



**ANALISIS KINERJA *WATER COOLED CHILLER*  
MENGUNAKAN FLUIDA R-134A PADA GEDUNG X**

**SKRIPSI**

**YOLANDA SIAHAAN**

**1810311028**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

**2023**



**ANALISIS KINERJA *WATER COOLED CHILLER*  
MENGUNAKAN FLUIDA R-134A PADA GEDUNG X**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana**

**YOLANDA SIAHAAN**

**1810311028**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

**2023**

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Yolanda Siahaan

NRP : 1810311028

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : ANALISIS KINERJA *WATER COOLED CHILLER*  
MENGUNAKAN FLUIDA R-134A PADA GEDUNG X

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

  
(Ir. Fahrudin, S.T., M.T.)

Penguji Utama

  
13/07/2023

(Fitri Wahyuni, S.Si., M.Eng.)

Penguji Lembaga



(Dr. Henry Binsar Hamonangan Sitorus, S.T., M.T.)

Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP)

Pembimbing I

  
13/07/2023

(Ir. Fahrudin, S.T., M.T.)

Ka. Prodi Teknik Mesin

Di tetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 7 Juli 2023

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Yolanda Siahaan  
NRP : 1810311028  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : ANALISIS KINERJA *WATER COOLED CHILLER*  
MENGGUNAKAN FLUIDA R-134A PADA GEDUNG X

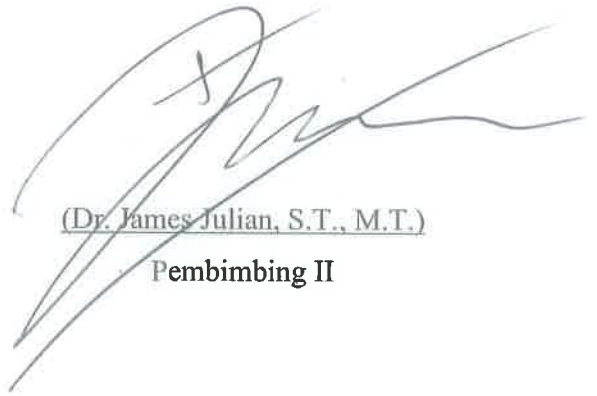
Telah dikoreksi dan diperbaiki oleh penulis atas arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Veteran Jakarta.

Menyetujui



(Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP)

Pembimbing I



(Dr. James Julian, S.T., M.T.)

Pembimbing II

Mengetahui



(Ir. Fahrudin, S.T., M.T.)

Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Yolanda Siahaan

NIM : 1810311028

Program Studi : S-1 Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, masa saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 20 Juni 2023

Yang menyatakan,



(Yolanda Siahaan)

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yolanda Siahaan

NRP : 1810311028

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“ANALISIS KINERJA WATER COOLED CHILLER MENGGUNAKAN  
FLUIDA R-134A PADA GEDUNG X”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 20 Juni 2023

Yang Menyatakan,



(Yolanda Siahaan)

# ANALISIS KINERJA *WATER COOLED CHILLER* MENGGUNAKAN FLUIDA R-134A PADA GEDUNG X

YOLANDA SIAHAAN

## ABSTRAK

Indonesia sebagai negara yang beriklim tropis, sangatlah dibutuhkan sistem pengkondisian udara yang berguna untuk menciptakan kenyamanan termal bagi penghuni dan proses produksi peralatan industri pada suatu bangunan, dengan menggunakan metode yang berbeda, yaitu media air dingin sebagai sumbernya. Sistem HVAC merupakan sistem pendingin yang digunakan sebagai pengendali temperatur, kelembapan serta tekanan udara menjadi lebih rendah dibandingkan temperatur lingkungan untuk mencapai kondisi yang diinginkan. *Water cooled chiller* merupakan mesin refrigerasi yang menggunakan media air dingin dengan sistem pendinginan tidak langsung. Langkah awal dalam perencanaan sistem HVAC adalah menghitung beban pendinginan (*cooling load*) pada ruangan gedung tersebut guna mengetahui apakah kapasitas dari sistem pendingin *chiller* dapat mengatasi beban pendinginan atau tidak. Pada penelitian ini, perhitungan beban pendingin menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*). Dari hasil perhitungan beban pendinginan pada gedung X, menunjukkan rata-rata total beban pendingin sebesar 10.312.346,16 Btu/hr yang mana lebih banyak dihasilkan dari beban internal peralatan, dengan kapasitas *chiller* sebesar 6.002.981,42 Btu/hr, dan dengan kinerja dari *water cooled chiller* dalam kondisi efisien dengan nilai COP rata-rata sebesar 9,09.

