

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS KEBUTUHAN BEBAN PENDINGIN DAN KONDISI UDARA IDEAL
PADA RUANG ISOLASI DI RUMAH SAKIT “X” DENGAN METODE CLTD
(*COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCE*)



Disusun oleh:

Nama : Innes Muthiah Annindita
NIM : 41320120040
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
JANUARI 2023

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KEBUTUHAN BEBAN PENDINGIN DAN KONDISI UDARA IDEAL PADA RUANG ISOLASI DI RUMAH SAKIT “X” DENGAN METODE CLTD (*COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCE*)

Disusun oleh:

Nama : Innes Muthiah Annindita
NIM : 41320120040
Program Studi : Teknik Mesin


Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 19 Januari 2023

Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA


Penguji Sidang I

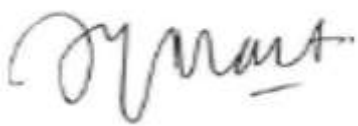

Dr. Nanang Ruhyat, ST., M.T
NIP. 101730256


Dr. Abdul Hamid, B.Eng., M. Eng
NIP. 190460031

Penguji Sidang II

Penguji Sidang III

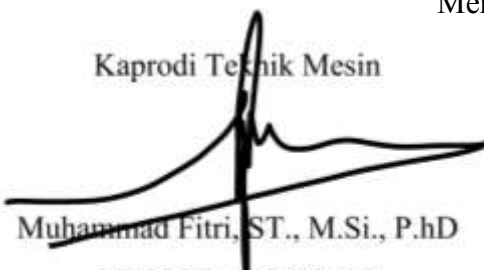

Rikko Putra Youlia, ST., M. Eng
NIP. 120930671

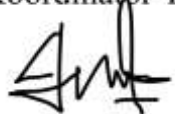

Dra. I Gusti Ayu Arwati, M.T., Ph. D
NIP. 197580672

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin

Koordinator TA


Muhammad Fitri, ST., M.Si., P.hD
NIK/NIP. 118690617


Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T
NIP. 221900211

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Innes Muthiah Annindita

NIM : 41320120040

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Kebutuhan Beban Pendingin dan Kondisi Udara Ideal pada Ruang Isolasi di Rumah Sakit “X” dengan Metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*)

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.

MERCU BUANA

Jakarta, Januari 2023



Handwritten signature of Innes Muthiah Annindita.

Innes Muthiah Annindita

PENGHARGAAN

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis masih diberi kesempatan untuk menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada panutan kita semua, Nabi Muhammad S.A.W. beserta keluarganya, sahabatnya, alim ulama, dan kita semua selaku umatnya hingga akhir jaman. Aamiin.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis mendapat bimbingan dan arahan dari semua pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Muhamad Fitri, Ph. D, selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin.
2. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M. Eng, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin.
3. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin.
4. Bapak Gian Villany Golwa, ST., MT, selaku Koordinator Laboratorium Program Studi Teknik Mesin.
5. Bapak Dr. Nanang Ruhyat, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pengetahuan untuk membimbing saya juga selalu memberi motivasi dalam pengerjaan laporan ini.
6. Semua dosen Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Meruya yang telah membantu dan memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Bapak Boedi Fadillah dan Ibu Moesri Oetami, papa dan mama tercinta yang telah memberikan kasih sayang, motivasi, do'a, dan dorongan secara imateriil dan spiritual.
8. Seluruh keluarga dan sahabat tersayang yang telah memberi semangat dan motivasi kepada penulis.
9. Dan semua rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin yang saling membantu agar kita saling semangat dan bisa lulus bersama di tahun ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga dengan selesainya penyusunan laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi para pembaca, nusa bangsa, maupun bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

“Skripsi ini aku persembahkan untuk mereka yang selalu mendorongku untuk terus mencoba hingga berhasil menyelesaikan deretan tulisan yang penuh perjuangan ini.

Tanpa mereka aku tak akan pernah berhasil karena mustahil untuk berjuang sendiri.”



