



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**ANALISIS EFISIENSI ENERGI MESIN *CHILLER* PADA PROSES AIR
HANDLING UNIT (AHU) PAINT SHOP**

TESIS



OLEH

HARIS MAULANA

55321120006

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

2023



**ANALISIS EFISIENSI MESIN CHILLER PADA PROSES AIR
HANDLING UNIT (AHU) PAINT SHOP**



**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program
Fakultas Teknik pada Program Studi Magister Teknik Industri**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

OLEH

HARIS MAULANA

55321120006

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

2023

PENGESAHAN TESIS

Judul : Analisis Efisiensi Mesin Chiller Pada Proses Air
Handling Unit (AHU) Paint Shop
Nama : Haris Maulana
NIM : 55321120006
Program Studi : Fakultas Teknik/Magister Teknik Industri
Tanggal : 24 November 2023

Mengesahkan

Pembimbing



(Dr. Lien Herliani Kusumah, S.E., M.T.)

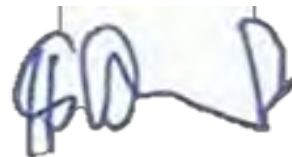
UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)

Ketua Program Studi
Magister Teknik Industri



(Dr. Sawarni Hasibuan, M.T.)

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh

Nama : Haris Maulana
NIM : 55321120006
Program Studi : Magister Teknik Industri

Dengan judul: “*Analysis of Chiller Machine Energy Efficiency in the Paint Shop Air Handling (AHU) Process*”. Telah dilakukan pengecekan similarity dengan sistem Turnitin pada tanggal 26 Oktober 2023, didapatkan nilai persentase sebesar 22%.



Jakarta, 24 November 2023

Administrator Turnitin

Miyono, S.Kom

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : Analisis Efisiensi Mesin Chiller Pada Proses Air
Handling Unit (AHU) Paint Shop
Nama : Haris Maulana
NIM : 55321120006
Program : Fakultas Teknik/Magister Teknik Industri
Tanggal : 24 November 2023

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Komisi Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana.

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 24 November 2023



(Haris Maulana)

PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis S2 yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di perpustakaan Universitas Mercu Buana, Kampus Meruya dan terbuka terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HAKI yang berlaku di Universitas Mercu Buana. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizing pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tesis haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik UMB.



Abstrak

Program “Efisiensi Energi di Sektor Industri, Komersial, dan Publik” (*Energy Efficiency in Industrial, Commercial, and Public Sectors/ EINCOPS*) merupakan hasil kerja sama antara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia dengan DANIDA (*Danish International Development Assistance/Bantuan Pembangunan Internasional Denmark*), yang dimulai pada tahun 2008 untuk mendukung kebijakan pemerintahan Indonesia dalam mencapai tujuan berikut: “Langkah-langkah efisiensi energi mulai diadopsi secara berangsur-angsur oleh pengguna energi di sektor industri, komersial, dan publik dimulai dari kelas yang besar” (Gunawan et al., 2012). Dalam dunia industri khususnya otomotif, mesin *Chiller* tidak berdiri sendiri, mesin *Chiller* biasanya digunakan sebagai peran pembantu dalam sebuah proses *Air Handling Unit* (AHU), yang bertujuan untuk memenuhi temperatur tersebut. *Air Handling Unit* (AHU) berperan sebagai pendingin udara dan juga menjaga kebersihan udara yang masuk ke area unit produksi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Coefficient of Performance* (COP) dan *energy efficiency ratio* (EER) untuk menentukan keberhasilan *improvement* yang dilakukan. Hasil dari penelitian ini menemukan bahwa dengan berkurangnya jam operasional yang semula menggunakan tiga mesin *Chiller* pada jam 08.00 sampai dengan 17.00, selanjutnya menjadi dua mesin saja pada jam 08.00 sampai 10.00 dan 16.00 sampai 17.00 dan menggunakan *interlock* dalam pengoperasiannya, didapatkan hasil COP sebesar 5,983 dari sebelumnya 5,833 yang berarti memiliki kenaikan 0,15. Dan penggunaan energi yang berkurang 755,31kWh/Hari atau jika dirupiahkan menjadi Rp.1.008.603/hari. Dengan tetap memenuhi standard produksi untuk kebutuhan suhu di area kerja.

