

**ANALISIS BEBAN PENDINGINAN: STUDI KASUS PADA RUANG GYM  
DI GANDARIA HEIGHTS APARTMENT  
DENGAN *COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCE* DAN  
*TRANSFER FUNCTION METHOD***



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
UNIVERSITAS  
MUHAMMAD FATHURAHMAN  
NIM: 41319110009  
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2023**

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS BEBAN PENDINGINAN: STUDI KASUS PADA RUANG GYM  
DI GANDARIA HEIGHTS APARTMENT  
DENGAN *COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCE* DAN  
*TRANSFER FUNCTION METHOD*



Nama : Muhammad Fathurahman  
NIM : 41319110009  
Program Studi : Teknik Mesin

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

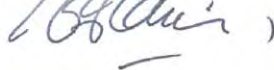
Nama : Muhammad Fathurahman  
NIM : 41319110009  
Program : Teknik Mesin  
Studi :  
Judul Skripsi : Analisis Beban Pendinginan: Studi Kasus Pada Ruang Gym Di Gandaria Heights Apartment Dengan *Cooling Load Temperature Difference* Dan *Transfer Function Method*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing : Dr. Nanang Ruhyat, ST., MT. (  )  
NIDN : 0323027301

Penguji 1 : Hadi Pranoto, ST., MT., Ph.D (  )  
NIDN : 0302077304

Penguji 2 : Dr. Ir. Haftirman, M.Eng (  )  
NIDN : 8865823420

Jakarta, 19 Desember 2023

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T, M.T.

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Fathurahman  
NIM : 41319110009  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Analisis Beban Pendinginan: Studi Kasus Pada Ruang Gym Di Gandaria Heights Apartment Dengan *Cooling Load Temperature Difference* Dan *Transfer Function Method*

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, 19 Desember 2023



Muhammad Fathurahman

## PENGHARGAAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perhitungan Beban Pendingin Dengan Metode *Cooling Load Temperature Difference* Dan *Transfer Function Method*. Studi Kasus: Ruang Gym *Gandaria Heights Apartment*” yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program studi Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercubuana.

Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan, bimbingan, sarana dan prasarana kepada pihak dibawah ini :

1. Bapak Prof Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Bapak Dr.Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana.
4. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.Eng, selaku Koordinator Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Nanang Ruhyat, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan waktu untuk membimbing dan mengarahkan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Orang Tua penulis yang telah memberikan dorongan moril, material, semangat dan doa untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Dalam hal ini penulis menyampaikan permohonan maaf atas segala kekurangan yang mungkin terjadi dalam penyusunan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang membaca.

Jakarta, 19 Desember 2023



Muhammad Fathurahman

## ABSTRAK

Ruang Gym banyak digunakan untuk aktivitas fisik atau olahraga, yang sering kali menekankan pada stamina dan kekuatan, sehingga kalor yang dihasilkan dari dalam tubuh dapat membuat suhu ruang menjadi tidak nyaman. Maka dibutuhkan sistem pendingin udara untuk menciptakan lingkungan yang nyaman bagi semua orang dan peralatan di dalam ruangan. Penggunaan sistem HVAC yang kapasitasnya sesuai dengan beban pendinginan gedung sangat penting untuk meningkatkan efisiensi energi gedung. Terdapat 2 metode perhitungan beban pendingin yang diterbitkan oleh ASHRAE yaitu *Cooling Load Temperature Difference* dan *Transfer Function Method*. Kedua metode tersebut memiliki perhitungan yang berbeda, oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil dari metode CLTD dan TFM dengan objek Ruang Gym Gandaria Heights Apartment. Dari rencana hasil kedua metode tersebut berupa persentase perbedaan hasil dari metode CLTD dan TFM. Dari perhitungan menggunakan metode CLTD dan TFM maka didapatkan hasil sebesar 131881.51 Btu/hr dan 123501 Btu/hr kedua metode perhitungan tersebut memiliki selisih sebesar 6.4%. Metode CLTD menghitung beban puncak pendingin dengan satu langkah sedangkan TFM menghitung dua langkah beban pendingin sehingga didapati nilai rata-rata beban pendingin yang harus dibuang.