Jakarta, Januari 2023

Innes Muthiah Annindita

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN	3
1.4. MANFAAT	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2 PENGERTIAN UMUM PENGONDISIAN UDARA	7
2.3 PENGERTIAN BEBAN PENDINGINAN	8
2.4 METODE CLTD	8
2.2.1. Beban Kalor yang Berasal dari Luar Ruangan	9
2.2.2. Penambahan Kalor dari Dalam Ruangan yang Dikondisikan	13
2.2.3. Beban Infiltrasi dan Beban Ventilasi	15
2.2.4. Beban Pendinginan Total	17
2.5 PSIKROMETRI	19
2.6 KLASIFIKASI RUANG ISOLASI PADA RUMAH SAKIT	24
2.7 KUALITAS UDARA	28

BAB III	METODOLOGI	30
3.1	DIAGRAM ALIR PERHITUNGAN	30
3.2	ALAT DAN BAHAN	32
	3.2.1 Alat Penelitian	32
	3.2.2 Bahan Penelitian	33
3.3	DATA PENELITIAN	38
BAB IV	PERHITUNGAN DAN HASIL PEMBAHASAN	42
4.1	PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN	42
4.2	PERHITUNGAN NILAI CLTD <i>CORRECTED</i>	43
4.3	PERHITUNGAN NILAI SHGF DAN CLF	47
4.4	PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN RUANG ISOLASI INDIVIDU	47
	4.4.1 Beban Konduksi Melalui Dinding Luar	47
	4.4.2 Beban Kalor Melalui Partisi	49
	4.4.3 Beban Konduksi Melalui Atap Luar	50
	4.4.4 Beban Konduksi Melalui Kaca Luar	50
	4.4.5 Beban Radiasi Melalui Kaca Luar	52
	4.4.6 Beban Panas dari Penghuni	53
	4.4.7 Beban Panas dari Pencahayaan	54
	4.4.8 Beban Panas dari Peralatan	54
	4.4.9 Beban Infiltrasi	55
	4.4.10 Beban Ventilasi	56
	4.4.11 Total Beban Pendinginan Ruang Isolasi Individu	57
4.5	PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN RUANG ISOLASI BAYI	59
	4.5.1 Beban Konduksi Melalui Dinding Luar	59
	4.5.2 Beban Kalor Melalui Partisi	60
	4.5.3 Beban Konduksi Melalui Kaca Luar	61
	4.5.4 Beban Radiasi Melalui Kaca Luar	61
	4.5.5 Beban Panas dari Penghuni	62
	4.5.6 Beban Panas dari Pencahayaan	62
	4.5.7 Beban Panas dari Peralatan	63
	4.5.8 Beban Infiltrasi	63

