

APLIKASI DAN ANALISIS BEBAN PENDINGINAN PADA BANGUNAN GEDUNG KEMBAR (*TWIN TOWER*) APARTEMEN GOLFHILL DI JAKARTA

Handi
Nrp. 01500007
Universitas Kristen Petra, Surabaya

ABSTRAK

Penelitian ini diarahkan untuk optimasi perencanaan kapasitas mesin AC, dimana sistem tata udara menggunakan 55-65% energi dari keseluruhan energi dalam gedung. Penelitian ini dilengkapi dengan pembuatan perangkat lunak CLTD INSTANT. Dengan demikian optimasi ini untuk mendukung upaya konservasi energi pada bangunan yang direncanakan.

Penelitian ini dilakukan pada gedung apartemen golfhill di Jakarta yang memiliki ketinggian diatas delapan lantai. Perhitungan beban pendinginan menggunakan metode yang akurat yaitu metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) berdasarkan 1993 *ASHRAE Handbook: Fundamentals* dengan tiga kondisi (*non shade, actual, fullshade*) dan membandingkannya dengan hasil metode 'Rule of Thumb' AC Panda. Perhitungan CLTD dilakukan dengan mengambil kondisi *outdoor* 34°C DBT 76% RH, *indoor* 25°C DBT 60% RH, dan asumsi kepadatan perkantoran 20 orang/1000 ft².

Hasil perhitungan metode CLTD memperlihatkan profil beban pendinginan baik eksternal, internal, dan beban pendinginan keseluruhan selama 24 jam pada lima hari kritis. Profil beban pendinginan total menunjukkan beban puncak AC terjadi pada bulan Maret dan Desember pukul 17.00 dengan kontribusi beban eksternal sebesar 24,91% dan internal sebesar 75,09% dari keseluruhan beban pendinginan. Konduksi dinding memberikan kontribusi beban panas terbesar pada beban eksternal (17,5% dari total beban pendinginan). Ventilasi memberikan kontribusi beban panas terbesar pada beban internal (54,0% dari total beban pendinginan). Hasil perhitungan metode CLTD pada Apartemen Golfhill menunjukkan bahwa pengaruh pembayangan yang dapat mereduksi kapasitas pendinginan sebesar 1,7% dari total beban pendinginan.

Hasil perhitungan CLTD dibandingkan dengan kapasitas AC eksisting dan menghasilkan angka ketidaksesuaian rata-rata sebesar 7,69% dari beban pendinginan *actual*. Apabila dibandingkan dengan hasil metode 'Rule of Thumb' menghasilkan ketidaksesuaian yang bervariasi bergantung kondisi yang digunakan.

Penelitian ini melakukan pencarian nilai beban pendinginan kapasitas apartemen dengan rentang 10-25 orang/1000 ft² dan suhu *indoor* rentang 23-27°C DBT dengan metode CLTD.

Beban pendinginan maksimum akan berubah akibat orientasi bangunan yang dirotasi. Perbedaan antara beban pendinginan maksimum terbesar dan terkecil sebesar 1.7 % dari beban pendinginan terkecil.

APPLICATION AND ANALYSIS OF COOLING LOAD AT TWIN TOWER BUILDING OF GOLFHILL APARTMENT IN JAKARTA

Handi
Nrp. 01500007
Universitas Kristen Petra, Surabaya

ABSTRACT

This research was purposed for optimizing the design of HVAC cooling load. where HVAC system uses 55 – 65 % energy of the total energy available in building. This research was completed with CLTD INSTANT software support the energy conservation in the building.

This research was performed at Golfhill apartment building of 18 stories in Jakarta. The cooling load calculation used the accurate method, called the CLTD method (Cooling Load Temperature Difference) based on 1993 ASHRAE Handbook: Fundamentals with three condition (non shade, actual, full shade) and compared with the “Rule of Thumb” method published by AC Panda. The CLTD calculation was done based on the outdoor condition of 34° C DBT- 76% RH, indoor 25° C DBT -60% RH, and the assumption of the apartemen density population was 20 people / 1000 ft².

The CLTD calculation results show the profiles of the cooling load, both external and internal, and the total cooling load for 24 hours in five critical days. The profile of the total cooling load shows that the maximum cooling loads occurs in March and December at 5:00 p.m. consists of the external load contribution amount of 24,91% and the internal load 75,09% of the total cooling load. The wall conduction gives the biggest heat load contribution to the external load (17,5% of the total cooling load). Ventilation gives the biggest heat load contribution to the internal load (54,0% of the total cooling load). The result of using CLTD method in Apartemen Golfhill shows that the effect of sunshading could reduce the cooling load with the amount of 1,7% of the total.

The comparison of the result to the existing HVAC capacity resolves the inconsistency of 7,69%. On the other hand, if comparing with the calculation using “Rule of Thumb” method, it would result various inconsistencies depend on the condition used here.

