

Skripsi Sukma Agisna.pdf

by : Turnitin.com

Submission date: 29-Dec-2024 02:47AM (UTC-0600)

Submission ID: 2501312883

File name: Skripsi_Sukma_Agisna.pdf (840.51K)

Word count: 8514

Character count: 52098

**PERHITUNGAN ANALISIS BEBAN PENDINGIN UDARA
PADA RUANG KELAS FT UNTIRTA DENGAN METODE
HVAC ROT DAN CLTD**

Skripsi

**Untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun Oleh:

Sukma Agisna

3331200008

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2024

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa ⁴¹syukur, penulis ingin mengucapkan terima kasih atas berkah dan rahmat Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kemudahan dalam sebagai syarat menyelesaikan proses perkuliahaan studi S-1 dan penyusunan laporan ini. Penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak, ⁵baik terlibat secara langsung maupun yang tidak. Berikut ²penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Bapak Dhimas Satria, ST., M.Eng. Selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
2. Bapak Yusvardi Yusuf, S.T., M.T. Selaku Koordinator Tugas Akhir
3. Ibu Dr. Ir. Ni Ketut Caturwati, M.T selaku dosen pembimbing akademik dan Dosen Pembimbing satu Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Dwinanto, S.T., M.T selaku dosen pebimbing dua Tugas Akhir.
5. Serta Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
6. Seluruh Teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2020 Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
7. Serta seluruh pihak yang membantu saya selama dalam penyusunan laporan proposal skripsi ini.
8. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik secara moril dan materil.

²¹Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan laporan proposal ini jauh dari kesempurnaan, baik dari segi materi maupun cara penulisannya. Namun dengan demikian penulis berusaha dengan segala kemampuan dan pengetahuannya yang dimiliki untuk dapat menyelesaikan laporan magang ini dengan baik. ⁵¹Penulis sangat mengharapkan adanya kritik serta saran yang dapat membangun dan menambahkan pengetahuan. Sekian saya ucapkan terimakasih. ⁴⁴

ABSTRAK

Perhitungan beban pendinginan bertujuan untuk menentukan kapasitas sistem HVAC yang diperlukan untuk mencapai kondisi udara yang diinginkan. Terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk menghitung beban pendinginan, salah satunya adalah metode ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) dan metode HVAC Rule of Thumb. Pada ASHRAE melakukan pendekatan komprehensif untuk menghitung beban pendinginan untuk sistem HVAC sehingga melakukan perhitungan secara rinci dengan berbagai faktor. *Rule Of Thumb* sendiri dapat melakukan perhitungan yang sederhana untuk memperkirakan beban pendinginan. Perbedaan antara metode ASHRAE dan HVAC Rule of Thumb ini memicu penelitian untuk membandingkan penggunaan kedua metode tersebut dalam hal perhitungan beban pendinginan pada gedung kelas R.3-2. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan perhitungan beban pendinginan yang ada pada ruang kelas R.3-2 FT UNTIRTA antara metode ASHRAE dan HVAC Rule of Thumb, serta menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan tersebut. Pada penelitian kali ini didapatkan nilai beban pendinginan menggunakan metode CLTD sebesar 26.326 BTU/h, sedangkan untuk nilai beban pendinginan menggunakan metode ROT sebesar 23.859 BTU/h untuk minimalnya dan 29.408 BTU/h untuk maksimalnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode ROT ini merupakan perancangan untuk menghitung nilai beban pendinginan secara kasar karena tidak mempertimbangkan nilai-nilai kalor yang dihasilkan dari lampu, peralatan, jendela, jumlah manusia, dan lainnya. Adapun pada penelitian kali ini terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya beban pendinginan yang dihasilkan dari suatu ruangan yaitu lampu, peralatan, jendela, jumlah manusia, ventilasi, dan lainnya.

Kata Kunci: HVAC, CLTD, ROT, Pendinginan

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Bastasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Ruang Kelas	4
2.2 HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning)	6
2.3 ASHRAE (American Society Of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering)	8
2.3.1 Perhitungan Faktor Eksternal CLTD Atap	9
2.3.2 Perhitungan Faktor Eksternal CLTD Dinding	10
2.3.3 Perhitungan Faktor Eksternal CLTD Kaca	12
2.3.4 Perhitungan Faktor Internal CLTD Plafond	13
2.3.6 Perhitungan Faktor Internal CLTD Lampu	13
2.3.7 Perhitungan Faktor Internal CLTD Penghuni	14
2.3.8 Perhitungan Faktor Internal CLTD Peralatan (<i>Equipment</i>)	15
2.3.9 Perhitungan Faktor Internal CLTD Ventilasi	15
2.4 ROT (Rules Of Thumb)	16
2.5 Labjack U6 Data Acquisition	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Percobaan	19

2	3.2	Alat yang digunakan	20
	3.3	Tahapan Penelitian	21
	BAB IV DATA HASIL DAN PEMBAHASAN		
	4.1	Hasil Pengambilan Data Ruang Kelas	23
	4.2	Perhitungan CLTD (Cooling Load Temperature Difference)	24
52	4.2.1	Faktor Eksternal	25
	4.2.2	Faktor Internal	32
	4.3	Perhitungan ROT HVAC (<i>Rule Of Thumb</i>)	37
3	4.4	Analisis Dan Perbandingan Data	38
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
	5.1	Kesimpulan	43
	5.2	Saran.....	43
	DAFTAR PUSTAKA		
	LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kategori Temperatur Menurut SNI	6
Gambar 2.2 Kompresor AC	7
Gambar 2.3 Kondensor AC	7
Gambar 2.4 Katup Ekspansi AC	8
Gambar 2.5 Evaporator AC	8
Gambar 2.6 Nilai ROT untuk ruang kelas	17
Gambar 2.7 LabJack U6	18
Gambar 3.1 Diagram Alir	20
Gambar 3.2 Termokopel tipe K	20
Gambar 3.3 LabJack U6	21
Gambar 3.4 Meteran	21
Gambar 4.1 Gambar Luas Ruangan	23
Gambar 4.2 Gambar Luas Jendela pada Ruangan	23
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan nilai pembebanan tiap metode	38
Gambar 4.4 grafik nilai temperature ruang tanpa mesin pendingin terhadap waktu	41
Gambar 4.5 grafik nilai <i>Relative Humidity</i> terhadap waktu	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Data Dimensi Ruangan.....	23
Tabel 4.2 Data Temperatur dan RH Ruangan	24
Tabel 4.3 Data Tipe dinding	25
Tabel 4.4 Data nilai CLTD pada arah mata angin terhadap waktu	26
Tabel 4.5 Data nilai LM	27
Tabel 4.6 Data nilai CLTDc untuk setiap jamnya	28
Tabel 4.7 Data Nilai Q eksterior.....	28
Tabel 4.8 Data SHGF pada Latitude 6	30
Tabel 4.9 Data nilai pembebanan interior	32
Tabel 4.10 Nilai Q Pencahayaan	34
Tabel 4.11 Jenis dan jumlah Equipment	35
Tabel 4.12 Tabel Perhitungan ROT	37

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Belajar adalah petualangan penemuan diri yang menyeluruh, melibatkan jiwa dan raga. Melalui interaksi dengan lingkungan, individu mendapatkan pengalaman berharga yang memicu perubahan positif dalam perilaku. Perubahan ini meliputi aspek pengetahuan [1], perasaan dan sikap (afektif), dan keterampilan fisik (psikomotor) (Syaiful, 2008). Ruang kelas, sebagai tempat belajar, memiliki peran penting dalam efektivitas kegiatan belajar. Kenyamanan termal di ruang kelas menjadi faktor kunci yang memengaruhi efektivitas belajar. Suhu ruangan yang tidak ideal dapat menimbulkan rasa tidak nyaman bagi siswa, sehingga mengganggu konsentrasi, fokus, dan performa belajar mereka.

Sistem pemanas, ventilasi, dan pendingin udara *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC). merupakan komponen penting dalam berbagai jenis bangunan, seperti gedung perkantoran, rumah sakit, pusat perbelanjaan, dan tempat tinggal. Sistem HVAC berfungsi untuk menjaga kondisi udara di dalam ruangan agar nyaman dan sesuai dengan kebutuhan penghuninya. Salah satu aspek penting dalam desain sistem HVAC adalah perhitungan beban pendinginan.

Perhitungan beban pendinginan bertujuan untuk menentukan kapasitas sistem HVAC yang diperlukan untuk mencapai kondisi udara yang diinginkan. Terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk menghitung beban pendinginan, salah satunya adalah metode ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) dan metode HVAC Rule of Thumb. Pada ASHRAE melakukan pendekatan komprehensif untuk menghitung beban pendinginan untuk sistem HVAC sehingga melakukan perhitungan secara rinci dengan berbagai faktor [2]. *Rule Of Thumb* sendiri dapat melakukan perhitungan yang sederhana untuk memperkirakan beban pendinginan [3].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kristanto Elim metode ASHRAE merupakan metode yang lebih kompleks dan akurat, namun membutuhkan data dan waktu yang lebih banyak untuk menghitungnya. Sedangkan metode HVAC *Rule of Thumb* merupakan metode yang lebih sederhana dan cepat, namun tingkat akurasi lebih rendah [4].

Perbedaan antara metode ASHRAE dan HVAC Rule of Thumb ini memicu penelitian untuk membandingkan penggunaan kedua metode tersebut dalam hal perhitungan beban pendinginan pada gedung kelas R.3-2. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan perhitungan beban pendinginan yang ada pada ruang kelas R.3-2 FT UNTIRTA antara metode ASHRAE dan HVAC Rule of Thumb, serta menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbedaan hasil perhitungan beban pendinginan pada ruang kelas FT UNTIRTA antara metode ASHRAE dan HVAC Rule of Thumb?
2. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan hasil perhitungan beban pendinginan antara metode ASHRAE dan HVAC Rule of Thumb?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perbedaan hasil perhitungan beban pendinginan pada ruang kelas FT UNTIRTA antara metode ASHRAE dan HVAC Rule Of Thumb.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan hasil perhitungan beban pendinginan antara metode ASHRAE dan HVAC Rule Of Thumb.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat batasan masalah sebagai berikut:

1. Hanya menganalisa beban pendingin dalam ruang kelas FT UNTIRTA tanpa melibatkan konstruksi ruang tersebut.
2. Perhitungan dilakukan untuk jumlah 25 orang.