Kata kunci: *Cooling Load Temperature Difference*, *Transfer Function Method*, Ruang Gym



## **ABSTRACT**

*Gym rooms are widely used for physical activities or sports, which often emphasize stamina and strength, so the heat generated from the body can make the room temperature uncomfortable. An air conditioning system is needed to create a comfortable environment for all people and equipment in the room. The use of an HVAC system whose capacity matches the building's cooling load is essential to improve the building's energy efficiency. There are 2 cooling load calculation methods published by ASHRAE, namely Cooling Load Temperature Difference and Transfer Function Method. Both methods have different calculations, therefore this study aims to determine the difference in the results of the CLTD and TFM methods with the object of Gandaria Heights Apartment Gym Room. From the results plan of the two methods in the form of percentage differences in the results of the CLTD and TFM methods. From the calculation using the CLTD and TFM methods, the results obtained amounted to 131881.51 Btu / hr and 123501 Btu/ hr both calculation methods have a difference of 6.4%. The CLTD method calculates the peak cooling load with one step while TFM calculates the two-step cooling load so that the average value of the cooling load that must be disposed of is obtained.*

*Keywords: Cooling Load Temperature Difference, Transfer Function Method, Gym Room*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN	2
1.4. MANFAAT	2
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2 PENGERTIAN UMUM GYMNASIUM	10
2.3 PENGERTIAN UMUM PENGONDISIAN UDARA	10
2.4 PENGERTIAN BEBAN PENDINGIN	11
2.5 <i>TRANSFER FUNCTION METHOD</i>	13
2.5.1 Perolehan Panas Dengan Konduksi Melalui Dinding dan Atap Eksterior Perolehan Panas Sensibel.....	13
2.5.2 Perolehan Panas Dalam Ruangan.....	15
2.6 METODE CLTD	18
2.6.1 Beban Kalor Yang Berasal Dari Luar Ruangan.....	18
2.6.2 Penambahan Kalor dari Dalam Ruangan yang Dikondisikan.....	23



2.6.3 Beban Infiltrasi dan Beban Ventilasi .....	25
2.6.4 Beban Pendinginan Total .....	26
2.7 PSIKOMETRI .....	28
2.8 <i>SOFTWARE HOURLY ANALYSIS PROGRAM (HAP)</i> .....	29
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>31</b>
3.1. DIAGRAM ALIR PENULISAN .....	31
3.2 DIAGRAM ALIR PENELITIAN .....	33
3.3 ALAT DAN BAHAN .....	35
3.3.1 Alat Penelitian .....	35
3.3.2 Spesifikasi Bangunan .....	35
<b>BAB IV PERHITUNGAN DAN HASIL PEMBAHASAN .....</b>	<b>46</b>
4.1 PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN METODE CLTD .....	46
4.1.1 Perhitungan Nilai CLTD Corrected .....	46
4.1.2 Perhitungan Beban Pendingin Melalui Dinding .....	49
4.1.3 Perhitungan Beban Pendingin Melalui Atap .....	50
4.1.4 Perhitungan Nilai SHGF dan CLF .....	51
4.1.5 Perhitungan Beban Pendingin Radiasi Melalui Jendela dan Pintu Kaca ..	51
4.1.6 Perhitungan Beban Pendingin dari Konduksi Melalui Jendela dan Pintu Kaca .....	53
4.1.7 Perhitungan Beban Pendingin Melalui Partisi .....	54
4.1.8 Perhitungan Beban Pendingin dari Penghuni .....	55
4.1.9 Perhitungan Beban Pendingin dari Pencahayaan .....	56
4.1.9 Beban Pendingin dari Peralatan .....	57
4.1.10 Beban Pendingin Infiltrasi .....	57
4.1.11 Perhitungan Beban Pendingin Ventilasi .....	58
4.1.12 Total Beban Pendingin Metode CLTD .....	58
4.2 Perhitungan Beban Pendingin <i>Transfer Function Method</i> .....	60

