

Analisis Perhitungan Beban Pendinginan pada Gedung Advanced Research Laboratory Fakultas Teknik Universitas Udayana dengan Metode Cooling Load Temperature Difference

Arles Kurnia Sandi, Hendra Wijaksana, I Nengah Suarnadwipa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

Abstrak

Pengondisian udara pada bangunan perkuliahan bertujuan menciptakan kondisi yang nyaman bagi penghuni dalam suatu ruangan melalui proses perlakuan terhadap udara dalam mengatur suhu, kebersihan, kelembaban dan pendistribusian secara serentak. Perhitungan beban pendinginan bertujuan agar kapasitas pada beban puncak sesuai dengan yang diinginkan, mengurangi kerusakan akibat kerja unit yang terlalu berat dan mengurangi pemborosan energi. Pada penulisan dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode cooling load temperature difference dalam menghitung beban pendinginan. Perhitungan metode ini berdasarkan pada penentuan letak posisi gedung, dimensi, detail bahan penyusun bangunan penentuan temperature udara dalam dan luar bangunan dan perhitungan beban internal dan eksternal. Dari hasil perhitungan beban pendinginan pada gedung Advanced Research Laboratory Fakultas Teknik Universitas Udayana, penulis dapat merekomendasikan kapasitas AC Split & AC Central. Nilai total beban pendinginan seluruh gedung dengan safety factor 10% sebesar 1.930.101,204 btu/h atau 565,66 kW.

Kata Kunci : Beban pendinginan, CLTD, Safety factor

Abstract

Air conditioning in lecture buildings aims to create comfortable conditions for occupants in a room through the process of treating air in regulating temperature, cleanliness, humidity and distribution simultaneously. Calculation of the cooling load aims to make the capacity at peak load as desired, reduce damage due to unit work that is too heavy and reduce energy wastage. At the time of writing in this study, the authors used the cooling load temperature difference method in calculating the cooling load. The calculation of this method is based on determining the position of the building, dimensions, details of building materials, determining the air temperature inside and outside the building and calculating internal and external loads. From the results of calculating the cooling load in the Advanced Research Laboratory building, Faculty of Engineering, Udayana University, the author can recommend the capacity of Split AC & Central AC. The total value of the cooling load for the entire building with a safety factor of 10% is 1,930,101.204 btu/h or 565.66 kW.

Keywords: Cooling load, CLTD, Safety factor.

1. Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan anomali kondisi alam terhadap kondisi normalnya dalam jangka waktu tertentu [1]. Perubahan suhu udara yang meningkat secara signifikan hingga perubahan musim menjadi salah satu tanda perubahan iklim [2]. Peningkatan suhu udara di Indonesia dalam kurun waktu 1990-2019 mengalami peningkatan sebesar 0,11°C - 1,24°C [3].

Peningkatan suhu ruangan dapat berpengaruh kepada konsentrasi belajar mahasiswa yang menurun. Pengondisian udara pada bangunan bertujuan menciptakan kondisi yang nyaman bagi penghuni dalam suatu ruangan melalui proses perlakuan terhadap udara dalam mengatur suhu, kebersi-

han, kelembaban dan pendistribusian secara Serentak [4]. Perhitungan beban pendinginan bertujuan agar kapasitas pada beban puncak sesuai dengan yang diinginkan, mengurangi kerusakan akibat kerja unit yang terlalu berat dan mengurangi pemborosan energi.

Temperatur udara puncak di Kabupaten Badung, Provinsi Bali pada tahun 2021 adalah 35,1°C dengan kelembaban relative atau relative humidity (RH) sebesar 56% [5]. Hal ini melebihi kondisi kenyamanan termal optimal untuk daerah tropis menurut kondisi perencanaan sebesar 24°C hingga 27°C dengan kelembaban relative 60% ± 5% [6]. Dengan kondisi tersebut, mesin pengondisian udara sangat

diperlukan untuk menunjang kenyamanan dalam beraktivitas dalam ruangan sesuai SNI 6390:2011.

Menyadari gangguan konsentrasi belajar mahasiswa karena pengaruh suhu lingkungan dan pentingnya kesesuaian kapasitas mesin pendingin di gedung Advanced Research Laboratory (ARL) Fakultas Teknik Universitas Udayana. Maka, penelitian ini akan menganalisis dan menghitung beban pendinginan gedung dengan metode cooling load temperature difference.