- 34 3. Perhitungan beban pendinginan dilakukan pada waktu siang hari.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian kali ini memiliki manfaat diantaranya ialah:

1. Memberikan informasi tentang perbedaan hasil perhitungan beban pendinginan antara metode ASHRAE dan HVAC Rule Of Thumb
2. Memberikan panduan dalam memilih metode kapasitas mesin pendingin yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan metode ASHRAE dan HVAC ROT.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ruang Kelas

Belajar merupakan sebuah perjalanan penemuan diri yang melibatkan seluruh aspek jiwa dan raga. Melalui interaksi dengan lingkungan, individu memperoleh pengalaman yang berharga dan memicu perubahan positif dalam tingkah lakunya. Perubahan ini meliputi aspek kognitif [1], afektif (perasaan dan sikap), dan psikomotor (keterampilan fisik) (Syaiful, 2008). Ruang kelas merupakan suatu ruangan yang biasanya digunakan untuk kegiatan belajar. Efektifitas kegiatan belajar juga dapat ditentukan dari termal ruangan kelas tersebut. Kenyamanan termal merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi efektivitas belajar di ruang kelas. Suhu ruangan yang tidak ideal dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi siswa, yang dapat mengganggu konsentrasi, fokus, dan performa belajar mereka.

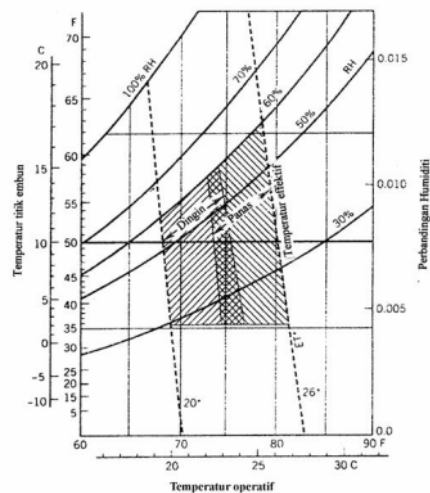
Dalam penelitiannya Susanti dan Aulia menyatakan orientasi bangunan terhadap sinar matahari, penempatan ventilasi, dan jumlah ventilasi yang terkait dengan pertukaran udara, berperan penting dalam menentukan kenyamanan termal di dalam ruangan [5]. Seiring kemajuan teknologi, penggunaan Air Conditioner [6] menjadi salah satu solusi untuk menciptakan lingkungan yang lebih nyaman secara termal, terutama di daerah yang memiliki temperatur tinggi.

Penyegaran udara adalah proses yang melibatkan pendinginan udara untuk mencapai suhu dan kelembaban yang diinginkan. Proses ini sangat penting untuk memastikan kenyamanan termal dalam ruangan tertentu, sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan. Dengan suhu dan kelembaban yang tepat, penghuni ruangan dapat merasa lebih nyaman dan produktif [7].

Suhu ruangan belajar yang tidak ideal, baik terlalu panas maupun terlalu dingin, dapat membahayakan kesehatan. Pada suhu panas, dapat terjadi gangguan kesehatan seperti *heat cramps*, *heat exhaustion*, *heat stroke*, dan *heat rush*. Sedangkan pada suhu dingin, dapat terjadi *chilblain*, *trench foot*, dan *frostbite*. Selain itu, ruangan yang panas atau lembab juga dapat menimbulkan reaksi-reaksi psikologis bagi penghuninya. Perubahan kenyamanan termal di luar kondisi normal dapat menyebabkan ketidaknyamanan fisik seperti berkeringat, cepat lelah, dan mudah mengantuk karena kekurangan oksigen. Ketidaknyamanan mental juga dapat muncul, seperti munculnya berbagai sugesti negatif bagi penghuni ruangan. Standar Nasional Indonesia [1] 03-6572-2001 telah menetapkan tingkatan temperatur yang nyaman bagi orang Indonesia, yang terbagi menjadi tiga bagian diantaranya:

1. Sejuk temperatur efektif $20,5^{\circ}\text{C} - 22,8^{\circ}\text{C}$
2. Nyaman temperatur efektif $22,9^{\circ}\text{C} - 25,8^{\circ}\text{C}$
3. Hangat temperatur efektif $25,8^{\circ}\text{C} - 27,1^{\circ}\text{C}$

Adapun pada Standar Nasional Indonesia menunjukkan temperatur yang nyaman untuk manusia yaitu:



Gambar 2.1 Kategori Temperatur Menurut SNI

(Sumber: SNI 03-6572-2001)

Dalam gambar tersebut dijelaskan bahwa dalam negara Indonesia yang beriklim tropis dan condong ke panas, untuk temperatur yang nyaman berada dikisaran 23°C-25 °C. Adapun untuk RH atau *Realtive Humidity* berkisar 60%

[8]
22

2.2 HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning)

HVAC merupakan singkatan dari *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* yang mana suatu sistem yang mengatur suhu dan kualitas udara didalam ruangan ataupun Gedung. Sistem HVAC adalah salah satu sistem yang paling banyak mengonsumsi energi, sehingga konsumsi listrik gedung sangat dipengaruhi oleh beban HVAC. Oleh karena itu, penelitian ini fokus pada perhitungan sistem HVAC untuk memperkirakan konsumsi energi di sektor bangunan, yang menyumbang lebih dari 55% dari total permintaan listrik[9]. Adapun manfaat dari HVAC yaitu:

- Menjaga Kenyamanan: Suhu dan kelembaban yang optimal meningkatkan kenyamanan penghuni ruangan.
- Meningkatkan Kesehatan: Udara yang bersih dan terkontrol membantu menjaga kesehatan penghuni ruangan dengan mengurangi alergi, asma, dan penyakit pernapasan lainnya.
- Meningkatkan produktivitas: Suhu dan kelembaban yang optimal dapat meningkatkan fokus dan konsentrasi, sehingga meningkatkan produktivitas kerja.
- Menghemat energi: Sistem HVAC yang hemat energi dapat membantu mengurangi biaya tagihan listrik.

Dalam HVAC terdapat beberapa jenis sistem yang digunakan. Sistem HVAC Sentral biasa digunakan untuk bangunan-bangunan besar seperti Gedung perkantoran dan hotel. Sistem HVAC Split biasa digunakan untuk bangunan-bangunan yang lebih kecil seperti rumah dan apartemen [10]. HVAC memiliki komponen-komponen utama dalam alatnya yaitu :

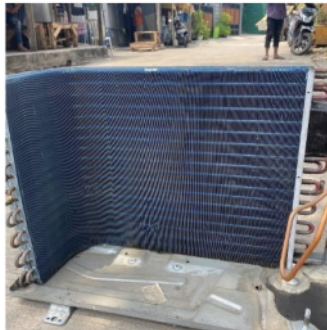
1. Kompresor: Meningkatkan tekanan refrigerant dalam bentuk gas yang keluar dari evaporator setelah menyerap kalor ataupun panas udara ruang yang ingin didinginkan. Refrigerant dalam bentuk gas yang keluar compressor selain memiliki tekanan tinggi juga diikuti dengan peningkatan temperatur gas[11].



Gambar 2.2 Kompresor AC

(Sumber: qualitytechnic.com)

2. Kondensor: Mengubah fasa refrigerant menjadi cair jenuh dengan cara melepaskan kalor kalor refrigerant ke udara lingkungan atau luar[12].



Gambar 2.3 Kondensor AC

(Sumber: qualitytechnic.com)

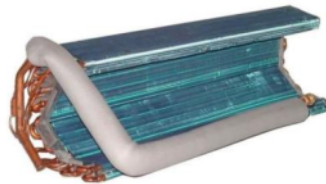
3. Katup Ekspansi: Pada katup ekspansi memiliki fungsi dimana menurunkan tekanan fluida cair dengan cara melewatkan cairan refrigerant ke pipa kapiler[13].



Gambar 2.4 Katup Ekspansi AC

(Sumber: tokopedia.com)

4. Evaporator: Mengubah fasa refrigerant dari air (keluaran katup ekspansi) menjadi fasa uap dengan cara menyerap kalor udara ruangan yang ingin dikondisikan[14].



Gambar 2.5 Evaporator AC

(Sumber: blibli.com)

19

2.3 ASHRAE (American Society Of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering)

ASHRAE atau *American Society Of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineering* merupakan organisasi nirlaba internasional yang

mengembangkan standar, pedoman, dan publikasi untuk berbagai bidang HVAC, termasuk:

- Perhitungan beban: Menentukan kebutuhan pemanasan dan pendinginan suatu ruangan.
- Desain Sistem: Memilih dan merancang sistem HVAC yang tepat untuk memenuhi kebutuhan suatu ruangan.
- Pemeliharaan: Memberikan panduan untuk mengoperasikan dan memelihara sistem HVAC dengan benar.

ASHRAE terdapat metode perhitungan dalam mendesain sistem HVAC adapun metode tersebut adalah CLTD atau *Cooling Load Temperature Difference* yang memanfaatkan perbedaan temperatur luar atau eksternal dan temperatur dalam atau internal.

2.3.1 Perhitungan Faktor Eksternal CLTD Atap

Faktor eksternal mengacu pada elemen-elemen di luar bangunan yang memengaruhi beban pendinginan, adapun untuk faktor eksternal atap dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Atap} : Q = U \times A \times CLTD_c$$

Dimana

Q = Beban pendinginan dinding/atap/kaca (BTU/H)

U = Koefisien Perpindahan panas (BTU/h.ft².F)

A = Luas area (ft²)

$CLTD_c$ = Nilai perbedaan suhu yang telah dikoreksi (°F)

Perlu diketahui bahwasannya nilai U pada rumus perhitungan faktor eksternal CLTD terdapat pada **Lampiran 9**, pada lampiran tersebut terdapat berbagai jenis atap yang digunakan. Pada penelitian kali ini tidak menggunakan perhitungan faktor eksternal pada atap dikarenakan atap pada ruangan sudah tertutup oleh *Ceilling*.

Pada perhitungan beban pendinginan faktor eksternal nilai $CLTD_c$ harus didapatkan nilainya terlebih dahulu. Adapun untuk nilai $CLTD_c$

yang merupakan nilai perbedaan suhu yang telah dikoreksi sebagai berikut.

$$CLTD_c = CLTD + LM + (78 - t_R) + (t_a - 85)$$

Dimana

LM = Koreksi pada garis lintang dan bulan

t_R = Temperatur yang diinginkan (°F)

t_a = Temperatur rata-rata luar ruangan (°F)

CLTD = Nilai koefisien yang terpapar sinar matahari terhadap arah mata angin

Pada nilai CLTD didapatkan dari tabel pada buku Edward untuk penelitian kali ini tabel tersebut terlampir pada **Lampiran 2**. Dalam lampiran tersebut sudah terdapat arah mata angin, jenis dinding yang digunakan, dan pada jam berapa saja terpapar sinar matahari.