4.2.1 Data Cuaca atau Eksternal .....	60
4.2.2 Data Spesifikasi Ruang .....	62
4.2.3 Data Internal Ruang .....	69
4.3 Analisis Perhitungan Beban Pendingin Metode CLTD dan TFM	81
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>87</b>
5.1. KESIMPULAN	87
5.2. SARAN	87
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>89</b>



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Psikometri / Psychrometric Chart .....	28
Gambar 2. 2 Jendela utama software Hourly Analysis Program (HAP) 4.2.....	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penulisan TA.....	31
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian .....	34
Gambar 3. 3 Denah Ruang Gym.....	36
Gambar 3. 4 Skema dinding partisi.....	39
Gambar 4. 1 Grafik perhitungan beban pendingin metode CLTD.....	59
Gambar 4. 2 Data cuaca .....	60
Gambar 4. 3 Memasukan data nilai U dinding sisi East/timur .....	62
Gambar 4. 4 Memasukan data nilai U dinding sisi South / Selatan.....	63
Gambar 4. 5 Memasukan data nilai U dinding sisi West / barat.....	64
Gambar 4. 6 Memasukan data nilai U atap.....	64
Gambar 4. 7 Memasukan data nilai U, dimensi, dan Shade Coefficient jendela sisi East / Timur.....	65
Gambar 4. 8 Memasukan data nilai U, dimensi, dan Shade Coefficient jendela sisi West / barat .....	66
Gambar 4. 9 Memasukan data nilai U, dimensi, dan Shade Coefficient jendela sisi South / selatan .....	67
Gambar 4. 10 Memasukan data nilai U, dimensi, dan Shade Coefficient pintu .....	68
Gambar 4. 11 Memasukan data jadwal penggunaan lampu.....	69
Gambar 4. 12 Memasukan data jadwal pengunjung Ruang Gym.....	70
Gambar 4. 13 Memasukan data pengaturan suhu .....	71
Gambar 4. 14 Memasukan data dimensi dan kebutuhan debit udara Ruang Gym ....	71
Gambar 4. 15 Memasukan data lampu, pengunjung, dan peralatan .....	72
Gambar 4. 16 Memasukan data dinding, jendela, dan pintu.....	74
Gambar 4. 17 Memasukan data arah atap .....	75
Gambar 4. 18 Memasukan infiltration rate .....	76
Gambar 4. 19 Memasukan data nilai U, dan dimensi lantai .....	77
Gambar 4. 20 Memasukan data nilai U, dan dimensi partisi .....	78
Gambar 4. 21 Total beban pendingin perhitungan HAP atau TFM.....	79
Gambar 4. 22 Summary perhitungan beban pendingin TFM .....	80

Gambar 4. 23 Grafik perbandingan perhitungan beban pendingin metode CLTD dan TFM ..... 85