**Kata kunci** : *water cooled chiller*, beban pendinginan, kapasitas *chiller*, sistem pengkondisian udara.

**PERFORMANCE ANALYSIS OF WATER COOLED CHILLER CAPACITY  
USING R-134A FLUID IN BUILDING X**

**YOLANDA SIAHAAN**

**ABSTRAC**

*Indonesia as a country with a tropical climate, is in dire need of an air conditioning system that is useful for creating thermal comfort for occupants and the production process of industrial equipment in a building, using a different method, namely cold water as the source. The HVAC system is a cooling system that is used to control temperature, humidity and air pressure to be lower than the ambient temperature to achieve the desired conditions. Water cooled chiller is a refrigeration machine that uses cold water as an indirect cooling system. The first step in planning the HVAC system is to calculate the cooling load in the building's room to find out whether the capacity of the chiller cooling system can handle the cooling load or not. In this study, the calculation of the cooling load using the CLTD (Cooling Load Temperature Difference) method. From the results of calculating the cooling load in building X, it shows an average total cooling load of 10.312.346,16 Btu/hr which is mostly generated from the internal load of the equipment, with a chiller capacity of 6.002.981,42 Btu/hr, and with the performance of the water cooled chiller in efficient conditions with an average COP value of 9,09.*

**Keywords :** *water cooled chiller, cooling load, chiller capacity, air conditioning system.*



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala kasih dan berkatNya sehingga penulis diberikan kesehatan dan keselamatan pada situasi pandemi saat ini serta dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**ANALISIS DAN PERHITUNGAN KAPASITAS WATER COOLED CHILLER MENGGUNAKAN FLUIDA R-134A PADA GEDUNG X**” dengan baik. Skripsi ini berisi tentang sistem refrigerasi pada *Water Cooled Chiller* yang digunakan untuk instalasi sistem pengkondisian udara serta menghitung kapasitas sistem pendingin dengan melakukan perhitungan beban pendingin yang dibutuhkan pada gedung X. Tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu sebagai salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar sarjana sesuai dengan kurikulum yang sudah penulis tempuh di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional ‘Veteran’ Jakarta.

Selama penulisan skripsi ini, penulis menyadari terdapat beberapa kekurangan dan kesalahan. Dan juga, penulisan skripsi ini dapat terwujud dengan baik karena telah banyak menerima bantuan, bimbingan, semangat, dukungan serta doa dari banyak pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus, atas kasih dan berkatNya sehingga penulis dimampukan dan dimudahkan untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Orangtua tercinta, Gaja Jekson Siahaan dan Rismauli Manurung yang senantiasa memberikan dukungan terbaiknya berupa materiil, moral, dan doa kepada penulis agar dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Serta yang selalu menjadi alasan bagi penulis untuk dapat menyelesaikan pendidikan dengan tepat waktu.
3. Kakak-kakak dan adik tersayang, Lamria Sarah Paulina Siahaan, Fransisca Angelica Siahaan dan Rachel Amanda Jesica Siahaan, yang selalu memberikan semangat, doa serta dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah bersedia membimbing dan meluangkan waktu, serta memberikan masukan