LM pada rumus diatas merupakan nilai koreksi pada garis lintang dan bulan. Nilai dari *Latitude and month* sudah ditetapkan pada tabel yang sudah terlampir pada **Lampiran 3**. Pada tabel tersebut sudah dituliskan untuk nilai garis lintang, bulan, dan arah mata angin. Sehingga sudah ditetapkan nilai-nilainya.

2.3.2 Perhitungan Faktor Eksternal CLTD Dinding

Faktor eksternal mengacu pada elemen-elemen di luar bangunan yang memengaruhi beban pendinginan, adapun untuk faktor eksternal dinding dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Dinding} : Q = U \times A \times CLTD_c$$

Dimana

Q = Beban pendinginan dinding/atap/kaca (BTU/H)

U = Koefisien Perpindahan panas (BTU/h.ft².F)

A = Luas area (ft²)

CLTD_c = Nilai perbedaan suhu yang telah dikoreksi (°F)

Perlu diketahui bahwasannya nilai U pada rumus perhitungan faktor eksternal CLTD terdapat pada tabel dari buku Edward, pada buku tersebut terdapat berbagai jenis atap yang digunakan. Adapun lampiran yang melampirkan tabel nilai U untuk perhitungan dinding dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Pada perhitungan beban pendinginan faktor eksternal nilai CLTD_c harus didapatkan nilainya terlebih dahulu. Adapun untuk nilai CLTD_c yang merupakan nilai perbedaan suhu yang telah dikoreksi sebagai berikut.

$$CLTD_c = CLTD + LM + (78 - t_R) + (t_a - 85)$$

Dimana

LM = Koreksi pada garis lintang dan bulan

t_R = Temperatur yang diinginkan (°F)

t_a = Temperatur rata-rata luar ruangan (°F)

CLTD = Nilai koefisien yang terpapar sinar matahari terhadap arah mata angin

Pada nilai CLTD didapatkan dari tabel pada buku Edward untuk penelitian kali ini tabel tersebut terlampir pada Lampiran 2. Dalam lampiran tersebut sudah terdapat arah mata angin, jenis dinding yang digunakan, dan pada jam berapa saja terpapar sinar matahari.

LM pada rumus diatas merupakan nilai koreksi pada garis lintang dan bulan. Nilai dari Latitude and month sudah ditetapkan pada tabel yang sudah terlampir pada Lampiran 3. Pada tabel tersebut sudah dituliskan untuk nilai garis lintang, bulan, dan arah mata angin. Sehingga sudah ditetapkan nilai-nilainya.

Nilai Ta merupakan nilai temperatur rata-rata luar ruangan yang mana dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut.

$$t_a = t_o - \left(\frac{DR}{2}\right)$$

Dimana

t_o = Suhu kering rancangan ($^{\circ}\text{F}$)

DR = Rentang suhu harian pada data Indonesia ($^{\circ}\text{F}$)

Pada nilai DR dapat dicari melalui sumber terpercaya untuk cuaca pada negara Indonesia yaitu BMKG atau website BMKG atau website cuaca yang terpercaya seperti Weather.com [15].

2.3.3 Perhitungan Faktor Eksternal CLTD Kaca

Faktor eksternal mengacu pada elemen-elemen di luar bangunan yang memengaruhi beban pendinginan, adapun untuk faktor eksternal kaca dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF$$

Dimana

SHGF = Faktor tertinggi ⁹ *solar heat gain* (BTU/hr.ft²)

A = Luas kaca (ft²)

SC = *Shading Coefficient*

CLF = *Cooling load factor* untuk kaca

Pada nilai SHGF diperlukannya data-data tambahan. Data-data tambahan tersebut terdapat pada tabel yang terlampir pada **Lampiran 4**. Pada tabel tersebut disebutkan untuk nilai tertinggi *solar heat gain factor* dalam bentuk arah mata angin dan juga bulan dalam satu tahunnya.

Nilai SC atau *shading coefficient* merupakan nilai bayangan dari kaca. Nilai koefisien tersebut sudah terlampir pada tabel yang terdapat pada **Lampiran 5**.

Nilai CLF pada perhitungan kaca dapat dilihat pada tabel yang tertera pada **Lampiran 6**. Dimana terdapat nilai CLF dan juga arah mata angin yang berfungsi sebagai penanda untuk kaca yang terpapar oleh sinar matahari.

2.3.4 Perhitungan Faktor Internal CLTD Plafond

Faktor internal mengacu pada elemen-elemen di dalam bangunan yang memengaruhi beban pendinginan. adapun untuk faktor internal Plafond dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Plafond} : Q = U \times A \times \Delta T$$

Dimana

U = Nilai koefisien perpindahan panas pada langit-langit/partisi/lantai (BTU/(h.ft².F))

A = Luas Area (ft²)

ΔT = Selisih temperatur luar dan dalam ruangan (°F)

Nilai U untuk plafond didapatkan dari tabel yang terlampir pada **Lampiran 9**. Dimana nilai U merupakan nilai koefisien perpindahan panas pada langit-langit atau plafond. Nilai luas area yang digunakan pada perhitungan ini merupakan luas area pada plafond atau langit-langit.

2.3.6 Perhitungan Faktor Internal CLTD Lampu

Faktor internal mengacu pada elemen-elemen di dalam bangunan yang memengaruhi beban pendinginan. adapun untuk faktor internal Lampu dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Lampu} : Q = 3,4 \times W \times BF \times CLF$$

Dimana

W = Daya pada pencahayaan (lampu)

BF = Faktor ballas

CLF = Nilai faktor beban pendinginan sesuai hunian (1.0) apabila digunakan jika hanya pada malam saja atau waktu tertentu saja.

Nilai W sendiri merupakan nilai total atau jumlah daya yang digunakan dalam hal ini merupakan lampu. Setelah itu dikalikan dengan 3,4 yang merupakan nilai koefisien untuk konversi yang sebelumnya adalah Watt menjadi Btu/H. Nilai pada BF atau faktor ballas merupakan nilai *heat losses* untuk lampu dimana untuk lampu jenis *Flourescent lighting* besarnya adalah 1.25, sedangkan untuk jenis lampu *Incandescent* besaran nilai BF nya adalah 1.

2.3.7 Perhitungan Faktor Internal CLTD Penghuni

Faktor internal mengacu pada elemen-elemen di dalam bangunan yang memengaruhi beban pendinginan. adapun untuk faktor internal Penghuni dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penghuni : } Q_{\text{sensibel}} = n \times q_s \times CLF$$

$$Q_{\text{laten}} = n \times q_l$$

Dimana

n = Jumlah manusia dalam ruangan

q_s = Beban kalor sensibel

q_l = Beban kalor laten

CLF = Nilai faktor 1 dikarenakan aktifitas manusia terhenti pada saat malam hari.

Pada perhitungan beban pendinginan untuk penghuni ³terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah kegiatan manusia dan juga tempat manusia beraktifitas. Nilai pada Q_s dan juga Q_l dapat ditemukan pada **Lampiran 11**. Adapun untuk nilai CLF pada perhitungan kali ini yaitu sebesar 1 dikarenakan aktifitas manusia terhenti pada saat malam.

2.3.8 Perhitungan Faktor Internal CLTD Peralatan (*Equipment*)

Faktor internal mengacu pada elemen-elemen di dalam bangunan yang memengaruhi beban pendinginan. adapun untuk faktor internal peralatan dengan rumus sebagai berikut:

Peralatan :

$$Q = 3,4 \times W_{equipment} \times CLF$$

Dimana

$W_{equipment}$ = Daya pada peralatan (Watt)

CLF = Nilai faktor beban pendinginan sesuai hunian
(1.0) jika tidak 24 jam pemakaian

Pada perhitungan peralatan atau *Equipment* terdapat hal yang penting untuk diperhatikan, hal tersebut adalah nilai daya yang dikeluarkan pada setiap peralatan ataupun equipment yang ada terutama yang bersinggungan dengan listrik, seperti stop kontak, proyektor, televisi, printer, computer, dan lainnya.

2.3.9 Perhitungan Faktor Internal CLTD Ventilasi

Faktor internal mengacu pada elemen-elemen di dalam bangunan yang memengaruhi beban pendinginan. adapun untuk faktor internal Ventilasi dengan rumus sebagai berikut:

Ventilasi :

$$Q_{Sensibel} = 1,1 \times CFM \times \Delta T$$

$$Q_{Laten} = 4840 \times (W'_0 - W'_i) \times CFM$$

Dimana

Q_s = Kalor sensibel (BTU/h)

Q_l = Kalor laten (BTU/h)

- ΔT = Selisih temperatur luar dan dalam ruangan ($^{\circ}\text{F}$)
 CFM = *Air ventilation rate* (ft^3/min)
 W'_0 = Nilai *Humidity ratio* luar ruangan (gr.w/lb.d.a)
 W'_i = Nilai *Humidity ratio* dalam ruangan (gr.w/lb.d.a)

50
 Pada perhitungan ventilasi terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan diantaranya adalah besaran CFM dan nilai selisih *Relative Humidity*. Pada nilai CFM dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Q = \frac{Q}{\text{Person}} \times \text{No. of People}$$

Dimana

Q = Ventilasi rate per manusia

Adapun hal yang perlu diperhatikan pada perhitungan ini adalah tempat dan kegiatan manusia yang nilainya sudah terlampir pada tabel di **Lampiran 12**.

Pada nilai *Humidity Ratio* dapat dicari menggunakan tabel psychometri yang tertera pada **Lampiran 13**. Nilai tersebut didapatkan berdasarkan pertemuan antara nilai Temperatur dengan nilai RH%.

2.4 ROT (Rules Of Thumb)

Rule Of Thumb atau ROT merupakan metode perkiraan kasar untuk menghitung beban pendinginan pada suatu ruangan. Metode ini tidak seakurat metode perhitungan CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*). Dalam perhitungan [16].

Adapun perhitungan pada metode ROT ini yaitu:

$$q = A \times ROT$$

Dimana

q = Beban Pendinginan

A = Luas Area Ruangan

ROT = Koefisien Pengkali Ruangan

Adapun untuk nilai dari ROT dapat dilihat pada gambar tabel dibawah ini

5.16 School Classrooms

A. Total Heat	225–275 sq.ft./ton	(Range 150–350)
B. Total Heat	43–53 Btuh/sq.ft.	(Range 35–80)
C. Room Sens. Heat	25–42 Btuh/sq.ft.	(Range 20–65)
D. SHR	0.65–0.80	
E. Air Change Rate	4–12 AC/hr.	