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu .....	5
Tabel 2. 2 Typical Allowable Design Air Infiltration Rates Through Exterior Windows and Doors .....	25
Tabel 3. 1 Konstruksi jendela dan pintu kaca .....	37
Tabel 3. 2 Dimensi jendela kaca .....	38
Tabel 3. 3 Dimensi pintu kaca.....	38
Tabel 3. 4 Konstruksi dinding.....	39
Tabel 3. 5 Dimensi dinding.....	39
Tabel 3. 6 Konstruksi Dinding Partisi.....	40
Tabel 3. 7 Dimensi dinding partisi.....	40
Tabel 3. 8 Konstruksi Lantai Partisi.....	41
Tabel 3. 9 Dimensi lantai .....	41
Tabel 3. 10 Konstruksi partisi ceiling .....	41
Tabel 3. 11 Dimensi ceiling .....	42
Tabel 3. 12 Konstruksi Atap .....	42
Tabel 3. 13 Dimensi atap .....	42
Tabel 3. 14 Jumlah peralatan .....	43
Tabel 3. 15 Data suhu luar Ruang Gym .....	44
Tabel 3. 16 Penyesuaian Arah Mata Angin .....	45
Tabel 4. 1 Nilai CLTD untuk dinding.....	47
Tabel 4. 2 Nilai Latitude & Month untuk dinding.....	47
Tabel 4. 3 Nilai K untuk dinding .....	47
Tabel 4. 4 Nilai CLTD corrected untuk dinding.....	48
Tabel 4. 5 Nilai CLTD untuk atap .....	48
Tabel 4. 6 Nilai K warna atap .....	48
Tabel 4. 7 nilai f untuk atap .....	49
Tabel 4. 8 Nilai CLTDcorr atap .....	49
Tabel 4. 9 Perhitungan beban pendingin melalui dinding .....	49
Tabel 4. 10 Summary perhitungan beban pendingin melalui dinding .....	50
Tabel 4. 11 Perhitungan beban pendingin melalui atap.....	50
Tabel 4. 12 Nilai SHGF dan CLF .....	51

Tabel 4. 13 Perhitungan beban pendingin dari radiasi melalui jendela kaca .....	52
Tabel 4. 14 Summary beban pendingin darj radiasi melalui jendela kaca.....	52
Tabel 4. 15 Perhitungan beban pendingin dari radiasi melalui pintu kaca .....	52
Tabel 4. 16 Perhitungan beban pendingin konduksi jendela kaca .....	53
Tabel 4. 17 Summary beban pendingin konduksi jendela kaca .....	53
Tabel 4. 18 Perhitungan beban pendinging dari konduksi melalui pintu kaca .....	54
Tabel 4. 19 Perhitungan beban pendingin melalui partisi.....	54
Tabel 4. 20 Perhitungan beban pendingin dari pencahayaan.....	56
Tabel 4. 21 Perhitungan beban pendingin dari peralatan.....	57
Tabel 4. 22 Perhitungan beban pendingin melalui infiltrasi .....	58
Tabel 4. 23 Perhitungan beban pendingin dari ventilasi .....	58
Tabel 4. 24 Total perhitungan beban pendingin metode CLTD .....	59
Tabel 4. 25 Data cuaca .....	61
Tabel 4. 26 Jadwal penggunaan lamppu .....	69
Tabel 4. 27 Jadwal pengunjung Ruang Gym .....	70
Tabel 4. 28 Analisis perhitungan beban pendingin metode CLTD dan TFM.....	81

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A- 1 <i>Overall Coefficients of Heat Transmission (U-Factor) of Windows and Skylights dan Tabel 3.14B Adjustment Factors for Various Window and Siding Ratio Door Types (Multiply U-Values in part A by These Factors)</i> .....	92
Lampiran A- 2 <i>Maximum Solar Heat Gain Factor, Btu/(hr ft<sup>2</sup>) for Sunlit Glass, North Latitude</i> .....	93
Lampiran A- 3 <i>Shading Coefficients for Glass Without or With Interior Shading by Venetian Blinds or Roller Shades</i> .....	94
Lampiran A- 4 <i>Cooling Load for Glass without Interior Shading, North Latitudes</i> .	95
Lampiran A- 5 <i>Cooling Load Temperature Differences for Conduction Through Glass and Conduction Through Doors</i> .....	96
Lampiran A- 6 <i>Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Wall</i> .....	97
Lampiran A- 7 <i>Wall Construction Group Description</i> .....	98
Lampiran A- 8 <i>Thermal Properties and Code Numbers of Layers Used in Calculations of Coefficients for Roof and Wall</i> .....	99
Lampiran A- 9 <i>CLTD Correction for Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitudes</i> .....	100
Lampiran A- 10 <i>Thermal Properties of Typical Building and Insulating Materials</i>	101
Lampiran A- 11 <i>Roof Construction Code</i> .....	102
Lampiran A- 12 <i>Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Flat Roof</i> .....	103
Lampiran A- 13 <i>Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaces</i> .....	104
Lampiran A- 14 <i>Sensible Heat Cooling Load Factor for People</i> .....	105
Lampiran A- 15 <i>Coefficients for Appliances and Certain Laboratory Equipment</i> ..	106
Lampiran A- 16 <i>Ventilation Requirement</i> .....	107
Lampiran A- 17 <i>"a" Classification for Lights</i> .....	108
Lampiran A- 18 <i>"b" Classification for Lights</i> .....	109
Lampiran A- 19 <i>Talbe 4.4D Cooling Load Factors when Lights Are on for 14 Hours</i> .....	110