2. Dasar Teori

2.1. Pengkondisian Udara

Pengkondisian udara bertujuan mencapai kenyamanan termal penghuni yang berada didalam ruangan dengan mengatur suhu, kebersihan, kelembaban dan pendistribusian secara serentak [4].

Beberapa ruang lingkup penggunaan pengkondisian udara dan refrigerasi dalam kehidupan sehari-hari sebagai berikut :

1. Pengkondisian udara pada bangunan
2. Pengkondisian udara pada industri
3. Pengkondisian udara pada kendaraan
4. Pengkondisian udara pada pemrosesan makanan
5. Pengkondisian udara pada industri kimia dan proses

2.2. Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal manusia didalam gedung dapat dilihat pada ketentuan kondisi perencanaan [6] sebagai berikut :

1. Ruang kerja
Temperature ruang kerja antara 24°C hingga 27°C dengan kelembaban relative 60% ± 5%.
2. Ruang koridor atau lobi
Temperatur ruang lobi antara 27°C hingga 30°C dengan kelembaban relative 60% ± 10%.

2.3. Beban pendinginan

Beban pendinginan adalah usaha mempertahankan kondisi udara ruangan pada kondisi tertentu dengan membuang atau mengeluarkan panas dalam ruangan [1]. Dalam menghitung beban pendinginan secara umum terdapat 3 metode sebagai berikut [7].

1. Metode Fungsi Transfer (TFM)
2. Metode Total Equivalent Temperature Difference (TETD)

3. Metode Cooling Load Temperature Difference (CLTD)

2.4. Cooling load temperature difference

Metode Cooling Load Temperature Difference (CLTD) adalah metode manual untuk menghitung beban pendinginan melalui perolehan panas yang berasal dari faktor internal dan eksternal sebuah gedung.

Menurut [7] berdasarkan metode yang lain, Metode CLTD memiliki keunggulan sebagai berikut :

1. Keakuratan Metode
2. Perhitungan bersifat manual, murah dan cepat
3. Penyederhanaan dari metode lain

2.5. Perhitungan Beban Pendinginan

Untuk menghitung beban pendinginan diperlukan data-data sebagai berikut :

- a. Orientasi letak geografik
- b. Kontruksi ruangan
- c. Kondisi penentuan udara rancangan

2.5.1 Beban transmisi melalui dinding

Beban transmisi merupakan beban yang berasal dari panas konduksi sebuah kontruksi melalui atap, dinding hingga kaca. Beban transmisi melalui dinding dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q = U \times A \times CLTD_c \quad (1)$$

$$CLTD_c = (CLTD + LM) K + (78 - tr) + (ta - 85) \quad (2)$$

$$ta = to - (DR/2) \quad (3)$$

Dimana :

Q = Beban pendinginan dinding (Btu/h atau watt)

U = Koefisien perpindahan kalor menyeluruh (Btu/h.ft²°F)

A = Luas permukaan (ft²)

CLTD_c = Nilai CLTD terkoreksi (°F)

LM = Faktor koreksi untuk bulan dan posisi lintang

K = Faktor kesesuaian warna dinding

K = 1 (untuk warna hitam / merah)

K = 0,83 (untuk coklat terang, biru muda)

K = 0,65 (untuk warna terang ; krem)

ta = Temperatur udara luar rata-rata (°F)

tr = Temperatur ruangan (°F)

to = Temperatur udara luar (°F)

DR = Daily range / kisaran temperatur harian

2.5.2 Beban transmisi melalui atap

Beban transmisi melalui atap dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q = U \times A \times CLTD_c \quad (4)$$

$$CLTD_c = [(CLTD + LM) K + (78 - tr) + (ta - 85)] \times f \quad (5)$$

Dimana :

Q = Beban pendinginan dinding (Btu/h atau watt)

U = Koefisien perpindahan kalor menyeluruh (Btu/h.ft²°F)

A = Luas permukaan (ft²)

CLTD_c = Nilai CLTD terkoreksi (°F)