Gambar 2.6 Nilai ROT untuk ruang kelas
(Sumber: HVAC Rule Of Thumb)

2.5 Labjack U6 Data Acquisition

LabJack U6 adalah perangkat data acquisition (DAQ) yang digunakan untuk mengumpulkan dan memproses data dari berbagai sensor, termasuk sensor suhu. Alat ini berfungsi sebagai antarmuka antara sensor dan komputer, memungkinkan pengguna untuk membaca dan menganalisis data sensor secara real-time. LabJack U6 dilengkapi dengan beberapa saluran analog dan digital yang dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai jenis sensor, membuatnya sangat fleksibel dan serbaguna dalam aplikasi pengumpulan data ilmiah dan industri [6].

Prinsip kerja LabJack U6 dalam pembacaan data temperatur melibatkan konversi sinyal analog dari sensor suhu menjadi data digital yang dapat diolah oleh komputer. Sensor suhu, seperti thermocouple atau RTD, menghasilkan tegangan atau resistansi yang sebanding dengan perubahan suhu. LabJack U6 kemudian membaca sinyal ini melalui saluran analognya dan menggunakan konverter analog-ke-digital (ADC) untuk mengubah sinyal analog menjadi nilai digital. Data digital ini kemudian dikirim ke komputer melalui antarmuka USB, di mana perangkat lunak yang disediakan oleh LabJack dapat digunakan untuk merekam, memonitor, dan menganalisis data suhu [6].

Kegunaan LabJack U6 dalam pembacaan data temperatur sangat luas dan mencakup berbagai bidang. Dalam penelitian ilmiah, LabJack U6 dapat

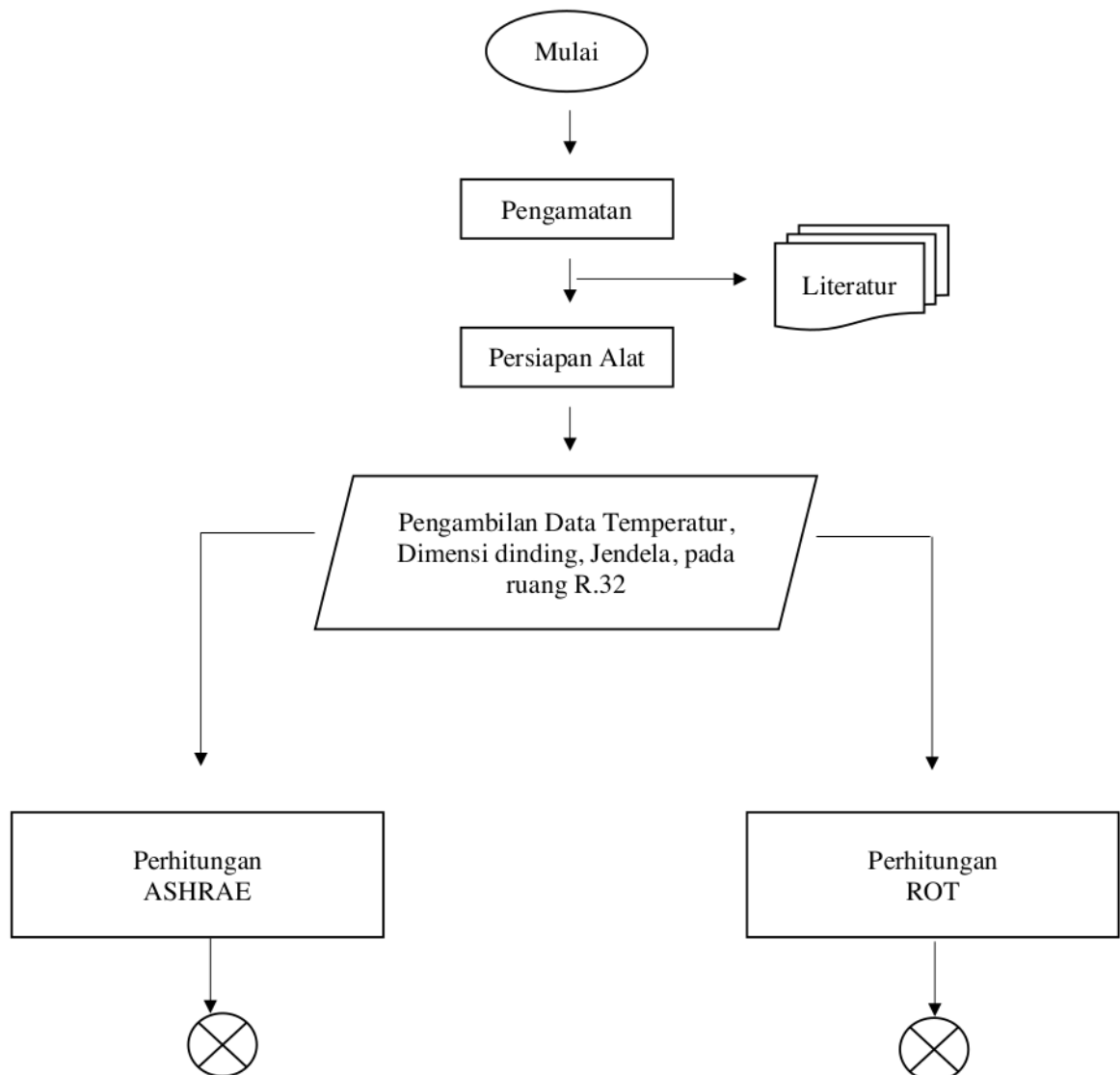
digunakan untuk eksperimen yang memerlukan pemantauan suhu yang akurat dan berkelanjutan. Di industri, alat ini sering digunakan untuk kontrol proses, di mana pemantauan suhu yang tepat sangat penting untuk menjaga kualitas produk dan efisiensi operasional. Selain itu, LabJack U6 juga digunakan dalam aplikasi lingkungan, seperti pemantauan suhu ruangan atau laboratorium, dan dalam pengembangan produk, di mana pengujian suhu yang konsisten dan akurat sangat penting untuk pengembangan dan pengujian prototipe [6].

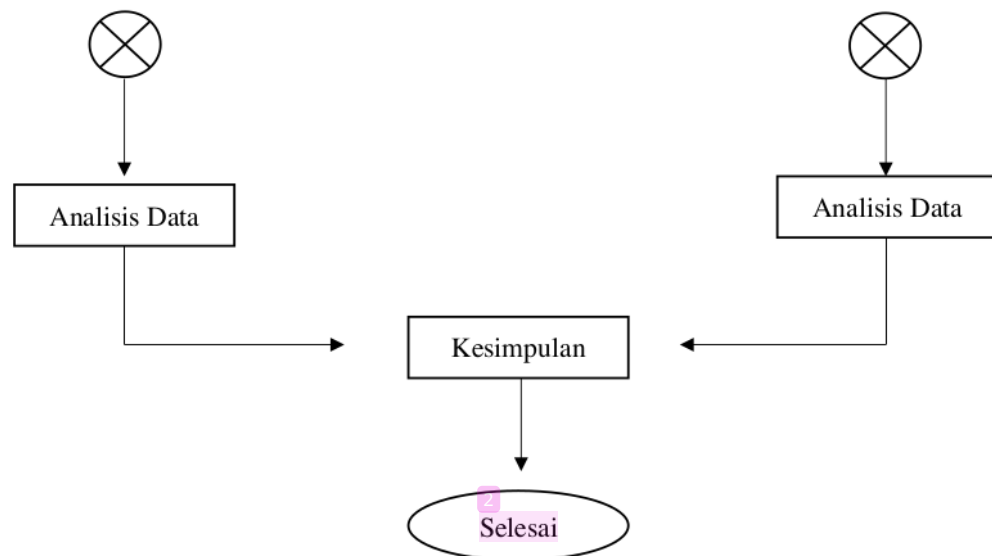


Gambar 2.7 LabJack U6
(Sumber: LabJack.com)

BAB III**METODOLOGI PENELITIAN****3.1 Diagram Alir Percobaan**

Pada penelitian kali ini terdapat diagram alir, berikut merupakan diagram alir pada penelitian kali ini.





Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Alat yang digunakan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian kali ini:

1. Termokopel tipe K

Termokopel sendiri berfungsi sebagai pengukur temperatur pada penelitian kali ini.



Gambar 3.2 Termokopel tipe K

(Sumber: Tokopedia.com)

2. LabJack U6

LabJack U6 berfungsi sebagai pengukur temperatur yang nantinya akan didapatkan nilai data-data mentah.



Gambar 3.3 LabJack U6
(Sumber: LabJack.com)

3. Meteran

Meteran berfungsi sebagai alat pengukur untuk dimensi ruangan yang ingin diteliti pada penelitian kali ini.



Gambar 3.4 Meteran
(Sumber: Tokopedia.com)

3.3 Tahapan Penelitian

Berikut merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian kali ini

1. Pengkalibrasian *Cold Junction* pada alat-alat pengukur temperatur.
2. Pengumpulan data pada ruang kelas R.3-2
3. Perhitungan CLTD Beban Panas Konduksi melalui kaca
4. Perhitungan CLTD Beban Panas Konduksi, Partisi, lantai, dan atap
5. Perhitungan CLTD Beban Panas Radiasi Kaca
6. Perhitungan CLTD Beban Panas Lampu

7. Perhitungan CLTD Beban Panas Manusia
8. Perhitungan CLTD Beban Panas Perlatan
9. Perhitungan CLTD Beban Panas Ventilasi
10. Perhitungan CLTD Beban Panas Total
11. Perincian kontribusi faktor eksternal dan faktor internal
12. Membandingkan hasil perhitungan CLTD dengan hasil perhitungan yang menggunakan Rule Of Thumb

DATA HASIL DAN PEMBAHASAN

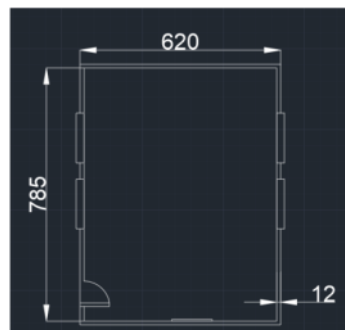
4.1 Hasil Pengambilan Data Ruang Kelas

Pada pengambilan data di ruang kelas didapatkan data – data sebagai berikut.

1. Ruang kelas yang dijadikan objek penelitian ialah Ruang R.3-2, dimana adapun nilai dimensi dari ruang kelas tersebut sebagai berikut.