dan saran kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

5. Bapak Dr. James Julian, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah bersedia membantu dan meluangkan waktu, memberikan arahan serta nasihat kepada penulis sehingga penulis dapat mengerjakan skripsi ini dengan baik.
6. Bapak Budhi Martana, S.T., M.M.. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah bersedia membimbing dan meluangkan waktu, serta memberikan masukan dan saran kepada penulis pada masa perkuliahan.
7. Bapak Dr.Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin, beserta dosen dan karyawan Fakultas Teknik yang telah bersedia memberikan pengetahuan dan bantuan kepada penulis.
8. Bapak Ir. Reda Rizal, M.Si selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
9. Bapak Iqbal Syarif, Bapak Hanif Margono, Bapak Bill Sipangkar, Bapak Febrian Rifqy, dan segenap tim di lapangan pada proyek gedung X yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian serta pengambilan data untuk tugas akhir khususnya Bapak Bill Sipangkar, yang telah membimbing dan mengajarkan penulis selama melakukan penelitian.
10. Bapak Aulia, Bapak Bayhaqi, Pak Bagus dan segenap tim di Perusahaan pada Gedung X yang sangat banyak membantu penulis dalam mengambil dan mengolah data untuk dicantumkan pada penelitian penulis.
11. Eva Thalia Silaban, Apriani Sinaga, Gracia Hillary Panjaitan, Putri Angelica Tarigan, sahabat penulis yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis dalam penyusunan skripsi ini, yang selalu memberikan support, semangat serta doa terbaiknya kepada penulis.
12. Christina Sibarani, Cindy Ritonga, Josua Rajagukguk, Putri Rajagukguk, Trivena Rajagukguk, Ruth Simatupang, Sherina Manalu, Yosafat Simamora, serta teman-teman Pemuda (Naposo) Gereja penulis yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis dalam penyusunan skripsi ini, yang mengajak penulis ke tempat tongkrongan saat penulis terkadang jenuh menyelesaikan penelitian, yang selalu memberikan support, semangat serta doa terbaiknya kepada penulis.

13. Rekan seperjuangan OPTIMIS 2018, yang telah memberikan cerita serta tawa kepada penulis selama masa perkuliahan.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang dengan tulus ikhlas membantu dan menemani penulis selama perkuliahan maupun penelitian.
15. Serta tak lupa berterimakasih kepada diri saya sendiri, yang seringkali mengeluh dan ingin menyerah akan beratnya proses penulisan penelitian ini, namun tetap memilih bertahan dan berjuang sampai berada di titik ini. Terimakasih karena telah menyelesaikan semua ini dengan baik dan luar biasa.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, 20 Juni 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRAC</i> .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1. 1 Latar Belakang .....	1
1. 2 Rumusan Masalah .....	3
1. 3 Batasan Masalah .....	3
1. 4 Tujuan Penelitian .....	3
1. 5 Manfaat .....	4
1. 6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2. 1 Tata Udara .....	6
2. 2 Refrigerant .....	6
2.2.1 Siklus Refrigerasi .....	9
2.2.2 Diagram Refrigerasi .....	9
2. 3 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap ( <i>Vapor Compression Refrigeration</i> ) ....	10
2.3.1 Siklus Kompresi Uap Standar (Teoritis) .....	10
2. 4 Sistem Pengkondisian Udara .....	12
2. 5 Komponen Sistem Pengkondisian Udara Sentral .....	14
2.5.1 <i>Water Cooled Chiller</i> .....	14