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
A	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )
F <sub>u</sub>	Persentase Penggunaan Lampu
F <sub>s</sub>	<i>Factor Ballast</i> Lampu
F <sub>L</sub>	<i>Load Factor</i> Motor
f	Faktor untuk Loteng/ <i>Ceiling</i>
h	Entalphi (Btu/lb)
K	Koefisien Warna Dinding/Atap/Lantai
N	Jumlah Orang
Q	Beban Pendingin (Btu/hr)
q <sub>s/p</sub>	Beban Sensibel Per orang (Btu/hr)
q <sub>l/p</sub>	Beban Laten Per orang (Btu/hr)
q <sub>in</sub>	Daya total lampu (Watt)
T <sub>r</sub>	Temperatur rancangan (°F)
T <sub>o</sub>	Temperatur udara luar (°F)
U	Koefisien Perpindahan Kalor (Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F)
V	Volume (m <sup>3</sup> )
ω <sub>R</sub>	Rasio Kelembapan Ruangan (lb/lb <sub>da</sub> )
ω <sub>O</sub>	Rasio Kelembapan Udara Luar (lb/lb <sub>da</sub> )
ΔT	Perbedaan Temperatur (°F)
t <sub>e</sub>	Temperatur udara matahari
t <sub>o</sub>	Temperatur udara kering,
α	Absorbtansi permukaan untuk radiasi matahari
α/h <sub>o</sub>	Faktor warna permukaan
l <sub>t</sub>	Beban kejadian matahari total
ε. δ. R/h <sub>o</sub>	Faktor radiasi gelombang Panjang
t <sub>ea</sub>	Temperatur udara matahari rata-rata 24 jam
δ	Interval waktu (1 jam)
θ	Jam dimana perhitungan dibuat



## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
AC	<i>Air Conditioning</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i>
CLF	<i>Cooling Load Factor</i>
CLTD	<i>Cooling Load Temperature Difference</i>
CLTD <sub>corr</sub>	<i>Cooling Load Temperature Difference Correction</i>
DB	<i>Dry Bulb</i>
Dr	<i>Daily Range</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>
HAP	<i>Hourly Analysis Program</i>
HVAC	<i>Heating, Ventilating, and Air Conditioning</i>
INF	<i>Infiltrasi</i>
LM	<i>Latitude-month</i>
TFM	<i>Transfer Function Method</i>
OASH	<i>Outdoor Sensible Heat Gain</i>
OALH	<i>Outdoor Laten Heat Gain</i>
OATH	<i>Outdoor Air Total Heat</i>
RSHG	<i>Room Sensible Heat Gain</i>
RLHG	<i>Room Laten Heat Gain</i>
RSHF	<i>Room Sensible Heat Factor</i>
RH	<i>Relative Humidity</i>
SC	<i>Shading Coefficient</i>
SHGF	<i>Solar Heat gain Factor</i>
SHF	<i>Sensible Heat Factor</i>
VEN	<i>Ventilasi</i>
WB	<i>Wet Bulb</i>