This research is also conducted to determine the apartment cooling load with capacity between 10 – 25 people/1000 ft² and indoor temperature between the range of 23 – 27° C DBT using the CLTD method.

Maximum cooling load will be changed as the result of building orientation that was rotated. The difference between the biggest and the smallest maximum cooling load was 1,7 % from the smallest cooling load.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ARTI LAMBANG, RUMUS, DAN SINGKATAN	xvii
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Pengertian Istilah.....	3
1.3 Masalah	6
1.4 Ruang Lingkup	6
1.5 Tujuan dan Manfaat Penelitian	8
1.6 Tinjauan Pustaka	10
1.7 Keaslian Penelitian.....	13
 II. LANDASAN TEORI	 15
2.1 Kerangka Teori.....	15
2.1.1 <i>Altitude</i> dan <i>Azimuth</i> Matahari.....	15
2.1.2 <i>Psychrometric</i>	16
2.1.3 Perhitungan CLTD	18
2.1.3.1 Beban konduksi kaca.....	20
2.1.3.2 Beban konduksi dinding, partisi, lantai, dan atap	20
2.1.3.3 Beban radiasi kaca.....	21
2.1.3.4 Beban panas lampu.....	21
2.1.3.5 Beban panas orang	22
2.1.3.6 Beban panas peralatan.....	22
2.1.3.7 Beban panas ventilasi.....	22
2.1.3.8 Beban pendinginan total.....	23

2.1.4	Perhitungan ‘Rule of Thumb’	23
2.2	Hipotesis.....	24
2.3	Kerangka Berpikir.....	25
III.	METODE PENELITIAN	26
3.1	Rancangan Penelitian.....	26
3.2	Data-data Penelitian	27
3.3	Kesulitan yang Dihadapi.....	27
IV.	ANALISIS PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	29
4.1	Gambaran Umum Obyek Penelitian	29
4.2	Analisis Penelitian dan Pembahasan Beban Pendinginan.....	30
4.2.1	Hasil Penelitian Beban Pendinginan dalam Gedung.....	30
4.2.1.1	Hasil Pengukuran Gambar Denah, Tampak, dan Potongan.....	30
4.2.1.2	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Total Metode CLTD	30
4.2.1.3	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Eksternal dan Internal dengan Metode CLTD	34
4.2.1.4	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Metode CLTD	37
4.2.1.5	Persentasi Beban Pendinginan Eksternal dan Internal terhadap Beban Pendinginan	40
4.2.1.6	Hasil Perhitungan dengan Kapasitas Orang dan Suhu <i>Indoor</i> yang Berbeda	43
4.2.1.7	Hasil Penelitian Hubungan Perbandingan s:v dan wWR dengan Besarnya Beban Pendinginan ..	44
4.2.1.8	Hasil Penelitian Perbandingan Kapasitas Mesin AC Eksisting dan Kapasitas Mesin A Hasil Perhitungan Metode CLTD	45
4.2.1.9	Hasil Penelitian Perbandingan Perhitungan Beban Pendinginan dengan Metode CLTD dan Metode ‘Rule of Thumb’	47
4.2.1.10	Hasil Penelitian Perbandingan Beban Pendinginan Metode CLTD akibat Perbedaan Orientasi Gedung ...	49
4.2.2	Pembahasan Penelitian Beban Pendinginan.....	50
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1	Kesimpulan.....	58
5.2	Saran.....	63
	DAFTAR PUSTAKA	64
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Nilai W dengan Suhu <i>Indoor</i> 23°C-27°C dan RH=60% 17
Tabel 4.1	Resume Perhitungan Luas Lantai, Luas Permukaan, dan Volume Bangunan 1 dan 2 30
Tabel 4.2	Resume Perhitungan Beban Pendinginan Total dengan Metode CLTD..... 30
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Apartemen Golfhill pada gedung 1 31
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Apartemen Golfhill pada gedung 2 33
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Eksternal dan Internal..... 35
Tabel 4.6	Resume Besar Beban Pendinginan per m ² Luas Lantai yang Dikondisikan..... 37
Tabel 4.7	Perincian Beban Pendinginan Eksternal 38
Tabel 4.8	Perincian Beban Pendinginan Internal 40
Tabel 4.9	Perbandingan Beban Pendinginan Rata-rata Akibat Faktor Eksternal dan Internal 40
Tabel 4.10	Perbandingan Rata-rata dari Beban Pendinginan Maksimum Akibat Faktor Konduksi Kaca, Konduksi Dinding, dan Radiasi 41
Tabel 4.11	Perbandingan Beban Pendinginan Akibat Faktor Lampu, Orang, Peralatan, dan Ventilasi..... 42
Tabel 4.12	Beban Pendinginan Maksimum dengan Kapasitas Orang yang Berbeda-beda dan Suhu <i>Indoor</i> yang Berbeda-beda 44
Tabel 4.13	Perbandingan Luas Permukaan dan Volume Bangunan 44
Tabel 4.14	Perbandingan Luas Permukaan Dinding dan Kaca 44
Tabel 4.15	Hubungan S':V', w':W dengan Besarnya Beban Pendinginan Rata-rata/m ² 45

