global	48
Tabel 4.5 regrensi linier antara daya dengan COP pada <i>chiller</i> 1.....	50
Tabel 4.6 regrensi linier antara daya dengan COP pada <i>chiller</i> 2.....	51
Tabel 4.7 regrensi linier antara daya dengan temperatur <i>approach</i> kondensor pada <i>chiller</i> 1 .....	51
Tabel 4.8 regrensi linier antara daya dengan temperatur <i>approach</i> kondensor pada <i>chiller</i> 2 .....	52

## **DAFTAR GRAFIK**

Grafik 4.1 Variasi COP pada masing-masing <i>chiller</i> .....	45
Grafik 4.2 Variasi temperatur <i>approach</i> kondensor .....	46
Grafik 4.3 Variasi temperatur <i>approach</i> evaporator.....	47
Grafik 4.4 Variasi konsumsi daya dan efek pemanasan global per bulan <i>ch 1</i> ...	48
Grafik 4.5 Variasi konsumsi daya dan efek pemanasan global per bulan <i>ch 2</i> ...	49
Grafik 4.6 Variasi antara daya dengan COP pada <i>chiller 1</i> .....	50
Grafik 4.7 Variasi antara daya dengan COP pada <i>chiller 2</i> .....	50
Grafik 4.8 Variasi daya dengan temperatur <i>approach</i> kondensor pada <i>ch 1</i> .....	51
Grafik 4.9 Variasi daya dengan temperatur <i>approach</i> kondensor pada <i>ch 2</i> .....	52

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran I** : Biodata Penulis

**Lampiran II** : Surat Bimbingan Skripsi

**Lampiran III** : Surat Permohonan Pengambilan Data

**Lampiran IV** : Surat Pernyataan Keaslian Data

**Lampiran V** : Analisa COP

**Lampiran VI** : Data Hasil Pengujian