

**ANALISIS PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN PADA RUANG
LOCKER HANGAR 3 PT. GMF AEROASIA
DENGAN METODE CLTD**



FIRHAN ADJI MUHAMMAD
NIM: 41320110040

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2022

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN PADA RUANG
LOCKER HANGAR PT. GMF AEROASIA
DENGAN METODE CLTD



Disusun oleh:

Nama : Firhan Adji Muhammad
NIM : 41320110040
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
MARET 2022

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN
PADA RUANG *LOCKER* HANGAR 3 PT. GMF AEROASIA
DENGAN METODE CLTD

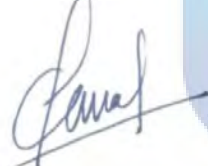
Disusun oleh:

Nama : Firhan Adji Muhammad
NIM : 41320110040
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 21 Juli 2022

Telah dipertahankan di depan penguji,

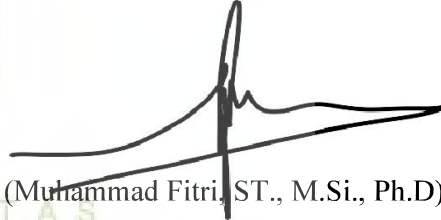
Pembimbing TA



(Dr. Nanang Ruhyat, S.T, M.T)

NIK/NIP. 101730256

Penguji Sidang I



(Muhammad Fitri, ST., M.Si., Ph.D)

NIK/NIP. 118690617

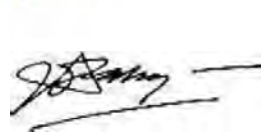
Penguji Sidang II



(Ir. Dadang Suhendra Permana, M.Si)

NIK/NIP: 612650444

Penguji Sidang III

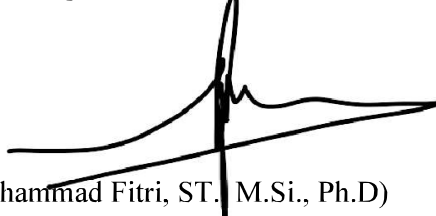


(Agung Wahyudi Biantoro, ST., MM., M.T)

NIK/NIP: 609690021

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin



(Muhammad Fitri, ST., M.Si., Ph.D)

NIK/NIP. 118690617

Koordinator TA



(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)

NIK/NIP. 216910097

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Firhan Adji Muhammad
NIM : 41320110040
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Analisis Perhitungan Beban Pendingin pada Ruang *Locker*
Hangar 3 PT. GMF AEROASIA Dengan Metode CLTD

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 21 Juli 2022



(Firhan Adji Muhammad)

PENGHARGAAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, shalawat dan salam tidak lupa saya ucapkan kepada baginda Rasullullah SAW beserta keluarga, para sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata 1 Teknik Mesin Universitas Mercu Buana. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan laporan akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Muhamad Fitri, Ph.D, selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin
2. Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng, selaku Sekretaris Program Studi dan Koordinator Tugas Akhir
3. Gian Villany Golwa, ST., MT, selaku Koordinator Laboratorium Program Studi Teknik Mesin
4. Bapak Nanang Ruhyat, ST., MT, selaku pembimbing Tugas Akhir
5. Kedua orang tua yang selalu mensupport lewat doa demi terselesaikannya tugas akhir ini
6. Teman – teman seperjuangan Teknik mesin yang selalu saling support agar bisa lulus bersama

Masih banyak lagi pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak tersebut. ...