Tabel 4.16	Hubungan $S':V'$, $w':W$ dengan Besarnya Beban Pendinginan Eksternal Rata-rata/ m^2	45
Tabel 4.17	Perbandingan Kapasitas AC Eksisting dengan Beban Pendinginan Maksimum Hasil Perhitungan Metode CLTD	46
Tabel 4.18	Perbandingan Kapasitas AC Eksisting dengan Beban Pendinginan Rata-rata Hasil Perhitungan Metode CLTD.....	46
Tabel 4.19	Perbandingan Beban Pendinginan Hasil Perhitungan Metode ' <i>Rule of Thumb</i> ' AC Panda dengan Metode CLTD Rata-rata.....	47
Tabel 4.20	Perbandingan Beban Pendinginan Hasil Perhitungan Metode ' <i>Rule of Thumb</i> ' AC Panda dengan Metode CLTD Maksimum ...	48
Tabel 4.21	Perbandingan Beban Pendinginan Hasil Perhitungan Metode CLTD Maksimum setelah dilakukan Rotasi yang berbeda-beda.....	49
Tabel 4.22	Kontribusi Beban Panas pada Bangunan dalam Persen.....	53
Tabel 4.23	Faktor Penyesuaian yang Diusulkan untuk Metode ' <i>Rule of Thumb</i> ' Berdasarkan Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Rata-rata Metode CLTD	57
Tabel 4.24	Faktor Penyesuaian yang Diusulkan untuk Metode ' <i>Rule of Thumb</i> ' Berdasarkan Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Maksimum Metode CLTD	57

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1	Sekilas Gambar Bangunan & Peta Bayangan	7
Gambar 2.1	Pergerakan Bumi Terhadap Matahari.....	18
Gambar 2.2	Proyeksi Posisi Matahari Terhadap Bumi	19
Gambar 2.3	Kerangka Berpikir	25
Gambar 4.1	Foto Bangunan Apartemen Golfhill	29
Gambar 4.2	Profil Beban Pendinginan Rata-rata pada 3 kondisi (Gedung 1).....	32
Gambar 4.3	Profil Beban Pendinginan Rata-rata pada 3 kondisi (Gedung 2).....	34
Gambar 4.4	Profil Beban Pendinginan Eksternal dan Internal pada 3 kondisi (Gedung 1)	36
Gambar 4.5	Profil Beban Pendinginan Eksternal dan Internal pada 3 kondisi (Gedung 2)	36
Gambar 4.6	Profil Perincian Beban Pendinginan Eksternal	39
Gambar 4.7	Profil Perincian Beban Pendinginan Internal	40
Gambar 4.8	Perbandingan Rata-rata dari Beban Pendinginan Rata-rata Akibat Faktor Eksternal dan Internal	41
Gambar 4.9	Perbandingan Rata-rata dari Beban Pendinginan Maksimum Akibat Faktor Konduksi Kaca, Konduksi Dinding, dan Radiasi	42
Gambar 4.10	Perbandingan Beban Pendinginan Akibat Faktor Lampu, Orang, Peralatan, dan Ventilasi.....	42
Gambar 4.11	Perbandingan Kapasitas Mesin AC Eksisting dengan Hasil Perhitungan CLTD Maksimum	46
Gambar 4.12	Perbandingan Kapasitas Mesin AC Eksisting dengan Hasil Perhitungan CLTD Rata-rata	47
Gambar 4.13	Perbandingan Beban Pendinginan Hasil Perhitungan Metode 'Rule of Thumb' AC Panda dengan Metode CLTD Rata-rata	48

Gambar 4.14	Perbandingan Beban Pendinginan Hasil Perhitungan Metode 'Rule of Thumb' AC Panda dengan Metode CLTD Maksimum ...	49
Gambar 4.15	Perbandingan Beban Pendinginan Hasil Perhitungan Metode CLTD setelah dilakukan Rotasi yang berbeda-beda	50
Gambar 4.16	Macam Profil Beban Pendinginan Hasil Perhitungan Metode CLTD untuk 3 kondisi yang berbeda	51
Gambar 4.17	Profil Beban Pendinginan Eksternal dan Internal	51
Gambar 4.18	Profil Beban Pendinginan Eksternal	52
Gambar 4.19	Beban Pendinginan Maksimum pada Suhu dan Kapasitas yang berbeda-beda	55
Gambar 5.1	Profil Beban Pendinginan Bangunan Apartemen Golfhill pada Gedung 1	58
Gambar 5.2	Profil Beban Pendinginan Bangunan Apartemen Golfhill pada Gedung 2	58
Gambar 5.3	Profil Beban Pendinginan Eksternal Apartemen Golfhill	59
Gambar 5.4	Profil Beban Pendinginan Internal Apartemen Golfhill	59