4.5.9	Beban Ventilasi	64
4.5.10	Total Beban Pendinginan Ruang Isolasi Bayi	65
4.6	PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN RUANG IGD ISOLASI	67
4.6.1	Beban Konduksi Melalui Dinding Luar	67
4.6.2	Beban Kalor Melalui Partisi	68
4.6.3	Beban Konduksi Melalui Kaca Luar	69
4.6.4	Beban Radiasi Melalui Kaca Luar	69
4.6.5	Beban Panas dari Penghuni	70
4.6.6	Beban Panas dari Pencahayaan	70
4.6.7	Beban Panas dari Peralatan	71
4.6.8	Beban Infiltrasi	71
4.6.9	Beban Ventilasi	72
4.6.10	Total Beban Pendinginan Ruang IGD Isolasi	73
4.7	ANALISIS PSIKROMETRI	75
4.8	PEMBAHASAN	78
BAB V	KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	83
5.1.	KESIMPULAN	83
5.2.	REKOMENDASI	83
	DAFTAR PUSTAKA	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Psikrometrik / <i>Psychrometric Chart</i>	20
Gambar 2. 2 Sketsa Proses Pencampuran Udara	23
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Proses Perhitungan Beban Pendinginan	30
Gambar 3. 2 Konstruksi Dinding	33
Gambar 3. 3 <i>Layout</i> Ruang Isolasi Individu	39
Gambar 3. 4 <i>Layout</i> Jendela dan Pintu Ruang Isolasi Individu	39
Gambar 3. 5 <i>Layout</i> Ruang Isolasi Bayi	40
Gambar 3. 6 <i>Layout</i> Jendela dan Pintu Ruang Isolasi Bayi	40
Gambar 3. 7 <i>Layout</i> Ruang IGD Isolasi	41
Gambar 3. 8 <i>Layout</i> Jendela dan Pintu Ruang IGD Isolasi	41
Gambar 4. 1 Grafik Total Beban Pendingin R. Isolasi Individu terhadap Variasi ACH	79
Gambar 4. 2 Grafik Total Beban Pendingin R. Isolasi Bayi terhadap Variasi ACH	80
Gambar 4. 3 Grafik Total Beban Pendingin R. IGD terhadap Variasi ACH	80
Gambar 4. 4 <i>Psychrometric Chart</i> R. Isolasi Individu (ACH: 12)	81
Gambar 4. 5 <i>Psychrometric Chart</i> R. Isolasi Bayi (ACH: 12)	82
Gambar 4. 6 <i>Psychrometric Chart</i> R. IGD Isolasi (ACH: 12)	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2. 2 <i>Typical Allowable Design Air Infiltration Rates Through Exterior Windows and Doors</i>	16
Tabel 2. 3 Efek <i>Air Change Rate</i> pada Penghapusan Partikel	29
Tabel 2. 4 Pergantian Udara per Jam di Beberapa Ruang Rumah Sakit	29
Tabel 3. 1 Alat Penelitian	32
Tabel 3. 2 Konstruksi Bahan Dinding	34
Tabel 3. 3 Konstruksi Bahan Dinding Partisi	34
Tabel 3. 4 Konstruksi Bahan Ceiling/Lantai Partisi	35
Tabel 3. 5 Konstruksi Kaca	35
Tabel 3. 6 Konstruksi Atap	35
Tabel 3. 7 Beban Panas pada Beberapa Peralatan Medis	36
Tabel 3. 8 Jumlah Peralatan	37
Tabel 3. 9 Penyesuaian Arah Mata Angin	38
Tabel 4. 1 Nilai CLTD untuk Dinding	43
Tabel 4. 2 Nilai <i>Latitude & Month</i> untuk Dinding	44
Tabel 4. 3 Nilai K Warna Dinding	44
Tabel 4. 4 Tabel $CLTD_{corr}$ Dinding Luar	44
Tabel 4. 5 Nilai CLTD untuk Atap	45
Tabel 4. 6 Nilai K Warna Atap	45
Tabel 4. 7 Nilai F Beban Atap	46
Tabel 4. 8 Tabel $CLTD_{corr}$ Atap Luar	46
Tabel 4. 9 Nilai CLTD untuk Kaca	46
Tabel 4. 10 Nilai CHGF & CLF Kaca Luar	47
Tabel 4. 11 Beban Konduksi Melalui Dinding Luar R. Isolasi Individu	48
Tabel 4. 12 <i>Summary</i> Beban Konduksi Melalui Dinding Luar R. Isolasi Individu	48
Tabel 4. 13 Tabel Beban Partisi Ruang Isolasi Individu	49
Tabel 4. 14 Beban Konduksi Melalui Atap Luar R. Isolasi Individu	50
Tabel 4. 15 Beban Konduksi Melalui Kaca Luar R. Isolasi Individu	51
Tabel 4. 16 <i>Summary</i> Beban Konduksi Melalui Kaca Luar R. Isolasi Individu	51
Tabel 4. 17 Beban Radiasi Melalui Kaca Luar R. Isolasi Individu	52