LM = Faktor koreksi untuk bulan dan posisi lintang

tr = Temperatur ruangan (°F)

ta = Temperatur udara luar rata-rata (°F)

to = Temperatur udara luar (°F)

DR = Daily range / kisaran temperatur harian

f = Faktor fan / saluran

f = 1 (tanpa aktif fan / saluran)

f = 0,75 (menggunakan aktif fan)

2.5.3 Beban transmisi melalui kaca

Beban transmisi melalui kaca dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q = U \times A \times CLTD_c \quad (6)$$

$$CLTD_c = (CLTD + LM) + (78 - tr) + (ta - 85) \quad (7)$$

Dimana :

Q = Beban pendinginan dinding (Btu/h atau watt)

U = Koefisien perpindahan kalor menyeluruh (Btu/h.ft²°F)

A = Luas permukaan (ft²)

CLTD_c = Nilai CLTD terkoreksi (°F)

LM = Faktor koreksi untuk bulan dan posisi lintang

tr = Temperatur ruangan (°F)

ta = Temperatur udara luar rata-rata (°F)

to = Temperatur udara luar (°F)

DR = Daily range / kisaran temperatur harian

2.5.4 Beban radiasi melalui kaca

Beban radiasi merupakan beban yang berasal dari kaca yang terkena sinar matahari / energi dari matahari. Beban radiasi melalui kaca dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \quad (8)$$

Dimana :

Q = Beban kalor radiasi (Btu/h)

SHGF = Maximum solar heat gain factor (Btu/h.ft²)

A = Luas kaca (ft²)

CLF = Cooling load factor

SC = Shading coefficient

2.5.5 Beban infiltrasi

Beban infiltrasi merupakan beban yang berasal dari ketidaksengajaan udara masuk kedalam ruangan yang dikondisikan. Beban infiltrasi dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q_s = 1,1 \times (CFM \times A) \times \Delta T \quad (9)$$

$$Q_l = 0,68 \times (CFM \times A) \times (\omega_o - \omega_i) \quad (10)$$

Dimana :

Q_s = Kalor sensible (Btu/h)

Q_l = Kalor laten (Btu/h)

CFM = Nilai laju udara masuk infiltrasi (CFM/ft²)

ΔT = Selisih antara temperatur udara luar dan dalam (°F)

ω_o, ω_i = Selisih rasio kelembaban udara (g/kg)

A = Luas permukaan (ft²)

2.5.6 Beban ventilasi

Beban ventilasi adalah udara yang secara sengaja dimasukkan kedalam ruangan yang didinginkan untuk menambah kandungan oksigen dan mengurangi polutan dalam ruangan. Beban ventilasi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_s = 1,1 \times (CFM \times A) \times \Delta T \quad (11)$$

$$Q_l = 0,68 \times (CFM \times A) \times (\omega_o - \omega_i) \quad (12)$$

Dimana :

Q_s = Kalor sensible (Btu/h)

Q_l = Kalor laten (Btu/h)

CFM = Nilai laju udara masuk infiltrasi (CFM/ft²)

ΔT = Selisih antara temperatur udara luar dan dalam (°F)

ω_o, ω_i = Selisih rasio kelembaban udara (g/kg)

A = Luas permukaan (ft²)

2.5.7 Beban partisi

Beban partisi merupakan beban yang berasal dari penjalaran panas dari ruangan yang bersebelahan langsung antara ruangan terkondisikan dengan ruangan yang tidak terkondisikan. Beban partisi dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad (13)$$

Dimana :

Q = Beban kalor melalui partisi (Btu/h)

U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (Btu/h.ft² °F)

A = Luas permukaan (ft²)

ΔT = Beda temperatur antara ruangan yang dikondisikan dengan ruangan yang tidak dikondisikan (°F).