2.5.2	<i>Cooling Tower</i> (Menara Pendingin)	15
2.5.3	<i>Air Handling Unit</i> (AHU)	15
2.5.4	<i>Fan Coil Unit</i> (FCU)	15
2.6	Komponen <i>Water Cooled Chiller</i>	16
2.6.1	Kompresor Sentrifugal	16
2.6.2	Kondensor (Water Cooled Condenser)	17
2.6.3	Katup Ekspansi Termostatik	18
2.6.4	Evaporator	18
2.7	Skema <i>Water Cooled Chiller</i>	16
2.8	Kinerja <i>Water Cooled Chiller</i>	16
2.8.1	Efek Refrigerasi (ER)	20
2.8.2	Kerja Kompresor	20
2.8.3	Coefficient of Performance (COP)	20
2.9	Beban Pendingin ( <i>Cooling Load</i> )	22
2.9.1	Pengertian	22
2.9.2	Metode & Faktor Perhitungan Beban Pendingin	22
2.9.3	Beban Kalor dan Sistem Penyejukan Udara	23
2.10	Perhitungan Kapasitas Mesin Pendingin <i>Chiller</i>	29
2.11	Hubungan antara Kapasitas Chiller dengan Total Beban Pendinginan	30
BAB 3 METODE PENELITIAN		31
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2	Prosedur Penelitian	31
1.	Studi Literatur	31
2.	Pengambilan Data	31
3.	Pengolahan Data	32
4.	Perhitungan Nilai COP	35
5.	Perhitungan Total Beban Pendingin	35
6.	Perhitungan Kapasitas	35
7.	Analisis Hasil dan Pembahasan	35
8.	Kesimpulan Penelitian	35
3.3	Ruang Perencanaan Pendingin	36
3.4	Diagram Alir Penelitian	37