Kata Kunci: *Efisiensi energi, Coefficient of Performance, Chiller, Suhu, Air Handling Unit (AHU)*

Abstract

The “Energy Efficiency in Industrial, Commercial, and Public Sectors” (EINCOPS) program is the result of collaboration between the Indonesian Ministry of Energy and Mineral Resources and DANIDA (Danish International Development Assistance). Denmark), which started in 2008 to support Indonesian government policies in achieving the following goals: “Energy efficiency measures are starting to be adopted gradually by energy users in the industrial, commercial and public sectors starting from the large class” (Gunawan et al., 2012). In the industrial world, especially automotive, Chiller machines do not stand alone, Chiller machines are usually used as an auxiliary role in an Air Handling Unit (AHU) process, which aims to meet this temperature. The Air Handling Unit (AHU) acts as an air conditioner and also maintains the cleanliness of the air entering the production unit area. The method used in this study is the Coefficient of Performance (COP) and energy efficiency ratio (EER) to determine the success of the improvements made. The results of this study where with reduced operating hours which originally used three Chiller machines at 08.00 to 17.00, then only two machines at 08.00 to 10.00 and 16.00 to 17.00 and using an interlock in operation, obtained a COP of 5.983 from the previous 5.833 which means it has an increase of 0.15. And reduced energy use of 755.31kWh/day or if converted to IDR 1,008,603/day. By continuing to meet production standards for temperature requirements in the work area.

Keyword: Efisiensi energi, Coefficient of Performance, Chiller, Suhu, Air Handling Unit (AHU)

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-NYA pada Penelitian ini, akhirnya Penelitian ini dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul: **Analisis Efisiensi Energi Mesin Chiller pada Proses Air Handling Unit (AHU) di Paint Shop**. Tesis ini ditulis dalam rangka memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Industri di Program Pascasarjana Universitas Mercubuana.

Penelitian ini menyadari bahwa tesis ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu Penelitian ini berterimakasih kepada semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung memberikan kontribusi dalam penyelesaian tesis ini. Secara khusus pada kesempatan ini saya menyampaikan banyak terimakasih kepada **Dr. Lien Herliani Kusumah,SE.,MT.** selaku Dosen Pembimbing saya yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan tesis selama ini dari awal hingga tesis ini dapat diselesaikan.

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan pendanaan pada penelitian ini melalui program Hibah Penelitian Tesis Magister tahun 2023.

Peneliti juga ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Mercubuana : Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M. Eng
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercubuana : Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT.
3. Kaprodi Teknik Industri Universitas Mercubuana : Dr. Sawarni Hasibuan,ST., MT.
4. Penguji Seminar Proposal dan Seminar Hasil : Jacky Chin, Ph. D
5. Penguji Sidang Akhir :
 1. Dr. Erry Rimawan, MBAT
 2. Dr. Humiras Hardi Purba, MT
6. Perusahaan Tempat Penelitian : PT Hyundai Motor Manufacturing Indonesia
7. Keluarga :
 - a. Hasanah (Ibu Kandung)
 - b. Thamrin (Ayah Kandung)
 - c. Hilda Syarah Fauzan (Istri)
 - d. Aldebaran Fatih Abqari Maulana (Anak Ke-1)
 - e. Almahyra Aleeya Shanum Maulana (Anak Ke-2)
 - f. Habibah (Ibu Mertua)
 - g. Moh. Zaini (Ayah Mertua)

Kiranya Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih atau referensi terhadap dunia pendidikan ataupun dunia industri ke depannya.

Jakarta, October 2023.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN TESIS	iii
PERNYATAAN <i>SIMILARITY CHECK</i>	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	6
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	6
1.4. Asumsi dan Batasan Masalah	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1. Kajian Teori	8
2.1.1. Efisiensi Energi	8
2.1.2. Prinsip dasar Efisiensi Energi	9
2.1.3. <i>Air Handling Unit (AHU)</i>	11
2.1.4. <i>Chiller</i>	12
2.1.5. Kinerja Sistem Refrigerasi	13
2.1.6. Standard kinerja Sistem Refrigerasi	13
2.2. Kajian Penelitian Terdahulu	14
2.2.1. Kajian Penelitian Terdahulu	14
2.2.2. <i>State Of The Art (S.O.T.A)</i>	16
2.3. Kerangka Pemikiran	17

BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1. Jenis dan Desain Penelitian	19
3.1.1. Jenis Penelitian	19
3.1.2. Pendekatan penelitian	19
3.2. Data dan Informasi	19
3.2.1. Variabel Operasional	19
3.3. Pengumpulan Data	20
3.3.1. Teknik Pengumpulan Data	20
3.3.2. Uji kecukupan Data	21
3.4. Populasi dan Sampel	22
3.5. Metode Analisis Data	24
3.5.1. <i>Coefficient of Performance (COP)</i>	25
3.5.2. <i>Energy Efficiency Ratio (EER)</i>	25
3.6. Diagram Alir Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Hasil Penelitian	27
4.1.1. Deskripsi Industri	27
4.1.2. Data	28
4.1.3. Hasil Pengolahan Data	37
4.2. Pembahasan	42
4.2.1. Temuan Utama	42
4.2.2. Perbandingan Dengan penelitian Terdahulu	43
4.2.3. Implikasi Industri	43
4.2.4. Keterbatasan Penelitian	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1. Kesimpulan.....	45
5.2. Saran	45
Daftar Pustaka	46
Daftar Riwayat Hidup	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tipe – Tipe Bangunan dan Indeks Efisiensi Energi	1
Gambar 1.2 <i>Chiller</i> atau pendingin	2
Gambar 1.3. Temperatur pada <i>booth</i> menggunakan 2 <i>Chiller</i> untuk <i>room zone</i>	4
Gambar 1.4. Temperatur pada <i>booth</i> menggunakan 2 <i>Chiller</i> untuk <i>Oven zone</i>	4
Gambar 2.1 Hubungan Penggunaan Kombinasi Input Energi Listrik (E) dan Stok Kapital (K) dalam Memproduksi Output.	9
Gambar 2.2. Komponen AHU/HVAC Secara Horizontal	11
Gambar 2.3. <i>Chiller water cooled Centrifugal Berca</i>	13
Gambar 2.4. Diagram kerangka berpikir penelitian	18
Gambar 3.1. Spesifikasi <i>Chiller</i>	23
Gambar 3.2. Langkah – Langkah Penelitian	26
Gambar 4.1. Grafik Suhu Area Kerja Sebelum di lakukan <i>Improvement</i>	32
Gambar 4.2. Grafik Suhu Area <i>Oven</i> Sebelum di lakukan <i>Improvement</i>	33
Gambar 4.3. Grafik Suhu Area Kerja Setelah di lakukan <i>Improvement</i>	34
Gambar 4.4. Grafik Suhu Area <i>Oven</i> Sesudah di lakukan <i>Improvement</i>	35
Gambar 4.5. Beban mesin <i>Chiller</i> sebelum dan sesudah <i>Improvement</i>	36
Gambar 4.6. Tampilan <i>Human Machine Interface (HMI)</i> mesin <i>Chiller</i>	39
Gambar 4.7. Tampilan <i>Human Machine Interface (HMI)</i> untuk operasional <i>Chiller</i> setelah <i>Improvement</i>	40
Gambar 4.8. Tampilan <i>Auto System Chiller</i> pada HMI	40
Gambar 4.9. Diagram Alir otomatisasi operasional mesin <i>Chiller</i> dari PLC	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Kondisi beban <i>Chiller</i> berbanding dengan <i>set point</i>	3
Tabel 2.1 Contoh – Contoh Tindakan Efisiensi Energi.....	8
Tabel 2.2. Standard Efisiensi minimum dari peralatan tata udara yang dioperasikan dengan listrik.	14
Tabel 2.3. Penelitian sebelumnya	14
Tabel 2.4. <i>Table State of The Art</i> (S.O.T.A)	16
Tabel 3.1. Tabel Operasional Variabel	20
Tabel 3.2. <i>Chiller</i> – Water Cooled Condenser	24
Tabel 3.3. Spesifikasi Area kerja yang terdampak penggunaan <i>Chiller</i>	24
Tabel 3.4. Persamaan EER dan Besaran sistem kerja refrigerasi lainnya	26
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran suhu yang terdampak dari mesin <i>Chiller</i>	28
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Uji Kecukupan Data	30
Tabel 4.3. Suhu Area Kerja dan Mesin <i>Chiller</i> sebelum dilakukan <i>Improvement</i>	31
Tabel 4.4 Suhu Area <i>Oven</i> dan Mesin <i>Chiller</i> sebelum dilakukan <i>Improvement</i>	31
Tabel 4.5. Suhu Area Kerja dan Mesin <i>Chiller</i> Sesudah dilakukan <i>Improvement</i>	33
Tabel 4.6 Suhu Area <i>Oven</i> dan Mesin <i>Chiller</i> Sesudah dilakukan <i>Improvement</i>	34
Tabel 4.7. Data Beban Mesin <i>Chiller</i> sebelum dan sesudah <i>Improvement</i>	35
Tabel 4.8. Data Parameter Sebelum dan sesudah <i>Improvement</i>	37
Tabel 4.9. Konfigurasi indikator HMI Terhadap operasional <i>Chiller</i>	41