2.5.8 Beban penerangan / lampu

Beban penerangan lampu dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = 3,4 \times (n \times W) \times BF \times CLF \quad (14)$$

Dimana :

Q = Beban kalor lampu (Btu/h)

n = Jumlah lampu

W = Daya lampu (watt)

BF = Ballast factor

BF = 1,25 (lampu neon /TL/LED)

BF = 1 (lampu pijar/bohlam)

CLF = Cooling load factor

CLF = 1 (untuk sistem pendingin tidak digunakan 24 jam)

2.5.9 Beban penghuni / manusia

Manusia melepaskan kalor sensible dan kalor laten ke ruangan yang dikondisikan. Beban penghuni dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \quad (15)$$

$$Q_l = q_l \times n \quad (16)$$

Dimana :

Q_s = Kalor sensible (Btu/h)

Q_l = Kalor laten (Btu/h)

q_s , q_l = Perolehan panas sensible dan laten

n = Jumlah orang

CLF = Cooling load factor

CLF = 1,0 apabila sistem dimatikan pada malam hari.

2.5.10 Beban peralatan

Beban peralatan merupakan beban panas yang diakibatkan oleh peralatan. Beban peralatan dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = n \times HG \text{ Peralatan} \quad (17)$$

Dimana :

Q = Beban kalor peralatan (Btu/hr)

n = Jumlah peralatan yang terpakai

HG Peralatan = Heat gain peralatan (Btu/hr)

2.5.11 Faktor keamanan

Faktor keamanan dalam sebuah perencanaan alat pengkondisian udara harus dimasukkan untuk mengurangi perubahan alat pengkondisian udara dimasa mendatang. Standar ASHRAE fundamental tahun 1997 chapter 28 faktor keamanan beban pendingina ditambahkan sebesar 10% dari total beban pendinginan [8].

3. Metode penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan November 2022 hingga Juni 2023 dengan temperature dan kelembaban udara rancangan sebesar

24°/55%. Lokasi penelitian ini bertempat di Gedung Advanced Research Laboratory (ARL) Fakultas Teknik Universitas Udayana, Badung, Bali dengan koordinat 8°47'42.5"S 115°10'35.9"E.



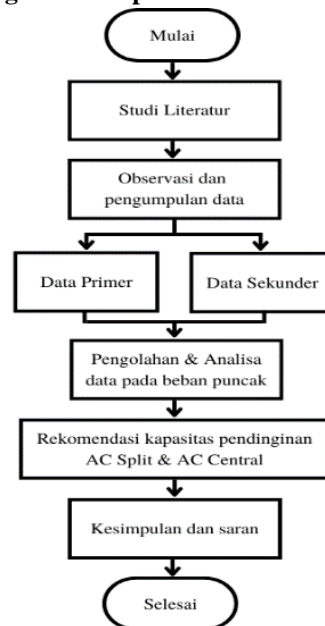
Gambar 1. Tampak depan gedung ARL

3.1 Alat

Dalam penelitian ini, peralatan yang digunakan sebagai berikut :

- Seperangkat laptop sebagai hardware dalam membantu penyusunan skripsi ini.
- Roll meter sebagai alat ukur.
- Kalkulator sebagai alat hitung.
- Hygrometer sebagai alat ukur temperature & kelembaban udara

3.2 Diagram alir penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan dengan tahapan penelitian yang telah dilakukan, penulis mendapatkan hasil penelitian. Hasil yang didapatkan dari perhitungan beban pendinginan gedung advanced research laboratory fakultas teknik universitas udayana ditunjukkan seperti gambar berikut.