Jakarta, 21 Juli 2022



(Firhan Adji Muhammad)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	3
1.4. MANFAAT	4
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. KAJIAN PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2. PENGKONDISIAN UDARA	12
2.3. JENIS-JENIS SISTEM PENGKONDISIAN UDARA	13
2.3.1. Sistem Ekspansi Langsung	13
2.3.2. Sistem Air Penuh	13
2.3.3. Sistem Udara Penuh	14
2.3.4. Sistem Air-Udara	15

2.4.	PRINSIP SISTEM PENGKONDISIAN UDARA	16
2.5.	SIKLUS PENDINGIN	18
2.5.1.	Evaporasi (Penguapan)	19
2.5.2.	Kompresi	19
2.5.3.	Kondensasi (Pengembunan)	20
2.5.4.	Ekspansi	20
2.6.	PERPINDAHAN PANAS	21
2.6.1.	Perpindahan Panas Secara Konduksi	21
2.6.2.	Perpindahan Panas Secara Konveksi	23
2.6.3.	Perpindahan Panas Sedara Radiasi	24
2.7.	DASAR PENDINGINAN RUANGAN	24
2.7.1.	Kompresor	25
2.7.2.	Kondensor	25
2.7.3.	Katup Ekspansi	26
2.7.4.	Evaporator	27
2.8.	BEBAN PENDINGIN	28
2.9.	BEBAN PENDINGIN RUANGAN	29
2.9.1.	Kalor Sensibel Penerangan	31
2.9.2.	Kalor Sensibel Atap	32
2.9.3.	Kalor Sensibel Manusia	34
2.9.4.	Kalor Sensibel Peralatan	35
2.9.5.	Kalor Sensibel Dinding	36
2.9.6.	Kalor Sensibel Pintu dan Lantai	39
2.9.7.	Kalor Sensibel Infiltrasi	39
2.9.8.	Beban Kalor Tersimpan Ruangan dengan Penyegaran Udara	40
2.9.9.	Jumlah Kalor Sensibel daerah Perimeter (Tepi)	40
2.9.10.	Beban Kalor Laten Derah Perimeter (Tepi)	41

2.9.11.	Total Beban Kalor Sensibel Interior	41
2.9.12.	Beban Kalor Laten Daerah Interior	42
2.9.13.	Total Beban Pendingin Ruangan	42
2.10.	PERHITUNGAN EFISIENSI MESIN PENDINGIN	42
2.11.	<i>PSYCHOMETRICS</i>	43
2.12.	KENYAMANAN THERMAL	46
2.13.	UDARA	48
2.14.	METODE CLTD (<i>COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCE</i>)	48
2.15.	STANDAR ASHRAE	49
2.16.	LAMPU <i>TUBE LUMINESCENT</i> (FLUORESCENT LAMP)	49
2.17.	<i>LIGHT EMITING DIODE</i> (LED)	50
2.18.	PERHITUNGAN EFISIENSI LAMPU RUANG <i>LOCKER</i>	51
2.19.	AUDIT ENERGI	52
BAB III	METODOLOGI	56
3.1.	DIAGRAM ALIR	56
3.1.2.	Diagram Alir Pengambilan Data	57
3.1.3.	Diagram Alir Proses Analisis Perhitungan	58
3.2.	ALAT DAN BAHAN	59
3.2.1.	Alat Penelitian	59
3.2.2.	Bahan Penelitian	61
3.3.	METODE PENGUMPULAN DATA	62
3.4.	LANGKAH PENELITIAN	62
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	64
4.1.	DATA RUANG <i>LOCKER</i>	64
4.1.1.	<i>Layout Ruang Locker</i>	64