Tabel 4.1 Data Dimensi Ruangan

Nama	Panjang (m)	Tinggi (m)	Lebar (m ²)
Ruangan R-3.2	7,85	2,85	5,96
Jendela	80	105	0,84



Gambar 4.1 Gambar Luas Ruangan



Gambar 4.2 Gambar Luas Jendela pada Ruangan

2. Letak Geografis bangunan : 5°59'49.6"LS 106°01'53.0"BT
3. Temperatur ruangan yang diinginkan yaitu : 23°C atau 73,4°F
4. Temperatur ruangan yang didapatkan melakukan pengukuran selama 2 jam pada pukul 13.00 – 15.00 WIB, menggunakan termokopel tipe k dan LABjack U6 didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 4.2 Data Temperatur dan RH Ruangan

Temperatur					
Jam	T1	T2	T3	T4	T5
13.00	32	30	30	30	31
13.30	32	30	30	30	31
14.00	32	30	30	31	31
14.30	32	30	30	31	31
15.00	32	30	30	31	32
Jam	Relative Humidity (%)				
13.00	52				
13.30	52				
14.00	54				
14.30	57				
15.00	59				

5. Temperatur *outdoor* atau luar ruangan setelah dilakukan pengukuran sebesar : 33°C atau 91,4°F

4.2 Perhitungan CLTD (Cooling Load Temperature Difference)

Pada penelitian kali ini terdapat perhitungan yang digunakan yaitu CLTD atau *cooling load temperature difference*. Perhitungan menggunakan metode CLTD memiliki 2 Faktor didalamnya yaitu faktor eksternal dan juga faktor internal.

4.2.1 Faktor Eksternal

Berikut untuk perhitungan untuk faktor eksternal pada perhitungan CLTD

1. Menghitung nilai Q Eksterior

$$\text{Dinding} : Q = U \times A \times CLTD_c$$

Dimana

Q = Beban pendinginan dinding/atap/kaca (BTU/H)

U = Koefisien Perpindahan panas (BTU/h.ft².F)

A = Luas area (ft²)

$CLTD_c$ = Nilai perbedaan suhu yang telah dikoreksi (°F)

Perlu diketahui bahwasannya nilai U pada rumus perhitungan faktor eksternal CLTD terdapat pada tabel dari buku Edward, pada buku tersebut terdapat berbagai jenis atap yang digunakan. Adapun lampiran yang melampirkan tabel nilai U untuk perhitungan dinding dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Pada penelitian kali ini tipe dinding termasuk diantara tipe B dan D dari **Lampiran 1**. Sehingga perlu dilakukan interpolasi. Pada table tersebut dinding 12 cm atau 5 inchi dengan bahan *common brick*. Pada Tabel 4.3 memperlihatkan nilai interpolasi untuk mendapatkan nilai U , sehingga diperoleh nilai U pada dinding sebesar $U_{\text{dinding}} = 0,3868 \text{ BTU/f.ft}^2.\text{F}$

Tabel 4.3 Data Tipe dinding

Tipe Dinding	Ukuran(inch)	U (BTU/h F ft ²)
D	4	0,415
	5	0,3868
B	8	0,302

Setelah mendapatkan nilai U untuk jenis dan ketebalan dinding yang diinginkan selanjutnya adalah mencari nilai $CLTD_c$ untuk dinding

yang terpapar sinar matahari. Pada penelitian kali ini ruang kelas yang dijadikan objek penelitian terpapar pada arah mata angin barat dan timur untuk dindingnya. Sedangkan arah utara dan Selatan merupakan dinding untuk interior/bersebelah dengan ruang kelas lain.

Pada perhitungan beban pendinginan faktor eksternal nilai CLTDc harus didapatkan nilainya terlebih dahulu. Adapun untuk nilai CLTDc yang merupakan nilai perbedaan suhu yang telah dikoreksi sebagai berikut.

$$CLTDc = CLTD + LM + (78 - tR) + (ta - 85)$$

Dimana

LM = Koreksi pada garis lintang dan bulan

tR = Temperatur yang diinginkan (°F)

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

CLTD = Nilai koefisien yang terpapar sinar matahari terhadap arah mata angin

Pada nilai CLTD didapatkan dari tabel pada buku Edward untuk penelitian kali ini tabel tersebut terlampir pada **Lampiran 2**. Dalam lampiran tersebut sudah terdapat arah mata angin, jenis dinding yang digunakan, dan pada jam berapa saja terpapar sinar matahari. Nilai untuk CLTD pada penelitian kali ini menggunakan dinding tipe B dimana diamati selama 3 jam yang dimulai pada jam 13.00 WIB hingga 15.00 WIB. Berikut ini merupakan tabel nilai dari CLTD untuk jenis dinding tipe B.

Tabel 4.4 Data nilai CLTD pada arah mata angin terhadap waktu

Arah Mata Angin	13:00	14:00	15:00
E	21	22	24
W	14	14	14

LM pada rumus diatas merupakan nilai koreksi pada garis lintang dan bulan. Nilai dari Latitude and month sudah ditetapkan pada tabel yang sudah terlampir pada **Lampiran 3**. Pada tabel tersebut sudah dituliskan untuk nilai garis lintang, bulan, dan arah mata angin. Sehingga sudah ditetapkan nilai-nilainya. Adapun untuk cilegon berada pada *Latitude* 6°. Pada Lampiran 3 tidak terdapat nilai untuk *Latitude* 6°, sehingga perlu dilakukannya interpolasi.

Tabel 4.5 Data nilai LM

Lattitude	BULAN	W (Barat) dan E (Timur)
Lattitude	June	W & E
0		-3
6		-2,25
8		-2

$$LM = \frac{6 - 0}{8 - 0} \times (-2 - (-3)) + (-3) = -2,25$$

Setelah mendapatkan nilai LM hal yang harus dicari adalah nilai T_a yang merupakan nilai temperatur rata-rata luar ruangan yang mana dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut.

$$t_a = t_o - \left(\frac{DR}{2}\right)$$

Dimana

t_o = Suhu kering rancangan (°F)

DR = Rentang suhu harian pada data Indonesia (°F)

T_{Max} = 94 °F

T_{Min} = 74 °F

$$DR = T_{Max} - T_{Min} = 94 - 74 = 20^\circ F$$

Pada nilai DR dapat dicari melalui sumber terpercaya untuk cuaca pada negara Indonesia yaitu BMKG atau website BMKG atau website cuaca yang terpercaya seperti Weather.com [15].

Maka nilai dari T_a adalah

$$t_a = 73,4 - \left(\frac{20}{2}\right) = 81,4 \text{ } ^\circ F$$

Nilai-nilai yang terdapat pada CLTDc sudah didapatkan maka dilakukan perhitungan untuk CLTDc. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

Tabel 4.6 Data nilai CLTDc untuk setiap jamnya

Arah Mata Angin	13.00	14.00	15.00
<i>East</i>	19,75	20,75	22,75
<i>West</i>	12,75	12,75	12,75

$$CLTDc = CLTD + LM + (78 - t_R) + (t_a - 85)$$

- $CLTDc (E) \text{ Jam } 1 = 21 + (-2,25) + (78 - 73,4) + (81,4 - 85) = 19,75$
- $CLTDc (E) \text{ Jam } 2 = 22 + (-2,25) + (78 - 73,4) + (81,4 - 85) = 20,75$
- $CLTDc (E) \text{ Jam } 3 = 24 + (-2,25) + (78 - 73,4) + (81,4 - 85) = 22,75$
- $CLTDc (W) \text{ Jam } 1 = 14 + (-2,25) + (78 - 73,4) + (81,4 - 85) = 12,75$
- $CLTDc (W) \text{ Jam } 2 = 14 + (-2,25) + (78 - 73,4) + (81,4 - 85) = 12,75$
- $CLTDc (W) \text{ Jam } 3 = 14 + (-2,25) + (78 - 73,4) + (81,4 - 85) = 12,75$

Setelah mendapatkan nilai CLTDc untuk setiap jam dan arah mata angin yang diperlukan maka sudah dapat dilakukan untuk mencari nilai Q untuk ekterior. Berikut ini merupakan perhitungan dan hasil dari nilai Q untuk ekterior.

Tabel 4.7 Data Nilai Q ekterior

Komponen	Luas (ft ²)	U (Btu/h.ft ² .F)	13:00	14:00	15:00	MAX
Dinding (West)	495,386	0,3868	2487,367869	2487,367869	2487,367869	2487,367869
Dinding (East)	495,386	0,3868	3852,9816	3852,9816	4438,244628	4438,244628
						6925,612497

Rumus untuk menghitung Qeksterior adalah berikut.

$$Q = U \times A \times CLTD_c$$

- $Q \text{ (West) Jam 1} = 0,3868 \times 504,42838 \times 12,75 = 2487,367869 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$
- $Q \text{ (West) Jam 2} = 0,3868 \times 504,42838 \times 12,75 = 2487,367869 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$
- $Q \text{ (West) Jam 3} = 0,3868 \times 504,42838 \times 12,75 = 2487,367869 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$
- $Q \text{ (East) Jam 1} = 0,3868 \times 504,42838 \times 19,75 = 3852,9816 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$
- $Q \text{ (East) Jam 2} = 0,3868 \times 504,42838 \times 20,75 = 3852,9816 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$
- $Q \text{ (East) Jam 3} = 0,3868 \times 504,42838 \times 22,75 = 4438,244628 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$

Nilai Q eksterior yang telah didapatkan pada setiap jam dan arah mata angin yang digunakan nantinya akan diambil nilai tertingginya, hal ini dikarenakan nilai tertinggi pada Qeksterior akan berpengaruh terhadap besarnya nilai kebutuhan pendingingannya. Adapun penjumlahan dari nilai tertinggi tersebut agar didapatkan nilai total untuk Q eksterior.

$$\begin{aligned}
 Q_{eksterior} Tot &= Q_{Max} West + Q_{Max} East \\
 Q_{eksterior} Tot &= 2487,367869 + 4438,244628 \\
 &= 6925,612497 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai Q eksterior totalnya sebesar 6925,612497 BTU/h

2. Nilai pembebanan pada kaca

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF$$

Dimana

$$\begin{aligned}
 SHGF &= \text{Faktor tertinggi } \textit{solar heat gain} \text{ (BTU/hr.ft}^2\text{)} \\
 A &= \text{Luas kaca (ft}^2\text{)} \\
 SC &= \textit{Shading Coefficient} \\
 CLF &= \textit{Cooling load factor} \text{ untuk kaca}
 \end{aligned}$$

Pada nilai SHGF diperlukannya data-data tambahan. Data-data tambahan tersebut terdapat pada tabel yang terlampir pada **Lampiran 4**. Pada tabel tersebut disebutkan untuk nilai tertinggi *solar heat gain factor* dalam bentuk arah mata angin dan juga bulan dalam satu tahunnya. Nilai SHGF pada penelitian kali ini perlu dilakukannya interpolasi dikarenakan derajat *Latitude* tidak diketahui. Adapun nilai dari SHGF sebagai berikut.