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A : DATA DAN PERHITUNGAN APARTEMEN GOLFHILL
(Gedung 2)
- LAMPIRAN B : DATA DAN PERHITUNGAN APARTEMEN GOLFHILL
(Gedung 2)
- LAMPIRAN C : RESUME PERHITUNGAN DAN GAMBAR
PEMBAYANGAN GEDUNG

ARTI LAMBANG, RUMUS, DAN SINGKATAN

ΔT = Selisih suhu antara *outdoor* dan *indoor* ($^{\circ}\text{F}$).

A = Luas (ft^2).

AC = *Air-conditioning*.

$C_8, 9, 10, 11, 12, 13$ = Konstanta

Konstanta	Nilai
C_8	$-1,044\ 039\ 7 \times 10^4$
C_9	$-1,129\ 465\ 0 \times 10^1$
C_{10}	$-2,702\ 235\ 5 \times 10^{-2}$
C_{11}	$1,289\ 036\ 0 \times 10^{-5}$
C_{12}	$-2,478\ 068\ 1 \times 10^{-9}$
C_{13}	$6,545\ 967\ 3 \times 10^0$

Cfm = *Cubic Feet per minute*, kebutuhan sirkulasi udara segar dalam ruang untuk tiap orang.

CLF = *Cooling Load Factor* untuk lampu, orang, dan peralatan.

CLTD = *Cooling Load Temperature Difference*.

CLTD-corr. = Nilai koreksi CLTD akibat warna material, suhu *indoor*, dan *outdoor* tertentu ($^{\circ}\text{F}$).

CLTD-table = Nilai CLTD berdasarkan tabel dengan letak geografis tertentu dan material tertentu ($^{\circ}\text{F}$).

DB = *Dry Bulb Temperature*, temperatur bola kering ($^{\circ}\text{F}$).

Fc = *Factor Correction*.

Fs = *Special Allowance Factor*.

Fu(=Fd) = *Use Factor*, perbandingan antara lampu yang dipakai (dinyalakan) dengan lampu yang terpasang.

HVAC = *Heating, Ventilating, and Air-Conditioning*.

INPUT = Jumlah lampu yang terpasang (Watt) atau jumlah peralatan (Btu/h).

K = Nilai koefisien penyesuaian untuk warna dinding atau atap.

P = Tekanan total dalam udara basah (101,325 KPa atau 14,696 psia).

Pw = Tekanan parsial uap air dalam udara basah (psia).

Pws = Tekanan parsial uap air jenuh dalam udara basah (psia).

Ql = Beban panas laten per satu orang (Btu/h).

Qs = Beban panas sensible per satu orang (Btu/h).

RH	= <i>Relative Humidity</i> , kelembaban relatif (%).
RLHG	= <i>Room Latent Heat Gain</i> (Btu/h).
RSHG	= <i>Room Sensible Heat Gain</i> (Btu/h).
S	= Luas fasade yang berbatasan dengan ruang luar (ft ²).
S'	= Luas fasade yang berbatasan dengan ruang yang dikondisikan (ft ²).
SC	= <i>Shading Coefficient</i> kaca.
SCL	= <i>Solar Cooling Load Factor</i> .
N-people	= Jumlah orang.
T	= Temperatur absolut (R).
TR	= <i>Tons of Refrigeration</i> , kapasitas pendinginan (TR).
U	= Nilai konduktansi bahan (Btu/ft ² °F h).
V	= Volume ruang keseluruhan (ft ³).
V'	= Volume ruang yang dikondisikan (ft ³).
W	= <i>Humidity Ratio</i> , rasio kelembaban (lb/lb).
w'	= Luas dinding kaca pada fasade yang berbatasan dengan ruang yang dikondisikan (ft ²).
W'	= Luas dinding keseluruhan (dinding kaca + dinding masif) pada fasade yang berbatasan dengan ruang yang dikondisikan (ft ²).
WB	= <i>Wet Bulb Temperature</i> , temperatur bola basah (°F).

Arah (Direction)

N	= <i>North</i> , Utara.
S	= <i>South</i> , Selatan
W	= <i>West</i> , Barat.
E	= <i>East</i> , Timur.
NE	= <i>North East</i> , Timur Laut.
NW	= <i>North West</i> , Barat Laut.
SE	= <i>South East</i> , Tenggara.
SW	= <i>South West</i> , Barat Daya.