4.1.2.	Fungsi Dan Luas Area Ruang <i>Locker</i>	65
4.2.	HASIL PENGUKURAN TEMPERATUR RUANG <i>LOCKER</i>	66
4.2.1.	Hasil Pengukuran Temperature Bola Kering Ruang <i>Locker</i>	66
4.2.2.	Hasil Pengukuran Kelembaban Relatif Ruang <i>Locker</i>	66
4.3.	PERHITUNGAN BEBAN PENDNGIN	67
4.3.1.	Beban Kalor Sensibel Daerah Perimeter (Tepi)	67
4.3.2.	Beban Kalor Laten Daerah Perimeter (Tepi)	73
4.3.3.	Beban Kalor Sensibel Daerah Interior	73
4.3.4.	Beban Kalor Laten Daerah Interior	77
4.3.5.	Total Beban Pendingin Ruang <i>Locker</i>	77
4.3.6.	Ringkasan dan Analisis Perhitungan	79
4.4.	ANALISIS PELUANG EFISIENSI	80
4.4.1.	Peluang Efisiensi dari Pendingin	80
4.4.2.	Peluang Efisiensi dari Penerangan	86
4.5.	ANALISIS KONSUMSI ENERGI RUANG <i>LOCKER</i> HANGAR 3	96
4.5.1.	Perhitungan Indeks Konsumsi Energi Ruang <i>Locker</i>	96
BAB V	PENUTUP	97
5.1.	KESIMPULAN	97
5.2.	SARAN	98
	DAFTAR PUSTAKA	99
	LAMPIRAN	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pengondisian Udara Ruang	12
Gambar 2.2. Sistem Ekspansi Langsung	13
Gambar 2.3. Sistem Air Penuh	14
Gambar 2.4. Sistem Udara Penuh	14
Gambar 2.5. Sistem Air-Udara	15
Gambar 2.6. ASHRAE <i>Comfort Zone</i>	16
Gambar 2.7. Skema Sistem Pengondisian Udara	17
Gambar 2.8. Siklus Pendingin	19
Gambar 2.9. Perpindahan Kalor	21
Gambar 2.10. Skema Rangkaian Sistem Pendingin	24
Gambar 2.11. Kompresor	25
Gambar 2.12. Kondensor	25
Gambar 2.13. Katup Ekspansi	26
Gambar 2.14. Evaporator	28
Gambar 2.15. Beban Pendingin	29
Gambar 2.16. Beban Kalor Pada Ruangan	30
Gambar 2.17. <i>Psychometric Chart</i>	44
Gambar 2.18. Kenyamanan Thermal	46
Gambar 2.19. Lampu <i>Tube Luminescent</i>	49
Gambar 2.20. Lampu <i>Tube LED</i>	50
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	56
Gambar 3.2. Diagram Alir Pengambilan Data	57
Gambar 3.3. Diagram Alir Proses Analisis Perhitungan	58
Gambar 3.4. Digital Temperature and Hygrometer	59
Gambar 3.5. Meteran <i>Roll</i>	59
Gambar 3.6. Lux Meter	60
Gambar 3.7. Laptop ASUS M409-DA	60
Gambar 3.8. <i>Xiaomi Redmi Note 10 Pro</i>	61
Gambar 4.1. Layout Ruang <i>Locker</i>	64
Gambar 4.2. Lapisan Dinding	69

Gambar 4.3. Distribusi Beban Pendingin di ruang <i>Locker</i> Hangar 3	80
Gambar 4.4. Perbandingan Maksimum Pencahayaan di Ruang <i>Locker</i>	90