Tabel 4.8 Data SHGF pada Latitude 6

Latitude	East & West
4	196
6	198
8	200

$$SHGF = \frac{6 - 4}{8 - 4} \times (200 - 196) + 196 = 198$$

Nilai SC atau *shading coefficient* merupakan nilai bayangan dari kaca. Nilai koefisien tersebut sudah terlampir pada tabel yang terdapat pada **Lampiran 5**. Pada penelitian kali ini untuk nilai SC tidak terdapat bayangan atau *Without Shading* sehingga nilai SC yang digunakan adalah 0.94

Nilai CLF pada perhitungan kaca dapat dilihat pada tabel yang tertera pada **Lampiran 6**. Dimana terdapat nilai CLF dan juga arah mata angin yang berfungsi sebagai penanda untuk kaca yang terpapar oleh sinar matahari. Nilai yang digunakan adalah pada tipe M dan arah mata angin *East* dan *West* karena sinar matahari memaparkan sinarnya di arah mata angin tersebut.

Sehingga nilai dari pembebanan pada Kaca adalah

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF$$

- $Q_w \text{ Jam } 1 = 198 \times 9,042 \times 0,94 \times 0,19 = 319,75 \frac{BTU}{h}$
- $Q_w \text{ Jam } 2 = 198 \times 9,042 \times 0,94 \times 0,29 = 488,04 \frac{BTU}{h}$
- $Q_w \text{ Jam } 3 = 198 \times 9,042 \times 0,94 \times 0,4 = 673,16 \frac{BTU}{h}$
- $Q_e \text{ Jam } 1 = 198 \times 9,042 \times 0,94 \times 0,35 = 589,01 \frac{BTU}{h}$
- $Q_e \text{ Jam } 2 = 198 \times 9,042 \times 0,94 \times 0,31 = 521,70 \frac{BTU}{h}$
- $Q_e \text{ Jam } 3 = 198 \times 9,042 \times 0,94 \times 0,35 = 488,04 \frac{BTU}{h}$

Dikarenakan jumlah kaca terdapat 4 maka nilai Q kacanya adalah

$$Q_{kaca} = Q \times n$$

- $Q_w \text{ Jam } 1 = 319,75 \times 4 = 1279,00175 \frac{BTU}{h}$
- $Q_w \text{ Jam } 2 = 488,04 \times 4 = 1952,160566 \frac{BTU}{h}$
- $Q_w \text{ Jam } 3 = 673,16 \times 4 = 2692,635264 \frac{BTU}{h}$
- $Q_E \text{ Jam } 1 = 589,01 \times 4 = 2356,055856 \frac{BTU}{h}$
- $Q_E \text{ Jam } 2 = 521,70 \times 4 = 2086,79233 \frac{BTU}{h}$
- $Q_E \text{ Jam } 3 = 488,04 \times 4 = 1952,160566 \frac{BTU}{h}$

Nilai Q Kaca yang telah didapatkan pada setiap jam dan arah mata angin yang digunakan nantinya akan diambil nilai tertinggi, hal ini dikarenakan nilai tertinggi pada Qkaca akan berpengaruh terhadap besarnya nilai kebutuhan pendingingannya. Adapun penjumlahan dari nilai tertinggi tersebut agar didapatkan nilai total untuk Q kaca 5048,68112 BTU/h.

$$Q_{kaca} Tot = Q_{Max} West + Q_{Max} East$$

$$Q_{kaca} Tot = 2692,635264 + 2356,055856 = 5048,69112 \frac{BTU}{h}$$

Sehingga nilai Qkaca total sebesar 5048,68112 BTU/h

4.2.2 Faktor Internal

Setelah mendapatkan nilai faktor eksternal adapun nilai faktor internal untuk menghitung beban pendinginan pada ruang kelas. Berikut ini merupakan nilai faktor internal pada perhitungan CLTD.

1. Beban pendinginan dalam (Dinding dalam dan Plafond)

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

Dimana

U = Nilai koefisien perpindahan panas pada langit-langit/partisi/lantai (BTU/(h.ft².F))

A = Luas Area (ft²)

ΔT = Selisih temperatur luar dan yang diinginkan (°F)

Perlu diperhatikan untuk nilai U pada perhitungan ini terdapat perbedaan karena penggunaannya terdapat Dinding dalam dan juga Plafond. Nilai U yang dipilih merupakan dinding tipe B untuk dinding dan juga 4 inchi *heavyweight concrete* atau no.9 pada tabel yang terdapat pada **Lampiran 9**. Yang bernilai 0,128 Btu/h.ft².°F berikut untuk tabel hasil perhitungan beban pendinginan interior.

Tabel 4.9 Data nilai pembebanan interior

Komponen	A(ft ²)	U	Delta T	Q (BTU/h)
Dinding Dalam	240,815585	0,3868	13	1210,760557
Plafond	504,42838	0,128	13	839,3688243

Secara tertulis dapat dilihat dibawah ini.

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

- $Q_{Dinding\ dalam} = 0,3868 \times 240,815585 \times 13 = 1210,7660557 \frac{BTU}{h}$
- $Q_{Plafond} = 0,128 \times 504,42838 \times 13 = 839,3688243 \frac{BTU}{h}$

Sehingga nilai total pada pembebanan pada interior yaitu sebesar 2050,129382 BTU/h.

$$Q_{Tot} = 1210,7660557 + 839,3688243 = 2050,129382 \frac{BTU}{h}$$

Nilai untuk Q internal yang didapatkan adalah sebesar 2050,129382 BTU/h.

2. Penghuni

$$Q_{sensibel} = n \times q_s \times CLF$$

$$Q_{laten} = n \times q_l$$

Dimana

n = Jumlah manusia dalam ruangan

q_s = Beban kalor sensibel

q_l = Beban kalor laten

CLF = Nilai faktor 1 dikarenakan aktifitas manusia pada malam hari terhenti.

Pada perhitungan beban pendinginan untuk penghuni terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah kegiatan manusia dan juga tempat manusia beraktifitas. Nilai pada Q_s dan juga Q_l dapat ditemukan pada **Lampiran 11**. Adapun untuk nilai CLF pada perhitungan kali ini yaitu sebesar 1 dikarenakan aktifitas manusia terhenti pada saat malam. Untuk nilai Q_s pada penelitian kali ini yaitu sebesar 245 Btu/h, sedangkan untuk Q_l didapatkan nilai 155 BTU/h. Adapun menggunakan tipe *office* dikarenakan tidak terdapat nilai untuk ruang kelas dan juga aktifitas pada kelas dan *office* diasumsikan sama. Sehingga nilai dari Q untuk penghuni yaitu sebesar:

$$Q_{sensibel} = n \times q_s \times CLF$$

$$\bullet \quad Q_{sensibel} = 25 \times 245 \times 1 = 6125 \frac{BTU}{h}$$

$$Q_{laten} = n \times q_l$$

$$\bullet \quad Q_{laten} = 25 \times 155 = 3875 \frac{BTU}{h}$$

Sehingga nilai total untuk Q penghuni yaitu sebesar

$$Q_{penghuni} = 6125 + 3875 = 10000 \frac{BTU}{h}$$

Nilai yang didapatkan untuk Q penghuni adalah sebesar 10000 BTU/h.

3. Beban Pencahayaan

$$Q = 3,4 \times W \times BF \times CLF$$

Dimana

W = Daya pada pencahayaan (lampu)

BF = Faktor ballas

CLF = Nilai faktor beban pendinginan sesuai hunian
(1.0) apabila tidak 24 jam

Pada BF atau nilai faktor ballas yang digunakan adalah 1.25 dikarenakan jenis lampu yang digunakan pada ruang kelas adalah jenis neon atau *fluorescent lighting* seperti yang dijelaskan pada **Lampiran 7**. Sedangkan untuk nilai CLF digunakan 1 dikarenakan tidak digunakan selama 24 jam. Selanjutnya adalah mengtotalkan jumlah daya yang dihasilkan dari jumlah dan jenis lampu yang digunakan pada ruang kelas.

Tabel 4.10 Nilai Q Pencahayaan

Jenis Lampu	n (Jumlah)	W (untuk 2 buah)	Wtotal
NEON 19 W	8	36	288

Atau

$$W_{tot} = W \times n$$

Dimana

W = Daya pada pencahayaan (lampu)

n = Jumlah lampu

$$W_{tot} = W \times n$$

$$W_{tot} = 36 \times 8 = 288 \text{ W}$$

Setelah mendapatkan nilai W maka bisa didapatkan nilai pembebanan untuk pencahayaan.

$$Q = 3,4 \times W \times BF \times CLF$$

$$Q = 3,4 \times 288 \times 1,25 \times 1 = 1227,6 \frac{BTU}{h}$$

Sehingga nilai untuk pembebanan penchayaan yaitu sebesar 1227,6 BTU/h.

4. Beban peralatan (*Equipment*)

$$Q = 3,4 \times W_{equipment} \times CLF$$

Dimana

$W_{equipment}$ = Daya pada peralatan (Watt)

CLF = Nilai faktor beban pendinginan sesuai hunian
(1.0) Jika tidak 24 jam pemakaian

Adapun untuk jenis jenis equipment dan jumlahnya adalah sebagai berikut.

Tabel 4.11 Jenis dan jumlah Equipment

Nama	Jumlah	Beban Listrik (W)	Jumlah Beban (W)
Televisi	1	180	180

Sehingga untuk nilai Q peralatan adalah

$$\bullet \quad Q_{televisi} = 3,4 \times 180 \times 1 = 614,185 \frac{BTU}{h}$$

$$Q_{total} = 614,185 \frac{BTU}{h}$$

Adapun untuk Q_{total} dari pembebanan pada peralatan adalah sebesar 614,185 BTU/h

5. Beban Ventilasi

$$Q_{Sensibel} = 1,1 \times CFM \times \Delta T$$

$$Q_{Laten} = 4840 \times (W'_0 - W'_i) \times CFM$$

Dimana

Q_s = Kalor sensibel (BTU/h)

Q_l = Kalor laten (BTU/h)

ΔT = Selisih temperatur luar dan DR ($^{\circ}\text{F}$)

CFM = *Air ventilation rate* (ft^3/min)

W'_0 = Nilai *Humidity ratio* luar ruangan (gr.w/lb.d.a)

W'_i = Nilai *Humidity ratio* dalam ruangan (gr.w/lb.d.a)

Mencari nilai CFM dapat dilakukan dengan mendapatkan nilai

$$CFM = \frac{CFM}{Person} \times No. of People$$

Dimana nilai $Q/Person$ dapat ditemukan pada **Lampiran 12**.