3. 5 Spesifikasi Mesin .....	38
3. 6 Data Aktual .....	38
3. 7 Data Perhitungan .....	39
BAB 4 HASIL & PEMBAHASAN .....	40
4. 1 Pengambilan Data .....	40
4. 2 Pengolahan Data .....	40
4. 3 Kinerja <i>Water Cooled Chiller</i> .....	41
4.3.1 Hasil Efek Refrigerasi .....	42
4.3.2 Hasil Kerja Kompresor (Wk) .....	42
4.3.3 <i>Coefficient of Performance</i> (COP) .....	43
4. 4 Analisa Kinerja dari <i>Water Cooled Chiller</i> .....	44
4. 5 Analisa Perbandingan Temperatur <i>Ambient</i> Terhadap <i>Coefficient of Performance</i> (COP) .....	45
4. 6 Data Fisik Ruangan .....	45
4.6.1 Data Geografis Gedung X .....	46
4. 7 Material Konstruksi Gedung X .....	54
4. 8 Perhitungan Beban Pendingin ( <i>Cooling Load</i> ) .....	57
4.8.1 Perhitungan Beban Pendingin Eksternal Gedung X (Sensibel) .....	57
4.8.2 Perhitungan Beban Pendingin Internal Gedung X (Laten) .....	62
4. 9 Total Beban Pendingin ( <i>Cooling Load</i> ) .....	72
4. 10 Perhitungan Kapasitas Beban Pendingin Gedung X .....	73
4. 11 Analisis Hasil .....	75
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	76
5. 1 Kesimpulan .....	76
5. 2 Saran .....	77
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Refrigerant R-134a .....	6
Gambar 2. 2 Kaitan antara Bidang-bidang Refrigerasi dan Pengkondisian Udara .	7
Gambar 2. 3 Diagram p-h dari R-134a.....	9
Gambar 2. 4 Diagram Tekanan-Entalpi Siklus Kompresi Uap .....	10
Gambar 2. 5 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap .....	11
Gambar 2. 6 Water Cooled Chiller .....	14
Gambar 2. 7 <i>Cooling Tower</i> .....	15
Gambar 2. 8 <i>Air Handling Unit (AHU)</i> .....	15
Gambar 2. 9 <i>Fan Coil Unit (FCU)</i> .....	16
Gambar 2. 10 Kompresor Sentrifugal.....	17
Gambar 2. 11 Watercooled Condensor .....	17
Gambar 2. 12 Katup Ekspansi Termostatik .....	18
Gambar 2. 13 Evaporator .....	18
Gambar 2. 14 Skema Water Cooled Chiller.....	19
Gambar 3. 1 Monitor BMS <i>Chiller</i> .....	32
Gambar 3. 2 <i>Dashboard</i> pada <i>Chiller</i> .....	32
Gambar 3. 3 Menu <i>Refrigeration Utilies</i> .....	33
Gambar 3. 4 Pemilihan Jenis Refrigerant .....	33
Gambar 3. 5 Tahap Pemasukkan Data pada Layar Monitor <i>Chiller</i> .....	34
Gambar 3. 6 Memasukkan Data Nilai Entalpi Pada Software <i>Coolpack</i> .....	34
Gambar 3. 7 Tabel <i>Coordinates of Point</i> .....	34
Gambar 3. 8 <i>Chiller Plan Room</i> .....	36
Gambar 3. 9 Diagram Alir.....	37
Gambar 3. 10 HTC-1 <i>Digital Hygrometer Temperature</i> .....	38
Gambar 4. 1 Diagram p-h R-134a dengan Data Entalpi pada Gedung X.....	41
Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan COP Terhadap Waktu Pada <i>Chiller</i> .....	44
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Temperatur <i>Ambient</i> Terhadap COP .....	45
Gambar 4. 4 Grafik Total Beban Keseluruhan Dalam Kurun Waktu 4 Minggu... 73	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai ODP Dan GWP Beberapa Jenis Refrigerant .....	9
Tabel 2. 2 Kriteria Temperatur Untuk Kondisi Nyaman .....	13
Tabel 2. 3 Persyaratan Fisik Dalam Ruangan .....	13
Tabel 2. 4 Persyaratan Kontaminan Biologi Dalam Ruangan.....	13
Tabel 2. 5 Persyaratan Kimia Dalam Ruangan .....	14
Tabel 2. 6 Klasifikasi Efisiensi <i>Chiller</i> Berdasarkan Nilai COP.....	21
Tabel 3. 1 Spesifikasi <i>Water Cooled Chiller</i> .....	38
Tabel 4. 1 Ringkasan Data <i>Water Cooled Chiller</i> dalam Waktu 4 Minggu .....	40
Tabel 4. 2 Data Nilai Entalpi pada <i>Chiller</i> .....	41
Tabel 4. 3 Nilai Efek Refrigerasi .....	42
Tabel 4. 4 Nilai Kerja Kompresor .....	43
Tabel 4. 5 Nilai <i>Coefficient of Performance</i> .....	43
Tabel 4. 6 Data Ruangan Pada Gedung X.....	46
Tabel 4. 7 Dimensi Ruangan .....	46
Tabel 4. 8 Material dan Hambatan Termal Atap .....	54
Tabel 4. 9 Material dan Hambatan Termal Dinding .....	54
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Nilai CLTD pada Tiap Arah Dinding.....	55
Tabel 4. 11 Material dan Hambatan Termal Jendela .....	55
Tabel 4. 12 Material dan Hambatan Termal Pintu .....	56
Tabel 4. 13 Material dan Hambatan Termal Lantai.....	56
Tabel 4. 14 Jumlah Penghuni pada Gedung X .....	62
Tabel 4. 15 Beban dari Pencahayaan ( <i>Lighting</i> ).....	63
Tabel 4. 16 Beban Peralatan pada Basement 2.....	68
Tabel 4. 17 Beban Peralatan pada Basement 1.....	68
Tabel 4. 18 Beban Peralatan pada Ground Floor (GF) .....	69
Tabel 4. 19 Beban Peralatan pada Lantai 1 (L1) .....	69
Tabel 4. 20 Beban Peralatan pada Lantai 2 (L2) .....	70
Tabel 4. 21 Total Beban Peralatan pada Gedung X.....	71
Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan Total Beban Pendingin Ruangan .....	72
Tabel 4. 23 Perhitungan Sifat Termodinamika Air .....	74



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai SHG Dan LHG Untuk Kalor Dari Penghuni Ruangan

Lampiran 2. Nilai CLF Untuk Kalor Dari Penghuni Ruangan

Lampiran 3. Nilai CLF Untuk Kalor Dari Pencahayaan (*Lighting*)

Lampiran 4. Salah Satu Ukuran Material Dari Pintu

Lampiran 5. Spesifikasi *Lighting*

Lampiran 6. Proses Pengambilan Data

Lampiran 7. Proses Pengolahan Data

Lampiran 8. Estimasi Konsumsi Energi Listrik dan Pembiayaan Listrik