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kajian Penelitian Terhadulu	6
Tabel 2.2. Tahanan Kalor dan Kapasitas Kalor dari Bahan Bangunan	22
Tabel 2.3. Tahanan Kalor dan Kapasitas Kalor dari Bahan Bangunan (Lanjutan)	23
Tabel 2.4. Faktor Koefisien Transmisi Kalor Peralatan Listrik per 1kW	32
Tabel 2.5. Koefisien Transmisi Kalor dari Atap	33
Tabel 2.6. Faktor Koefisien Manusia dan Faktor Kelompok	34
Tabel 2.7. Koefisien Transmisi Kalor Jendela	36
Tabel 2.8. Faktor Transmisi Jendela	36
Tabel 2.9. Koefisien Transmisi Kalor Dinding	38
Tabel 2.10. Temperatur Ekivalen Radiasi Matahari	38
Tabel 2.11 Hambatan Kalor Permukaan	39
Tabel 2.12. Jumlah Pergantian Ventilasi	40
Tabel 2.13. Kriteria IKE Standar di Bangunan Gedung Perkantoran Pemerintah	54
Tabel 3.1. <i>Detail List Tools</i> Pengukuran untuk Penelitian	63
Tabel 4.1. Data Ruang <i>Locker</i>	65
Tabel 4.2. Temperatur Bola Kering di Ruang <i>Locker</i>	66
Tabel 4.3. Kelembaban <i>Relative</i> Ruang <i>Locker</i>	67
Tabel 4.4. Area Dimensi Ruang <i>Locker</i>	68
Tabel 4.5. Data Dinding Ruang <i>Locker</i>	69
Tabel 4.6. Data Kaca Jendela Ruang <i>Locker</i>	70
Tabel 4.7. Data Pintu Ruang <i>Locker</i>	74
Tabel 4.8. Data Fasilitas Elektronik Ruang <i>Locker</i>	76
Tabel 4.9. Data Kapasitas Mesin Pendingin di Ruang <i>Locker</i>	78
Tabel 4.10. Ringkasan Perhitungan Beban Pendingin Ruang <i>Locker</i> Hangar 3	79
Tabel 4.11. Spesifikasi Mesin Pendingin Ruang <i>Locker</i> Hangar 3	81
Tabel 4.12. spesifikasi rekomendasi AC Pengganti untuk Ruang <i>Locker</i> Hangar 3	83
Tabel 4.13. Spesifikasi AC Tambahan Ruang <i>Locker</i> Hangar 3	83
Tabel 4.14. Biaya Pembelian AC Split Tipe Low Watt	85
Tabel 4.15. Perbandingan Intensitas Pencahayaan Rata-Rata Ruang <i>Locker</i>	87
Tabel 4.16. Perbandingan Intensitas Cahaya Penerangan Ruang <i>Locker</i>	88

Tabel 4.17. Distribusi Lampu Penerangan Ruang <i>Locker</i>	88
Tabel 4.18. Perbandingan Maksimum Daya Lampu Ruang <i>Locker</i>	89
Tabel 4.19. Perbandingan Nilai Daya Pencerahan Maksimum Ruang <i>Locker</i>	90
Tabel 4.20. Data Lampu Aktual Ruang <i>Locker</i>	91
Tabel 4.21. Data Lampu Rekomendasi Ruang <i>Locker</i>	92
Tabel 4.22. Biaya Penggantian Lampu di Ruang <i>Locker</i>	94



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
A	Luas Area [m^2]
ETD	<i>Equivalent Temperature Difference</i> [$^{\circ}C$]
K	Koefisien Transmisi Kalor [$kcal/m^2.h.^{\circ}C$]
\dot{m}	Laju aliran massa refrigerant [kJ/s]
n	Jumlah Peralatan
η	Efisiensi Konsumsi Daya Listrik [%]
P	Kapasitas Daya Peralatan [Watt]
Q	Panas yang mengalir [$kcal/h$]
R	Tahanan Kapasitas Kalor [$m^2h^{\circ}/kcal$]
R _{si}	Tahanan perpindahan kalor dari lapisan permukaan dalam [$m^2h^{\circ}/kcal$]
R _{so}	Tahanan perpindahan kalor dari lapisan permukaan luar [$m^2h^{\circ}/kcal$]
ΔT	Selisih temperatur dalam dan luar ruangan [$^{\circ}C$]
v	Volume Area [m^3]
V	Volume Spesifik [m^3/kg]

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
AC	<i>Air Conditioning</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers</i>
Btu	<i>British Thermal Unit</i>
Btu/h	<i>British Thermal Unit per Hour</i>
CLTD	<i>Cooling Load Temperature Difference</i>
ETD	<i>Equivalent Temperature Difference</i>
GMF	<i>Garuda Maintenance Facility</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
TL	<i>Tube Luminescent</i>
PK	<i>Paardekracht</i>



UNIVERSITAS
MERCU BUANA