Tabel 4. 18 <i>Summary</i> Beban Konduksi Melalui Kaca Luar R. Isolasi Individu	53
Tabel 4. 19 Total Beban Panas dari Penghuni R. Isolasi Individu	54
Tabel 4. 20 Total Beban Panas dari Pencahayaan (Lampu) R. Isolasi Individu	54
Tabel 4. 21 Total Beban Panas dari Peralatan R. Isolasi Individu	55
Tabel 4. 22 Beban Infiltrasi Ruang Isolasi Individu	56
Tabel 4. 23 Beban Ventilasi dengan Variasi ACH R. Isolasi Individu	57
Tabel 4. 24 Total Beban Pendingin R. Isolasi Individu (ACH 12)	57
Tabel 4. 25 Total Beban Pendingin R. Isolasi Individu (ACH 15)	58
Tabel 4. 26 Total Beban Pendingin R. Isolasi Individu (ACH 18)	59
Tabel 4. 27 Beban Konduksi Melalui Dinding Luar R. Isolasi Bayi	60
Tabel 4. 28 Tabel Beban Partisi Ruang Isolasi Bayi	60
Tabel 4. 29 Beban Konduksi Melalui Kaca Luar R. Isolasi Bayi	61
Tabel 4. 30 Beban Radiasi Melalui Kaca Luar R. Isolasi Bayi	62
Tabel 4. 31 Total Beban Panas dari Penghuni R. Isolasi Bayi	62
Tabel 4. 32 Total Beban Panas dari Pencahayaan (Lampu) R. Isolasi Bayi	63
Tabel 4. 33 Total Beban Panas dari Peralatan R. Isolasi Bayi	63
Tabel 4. 34 Beban Infiltrasi Ruang Isolasi Bayi	64
Tabel 4. 35 Beban Ventilasi dengan Variasi ACH R. Isolasi Bayi	64
Tabel 4. 36 Total Beban Pendingin R. Isolasi Bayi (ACH 12)	65
Tabel 4. 37 Total Beban Pendingin R. Isolasi Bayi (ACH 15)	65
Tabel 4. 38 Total Beban Pendingin R. Isolasi Bayi (ACH 18)	66
Tabel 4. 39 Beban Konduksi Melalui Dinding Luar R. IGD Isolasi	67
Tabel 4. 40 <i>Summary</i> Beban Konduksi Melalui Udara Luar R. IGD Isolasi	68
Tabel 4. 41 Tabel Beban Partisi Ruang IGD Isolasi	68
Tabel 4. 42 Beban Konduksi Melalui Kaca Luar R. IGD Isolasi	69
Tabel 4. 43 Beban Radiasi Melalui Kaca Luar R. IGD Isolasi	70
Tabel 4. 44 Total Beban Panas dari Penghuni R. IGD Isolasi	70
Tabel 4. 45 Total Beban Panas dari Pencahayaan (Lampu) R. IGD Isolasi	71
Tabel 4. 46 Total Beban Panas dari Peralatan R. IGD Isolasi	71
Tabel 4. 47 Beban Infiltrasi Ruang IGD Isolasi	72
Tabel 4. 48 Beban Ventilasi dengan Variasi ACH R. IGD Isolasi	72
Tabel 4. 49 Total Beban Pendingin R. IGD Isolasi (ACH 12)	73
Tabel 4. 50 Total Beban Pendingin R. IGD Isolasi (ACH 15)	73

Tabel 4. 51 Total Beban Pendingin R. IGD Isolasi (ACH 18)	74
Tabel 4. 52 Nilai <i>Grand Total Heat Gain</i> R. Isolasi Individu	76
Tabel 4. 53 Total Debit Udara Catu R. Isolasi Individu	76
Tabel 4. 54 Nilai <i>Entering</i> dan <i>Supply Air Temperatur</i> R. Isolasi Individu	76
Tabel 4. 55 Nilai <i>Grand Total Heat Gain</i> R. Isolasi Bayi	77
Tabel 4. 56 Total Debit Udara Catu R. Isolasi Bayi	77
Tabel 4. 57 Nilai <i>Entering</i> dan <i>Supply Air Temperatur</i> R. Isolasi Bayi	77
Tabel 4. 58 Nilai <i>Grand Total Heat Gain</i> R. IGD Isolasi	78
Tabel 4. 59 Total Debit Udara Catu R. IGD Isolasi	78
Tabel 4. 60 Nilai <i>Entering</i> dan <i>Supply Air Temperatur</i> R. IGD Isolasi	78