Rekomendasi perhitungan beban pendinginan gedung Advanced Research Laboratory Fakultas Teknik Universitas Udayana				
No	Nama	Beban pendinginan (btu/h)	Rekomendasi AC SPLIT (PK)	Rekomendasi AC VRV (PK)
1	Ruangan 1.1	44.735,031	5	390.248,612 btu/h (Mitsubishi PUHY- P1050YSKD) @ 392.400btu/h
2	Ruangan 1.2	43.097,794	5	
3	Ruangan 1.3 (Technopreuner)	33.817,576	4	
4	Ruangan 1.4 (Ruang Rapat)	29.884,877	3,5	
5	Lab. Teknik sipil 1	42.877,128	5	
6	Lab. Teknik sipil 2	47.647,137	5,5	
7	Lab. Instrumental pemodelan	35.423,550	4	
8	Lab. K3	35.695,330	4	
9	Lab. NRCE	28.884,715	3,5	
10	Lab. Kualitas lingkungan	26.955,219	3	
11	Lab. Limbah padat	21.393,715	2,5	
12	Ruangan 2.1	40.026,731	4,5	
13	Ruangan 2.2	38.939,210	4,5	
14	Ruangan 2.3	45.270,676	5,5	
15	Ruangan 2.4	41.161,182	5	
16	Lab. Industri manufaktur	36.772,096	4,5	
17	Lab. Fenomena teknik mesin	51.832,881	6	
18	Lab. Analisa bahan	58.388,292	7	
19	Lab. Mekanika material	30.524,192	3,5	
20	Lab. Tesmic	31.517,628	3,5	
21	Lab. Rekayasa material	26.920,128	3	
22	Ruang Dosen	6.439,952	0,75	
23	Lab. Heatpipe & nanotech	21.673,800	2,5	
24	Ruang Studio 3.1	147.973,215	17	
25	Ruang tugas akhir 3.2	165.132,966	18,5	
26	Ruang studio besar 3.3	142.254,177	16	
27	Ruang studio C 3.4	27.390,723	3,5	
28	Ruang studio B 3.5	42.049,508	5	
29	Ruang studio A 3.6	27.390,723	3,5	
30	Ruangan 4.1	45.429,683	5,5	
31	Ruangan 4.2	53.770,662	6	
32	Ruangan 4.3	51.089,921	6	
33	Ruangan 4.4	56.992,366	6,5	
34	Lab. Elektronika 1	43.514,220	5	
35	Lab. Elektronika 2	49.467,365	5,5	
36	Lab. Komputer bersama	162.552,587	18,5	
37	Lab. Energy powersystem	27.810,093	3,5	
38	Lab. Smart grid & EV	37.663,177	4,5	
39	Lab. Mekatronika	29.904,438	3,5	
TOTAL (btu/h)			1.930.101,204	

Gambar 3. Hasil dan rekomendasi perhitungan beban pendinginan

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan penelitian sebagai berikut :

- Beban pendinginan total untuk gedung Advanced Research Laboratory Fakultas Teknik Universitas Udayana sebesar 1.930.101,204 btu/h atau 565,66 kW dengan distribusi beban pendinginan pada lantai 1 sebesar 390.248,612 btu/h, lantai 2 sebesar 429.466,769 btu/h, lantai 3 sebesar 552.191,313 btu/h dan lantai 4 sebesar 558.193,512 btu/h
- Dari hasil perhitungan beban pendinginan pada gedung Advanced Research Laboratory Fakultas Teknik Universitas Udayana penulis merekomendasikan menggunakan alat pengkondisian udara seperti pada gambar 3.

6. Daftar Pustaka

- Puspitasari, N. dan Surendra, O. 2016 *Analisis Tren Perubahan Suhu Udara Minimum Dan Maksimum Serta Curah Hujan Sebagai Akibat Perubahan Iklim Di Provinsi*. Journal Sains 16(2), 66–72.

- Alfiandy, S., dan Permana, D. S. 2020. *Tren Curah Hujan Berbasis Data Sinoptik Bmkg Dan Reanalisis Merra-2 Nasa Di Provinsi Sulawesi Tengah*. Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, 21(2), 63–72 <https://doi.org/10.29122/jstmc.v21i2.4132>

- Prasetyo, S. dan Riama, N. F. 2021. *Variasi dan Trend Suhu Udara Permukaan di Pulau Jawa Tahun 1990-2019*. Jurnal Geografi : Media Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian, 18(1), 60–68 <https://doi.org/10.15294/jg.v18i1.27622>

- W. F. Stocker dan S. Hara. 1982. *REFRIGERATION AND Second Edition*

- BMKG III Denpasar. 2022. *Pengamatan Unsur Iklim di Stasiun Meteorologi I Gusti Ngurah Rai Kabupaten Badung , 2021 Observation*.

- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 6390:2011 *tentang Konservasi Energi pada Sistem Tata Udara*. Sni 6390:2011

- Badan Standarisasi Nasional. 2001. *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Sni 03 - 6572 - 2001, 1–55

- Rachmayanti, S. A. 2015. *Perhitungan ulang sistem pengkondisian udara pada lantai 3 mall di Surabaya*. <https://repository.its.ac.id/72193/>

	<p>Arles Kurnia Sandi telah menyelesaikan pendidikan di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2019 hingga 2023.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing & HVAC (MEP-HVAC).</p>	