Adapun nilai *No. of People* didapat dari luas area pada lantai, sehingga.

$$CFM = \frac{50}{1000} \times 504,42838 = 25 CFM/Person$$

Asumsi pada ventilasi terkontrol untuk 5 CFM, maka nilai CFM ruangan sebesar

$$Q = 25 \times 25 = 625 CFM$$

Sehingga nilai untuk Q_{sensibel} didapatkan sebesar,

$$Q_{\text{sensibel}} = 1,1 \times CFM \times \Delta T$$

$$Q_{\text{sensibel}} = 1,1 \times 625 \times 71 = 1375 \frac{BTU}{h}$$

Adapun untuk nilai Q_{laten} yaitu

$$Q_{\text{laten}} = 4840 \times (W'_0 - W'_i) \times CFM$$

Nilai W_0 dan W_i didapatkan pada tabel psikometri dengan memasukan nilai temperatur luar dan dalam beserta nilai RH.

Adapun nilainya terlampir pada **Lampiran 13**.

$$Q_{\text{laten}} = 4840 \times (0,018 - 0,01) \times 125 = 4840 \frac{BTU}{h}$$

Sehingga nilai total untuk pembebanan ventilasi didapatkan

$$Q_{\text{ventotal}} = 1375 + 4840 = 6215 \frac{BTU}{h}$$

Setelah mendapatkan nilai keseleruhan yang diperlukan maka total kebutuhan pendinginan ruangan yang diperlukan yaitu

$$\begin{aligned}
 Q_{total} &= Q_{Eksterior} + Q_{Interior} + Q_{kaca} + Q_{Pencahaya} \\
 &\quad + Q_{Manusia} + Q_{perlitan} + Q_{Ventilasi} \\
 Q_{total} &= 6801,469228 + 2050,129382 + 5048,69112 + 612 \\
 &\quad + 10000 + 1671,949 + 6215 \\
 &= 26326,498611 \frac{BTU}{h}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan untuk perhitungan CLTD nilai kebutuhan pendinginan pada ruang kelas sebesar 26326,49861 Btu/h atau setara dengan 2,925166512 PK.

4.3 Perhitungan ROT HVAC (*Rule Of Thumb*)

Rule of Thumb dalam HVAC adalah metode sederhana yang digunakan untuk memperkirakan kebutuhan pemanasan, ventilasi, dan pendinginan suatu ruang berdasarkan luasannya dan jenis penggunaannya. Pendekatan ini menggunakan faktor umum seperti 500-700 BTU per meter persegi untuk area perumahan, 650-1000 BTU per meter persegi untuk perkantoran, dan nilai yang lebih tinggi untuk ruang komersial seperti restoran dan toko ritel. Adapun rumusnya sebagai berikut.

$$Q = A \times ROT$$

Dimana

A = Luas Ruangan (ft²)

ROT = Faktor pengkali untuk ruangan yang digunakan (Btuh/ft²)

Nilai ROT dapat dilihat pada **Lampiran 14**. Maka nilai untuk kebutuhan pendinginan menggunakan metode ROT ialah

Tabel 4.12 Tabel Perhitungan ROT

ROT					
R.3	Luas	Pengkali	Pengkali	Kebutuhan	Kebutuhan
-2	ft ²	Minimal	Maximal	Minimal (BTU/h)	Maximal (BTU/h)

504,42 838	43	53	21690	26735
---------------	----	----	-------	-------

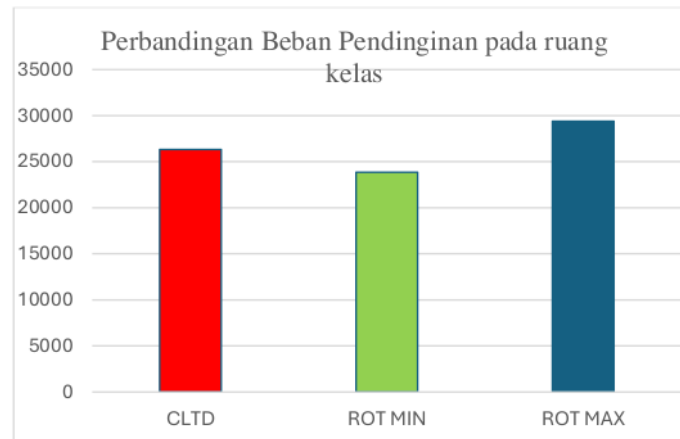
$$Q_{min} = 504,42838 \times 43 = 21690 \frac{BTU}{h}$$

$$Q_{max} = 504,42838 \times 53 = 26735 \frac{BTU}{h}$$

Sehingga nilai kebutuhan pendinginan untuk metode ROT yaitu sebesar 21690 Btu/h untuk minimal sedangkan untuk nilai maksimalnya yaitu 26735 Btu/h.

4.4 Analisis Dan Perbandingan Data

Dalam dunia perancangan sistem pendingin udara (HVAC), dua metode yang sering digunakan untuk menghitung beban pendinginan adalah metode Cooling Load Temperature Difference (CLTD) dan Rule of Thumb (ROT). Meskipun kedua metode ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan pendinginan suatu ruangan atau bangunan, mereka memiliki pendekatan dan tingkat akurasi yang berbeda.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan nilai pembebanan tiap metode

Metode CLTD adalah pendekatan yang lebih rinci dan akurat dalam menghitung beban pendinginan. CLTD mempertimbangkan berbagai variabel seperti perbedaan suhu antara dalam dan luar ruangan, material bangunan,

ketebalan dinding, orientasi bangunan, dan waktu. Dengan mempertimbangkan semua faktor ini, CLTD memberikan estimasi yang lebih tepat mengenai beban pendinginan yang diperlukan. Sebagai contoh, dalam data hasil perhitungan CLTD menunjukkan nilai 26326,49861 Btu/h. Angka ini mencerminkan beban pendinginan yang lebih spesifik dan akurat karena didasarkan pada analisis mendalam terhadap kondisi bangunan dan lingkungan sekitarnya.

Di sisi lain, metode ROT adalah pendekatan yang lebih sederhana dan cepat. ROT menggunakan aturan umum atau perkiraan kasar untuk menghitung beban pendinginan. Metode ini tidak mempertimbangkan banyak variabel spesifik seperti yang dilakukan oleh CLTD. Sebagai hasilnya, ROT memberikan rentang estimasi yang lebih luas, seperti yang terlihat dalam data dengan nilai ROT MIN sebesar 23859 Btu/h dan ROT MAX sebesar 29408 Btu/h. Meskipun ROT kurang akurat dibandingkan CLTD, metode ini sering digunakan untuk estimasi awal atau ketika data detail tidak tersedia. ROT memberikan gambaran umum mengenai kebutuhan pendinginan, yang dapat berguna dalam tahap perencanaan awal.

Berdasarkan data kebutuhan AC yang diberikan pada suhu 26°C, nilai CLTD (Cooling Load Temperature Difference) sebesar 23925.86 Btu/h menunjukkan beban pendinginan yang dihitung berdasarkan perbedaan suhu antara dalam dan luar ruangan. Metode ini biasanya lebih akurat karena mempertimbangkan berbagai faktor seperti isolasi, orientasi bangunan, dan material dinding. Sementara itu, nilai ROT (Rule of Thumb) memberikan estimasi beban pendinginan berdasarkan aturan praktis yang lebih sederhana, dengan ROT MIN sebesar 23859 Btu/h dan ROT MAX sebesar 29408 Btu/h. Nilai CLTD yang hampir sama dengan ROT MIN menunjukkan bahwa perhitungan CLTD dan estimasi ROT MIN hampir sejalan, memberikan hasil yang cukup konservatif dan realistis. ROT MAX yang lebih tinggi dari CLTD mungkin mencerminkan skenario terburuk atau kondisi yang lebih ekstrem. Berdasarkan data ini, nilai CLTD memberikan gambaran yang lebih spesifik dan mungkin lebih dapat diandalkan untuk kebutuhan pendinginan, sementara ROT MIN dan ROT MAX

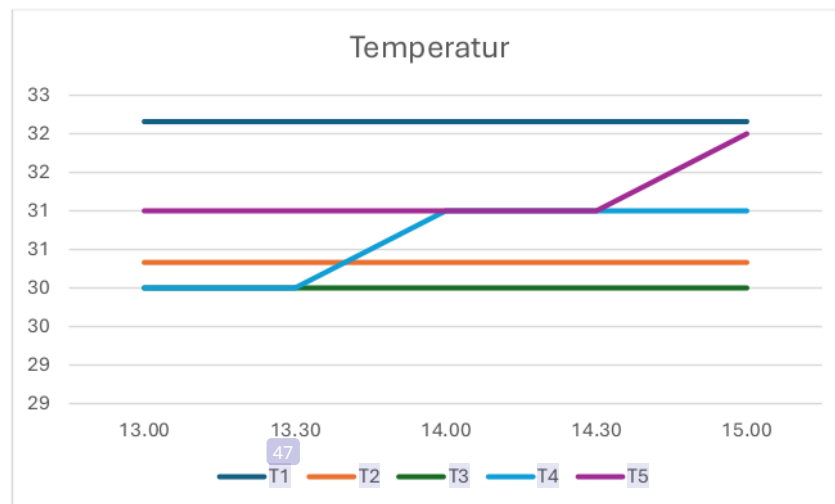
memberikan rentang yang berguna untuk memastikan bahwa sistem pendingin cukup fleksibel untuk menangani variasi dalam beban pendinginan.

Perbedaan utama antara CLTD dan ROT terletak pada tingkat akurasi dan kompleksitas perhitungan. CLTD lebih akurat karena mempertimbangkan lebih banyak variabel yang mempengaruhi beban pendinginan. Namun, metode ini juga lebih kompleks dan memerlukan data yang lebih detail. Sebaliknya, ROT lebih sederhana dan cepat, tetapi kurang akurat karena tidak mempertimbangkan banyak faktor spesifik. Dalam konteks data yang Anda berikan, hasil CLTD menunjukkan nilai yang lebih tinggi dan spesifik dibandingkan ROT, yang memberikan rentang estimasi yang lebih luas.

Dalam praktiknya, pemilihan metode perhitungan beban pendinginan tergantung pada kebutuhan dan ketersediaan data. Jika data detail tersedia dan akurasi tinggi diperlukan, CLTD adalah pilihan yang lebih baik. Namun, jika hanya diperlukan estimasi kasar atau data detail tidak tersedia, ROT dapat digunakan sebagai alternatif yang cepat dan mudah. Kedua metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, dan sering kali digunakan secara bersamaan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kebutuhan pendinginan suatu bangunan.