DAFTAR SIMBOL

Singkatan	Keterangan
Q	Beban Pendingin (Btu/hr)
A	Luas Penampang (m ²)
ṁ	Laju Aliran Massa (lb/hr)
U	Koefisien Perpindahan Kalor (Btu/hr.ft ² . ⁰ F)
K	Koefisien Warna Dinding/Atap/Lantai
ΔT	Perbedaan Temperatur (⁰ F)
<i>f</i>	Faktor untuk Loteng/ <i>Ceiling</i>
n	Jumlah Orang
q _{s/p}	Beban Sensibel Per orang (Btu/hr)
q _{l/p}	Beban Laten Per orang (Btu/hr)
q _{in}	Daya total lampu (Watt)
T _r	Temperatur rancangan (⁰ F)
T _o	Temperatur udara luar (⁰ F)
T _{max}	Temperatur udara luar maksimal (⁰ F)
T _{min}	Temperatur udara luar minimal (⁰ F)
T _{dp}	Temperatur <i>Dew Point</i> (⁰ F)
F _u	Presentase Penggunaan Lampu
F _s	<i>Factor Ballast</i> Lampu
F _L	<i>Load Factor</i> Motor
V	Volume (m ³)
ω _R	Rasio Kelembapan Ruangan (lb/lb _{da})
ω _O	Rasio Kelembapan Udara Luar (lb/lb _{da})
Q _{sa}	Debit Udara Catu (CFM)
Q _{la}	Debit Udara Luar (CFM)
h	Entalphi (Btu/lb)

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
CLTD	<i>Cooling Load Temperature Difference</i>
CLTD _{corr}	<i>Cooling Load Temperature Difference Correction</i>
ROT	<i>Rule of Thumbs</i>
HVAC	<i>Heating, Ventilating, and Air Conditioning</i>
DB	<i>Dry Bulb</i>
LM	<i>Latitude-month</i>
ACH	<i>Air Change per Hour</i>
ERSH	<i>Effective Room Sensible Heat</i>
ERLH	<i>Effective Room Laten Heat</i>
ERTH	<i>Effective Room Total Heat</i>
ESHR	<i>Effective Room Heat Factor</i>
RSHG	<i>Room Sensible Heat Gain</i>
RLHG	<i>Room Laten Heat Gain</i>
RTHG	<i>Room Total Heat Gain</i>
RSHF	<i>Room Sensible Heat Factor</i>
OASH	<i>Outdoor Sensible Heat Gain</i>
OALH	<i>Outdoor Laten Heat Gain</i>
OATH	<i>Outdoor Air Total Heat</i>
GSH	<i>Grand Sensible Heat</i>
GLH	<i>Grand Laten Heat</i>
GTH	<i>Grand Total Heat</i>
GSHF	<i>Grand Sensible Heat Factor</i>
SHF	<i>Sensible Heat Factor</i>
V _{en}	<i>Ventilasi</i>
I _{nf}	<i>Infiltrasi</i>
WB	<i>Wet Bulb</i>
ADP	<i>Apparatus Dewpoint</i>
BF	<i>Bypass Factor</i>
CF	<i>Contact Factor</i>
dr	<i>Daily Range</i>

Singkatan	Keterangan
AC	<i>Air Conditioning</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
RH	<i>Relative Humidity</i>
SC	<i>Shading Coefficient</i>
SHGF	<i>Solar Heat gain Factor</i>
CLF	<i>Cooling Load Factor</i>
RA	<i>Room Air</i>
OA	<i>Outside Air</i>
EA	<i>Entering Air</i>
LA	<i>Leaving Air</i>