Dengan memahami perbedaan antara CLTD dan ROT, para perancang sistem HVAC dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam merancang sistem pendingin udara yang efisien dan efektif. Penggunaan metode yang tepat dapat membantu mengoptimalkan kinerja sistem pendingin, mengurangi konsumsi energi, dan meningkatkan kenyamanan penghuni bangunan. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan karakteristik dan kebutuhan spesifik setiap proyek dalam memilih metode perhitungan beban pendinginan yang paling sesuai.

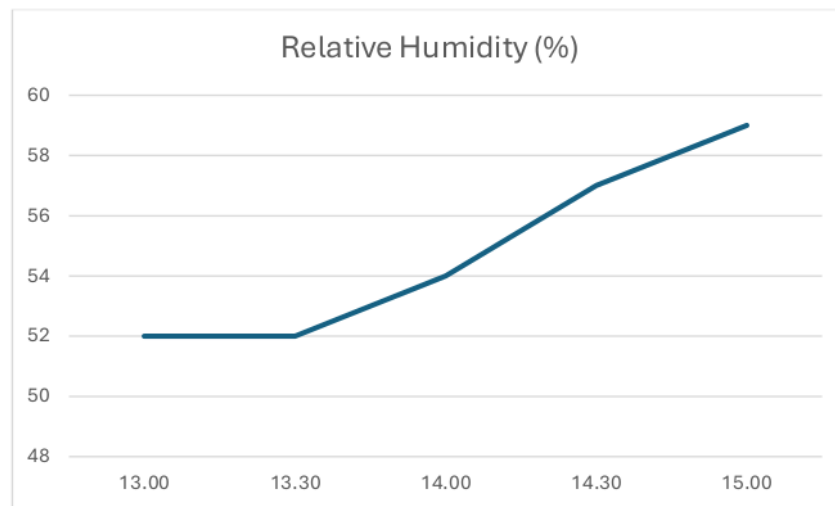
Adapun nilai-nilai temperatur terhadap waktu yang dilakukan menggunakan alat termokopel tipe k dan juga labjack u6. Berikut ini merupakan grafik temperatur terhadap waktu.



Gambar 4.4 grafik nilai temperature ruang tanpa mesin pendingin terhadap waktu

Perlu diketahui bahwasannya nilai T1 hingga T3 dilakukan dengan menggunakan alat labjack u6 data akuisisi, sedangkan nilai T4 dan T5 menggunakan termokopel tipe K. Data diambil pada rentang waktu 2 jam dimana dimulai pada pukul 13.00 – 15.00 WIB dengan rentang waktu per 30 menit. Pada data T1 (Biru), T2 (Ungu), dan T3 (Hijau) Temperatur relatif stabil sepanjang waktu, berkisar antara 30°C hingga 31°C. Pada data T4 (Oranye) Menunjukkan sedikit peningkatan dari sekitar 30°C pada pukul 13.00 hingga mendekati 32°C pada pukul 15.00. Pada data T5 (Merah Muda) menunjukkan peningkatan signifikan, mulai dari sekitar 31°C pada pukul 13.00 hingga hampir 32°C pada pukul 15.00. Berdasarkan SNI 6390:2011, suhu kenyamanan di Indonesia adalah sekitar 25.5°C dengan toleransi $\pm 1.5^\circ\text{C}$. Sehingga nilai temperatur pada ruang kelas belum memenuhi standar nasional Indonesia untuk kategori nyaman.

Selain temperatur adapun data *relative humidity* yang didapatkan dalam pengambilan data di ruang kelas. Berikut ini merupakan nilai RH pada ruang kelas.



Gambar 4.5 grafik nilai *Relative Humidity* terhadap waktu

Grafik menunjukkan perubahan kelembaban relatif (RH) dari sekitar 52% pada pukul 13.00 hingga hampir 58% pada pukul 15.00. Untuk menganalisis dan membandingkan dengan nilai kelembaban relatif dari Standar Nasional Indonesia [1], diperlukannya mengetahui standar SNI

Menurut informasi dari BMKG, tingkat kelembaban relatif yang ideal di Indonesia biasanya berkisar antara 45% hingga 65%. Berdasarkan grafik, nilai kelembaban relatif berada dalam kisaran ini, yang berarti masih dalam batas yang dianggap ideal dan nyaman menurut standar SNI.

KESIMPULAN DAN SARAN**5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan pada penelitian kali ini yaitu:

1. Pada penelitian kali ini didapatkan nilai beban pendinginan menggunakan metode CLTD sebesar 26.326 BTU/h, sedangkan untuk nilai beban pendinginan menggunakan metode ROT sebesar 23.859 BTU/h untuk minimalnya dan 29.408 BTU/h untuk maksimalnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode ROT ini merupakan perancangan untuk menghitung nilai beban pendinginan secara kasar.
2. Adapun pada penelitian kali ini terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya beban pendinginan yang dihasilkan dari suatu ruangan yaitu lampu, peralatan, jendela, jumlah manusia, ventilasi, dan lainnya.

5.2 Saran

Adapun saran yang peneliti berikan untuk memperbaiki penulisan tugas akhir kedepannya yaitu;

1. Melakukan riset terlebih dahulu terhadap jenis ruangan yang ingin dihitung beban pendinginan.
2. Melakukan riset terhadap alat yang digunakan untuk melakukan pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI, *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN, 2001.
- [2] ASHRAE, *COOLING AND HEATING LOAD CALCULATION MANUAL*. U.S Department of Housing and Urban Development, 1980.
- [3] A. A. J. Bell, "HVAC: equations, data, and rules of thumb," 2000.
- [4] K. Elim, A. C. Surja, P. Sudjarwo, and N. J. J. D. P. T. S. Susilo, "Perhitungan Dan Metode Konstruksi Sistem Pendinginan Terhadap Auditorium," vol. 4, no. 2, 2015.
- [5] N. A. Lusi Susanti, "EVALUASI KENYAMANAN TERMAL RUANG SEKOLAH SMA NEGERI DI KOTA PADANG " *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 12, p. 311, 2013.
- [6] LabJack. *Labjack u6 Precision USB Multifunction DAQ*. Available: <https://labjack.com/products/u6>
- [7] E. Syahril and R. H. J. J. T. d. I. Sudono, "Perencanaan Beban Pendingin pada Gedung Baru Rumah Sakit PMI Bogor dengan Metode CLTD," 2021.
- [8] E. G. Pita, *Air Conditioning Principle and Systems*. 2002.
- [9] N. Aura Mas and A. a. Hasyim, "Analisa Konsumsi Energi Listrik Beban Lift Dan Hvac Di Gedung Induk Siti Walidah," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2020.
- [10] R. McDowall, *Fundamentals of HVAC systems: SI edition*. Academic Press, 2007.
- [11] M. Y. Mappedasse, E. S. Rahman, and K. Prasajo, "Perawatan dan Perbaikan Air Conditioner (AC) Split," 2023.
- [12] K. Ridhuan and I. G. A. J. T. J. P. S. T. M. Juniawan, "Pengaruh media pendingin air pada kondensor terhadap kemampuan kerja mesin pendingin," vol. 3, no. 2, 2014.
- [13] A. J. K. T. IMAMUL, "PENGOPERASIAN, PERAWATAN DAN PERBAIKAN AC CHILLED WATER PLANT GUNA MENUNJANG KENYAMANAN ABK DI KM. SIMORE PT. JANATA MARINA INDAH SEMARANG," 2019.
- [14] S. Indarwati, S. M. B. Respati, and D. J. J. I. M. Darmanto, "Kebutuhan daya pada air conditioner saat terjadi perbedaan suhu dan kelembaban," vol. 15, no. 1, 2019.
- [15] Weather.com. (2024). *Cuaca Bulanan*. Available: <https://weather.com/id-ID/weather/monthly/l/8037d0acc8ee3fc5e43b2ce466e8ad5709bae0ea21a456d8cd9264b5b191b49cd8e1f2f93dae2db36c4a579b972beaf9>
- [16] engproguides.com. (2024, 10-5-2024). *HVAC Rule Of Thumb*.

Skripsi Sukma Agisna.pdf

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	docplayer.info Internet Source	2%
2	eprints.untirta.ac.id Internet Source	2%
3	text-id.123dok.com Internet Source	1%
4	Submitted to National Library of Indonesia Student Paper	1%
5	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1%
6	repository.ub.ac.id Internet Source	<1%
7	ejournal.itats.ac.id Internet Source	<1%
8	repository.its.ac.id Internet Source	<1%
9	Submitted to Myanmar Noble College Student Paper	<1%

10	repository.unama.ac.id Internet Source	<1 %
11	dspace.uui.ac.id Internet Source	<1 %
12	jres1.ejournal.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
13	lontar.ui.ac.id Internet Source	<1 %
14	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
15	core.ac.uk Internet Source	<1 %
16	simpler.its.ac.id Internet Source	<1 %
17	Submitted to Udayana University Student Paper	<1 %
18	repository.unimar-amni.ac.id Internet Source	<1 %
19	www.westerncalendar.uwo.ca Internet Source	<1 %
20	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	<1 %
21	madepujangga84.blogspot.com Internet Source	<1 %

22	www.blog.qualitytechnic.com Internet Source	<1 %
23	repository.unja.ac.id Internet Source	<1 %
24	digilib.uin-suka.ac.id Internet Source	<1 %
25	repository.pip-semarang.ac.id Internet Source	<1 %
26	Pereira, André Gaspar Ribeiro. "Study of the Effect of Modelling Approaches in the Accuracy of Building Energy Simulation Models", Universidade do Porto (Portugal), 2024 Publication	<1 %
27	abnusjournal.com Internet Source	<1 %
28	eprints.polsri.ac.id Internet Source	<1 %
29	wikielektronika.com Internet Source	<1 %
30	www.ijssrd.com Internet Source	<1 %
31	pt.scribd.com Internet Source	<1 %

32	Y.P. Zhou, J.Y. Wu, R.Z. Wang, S. Shiochi. "Energy simulation in the variable refrigerant flow air-conditioning system under cooling conditions", Energy and Buildings, 2007 Publication	<1 %
33	badanmutu.or.id Internet Source	<1 %
34	ml.scribd.com Internet Source	<1 %
35	diasdiari.blogspot.com Internet Source	<1 %
36	www.firealarm.pt-cas.co.id Internet Source	<1 %
37	123dok.com Internet Source	<1 %
38	eprints.umg.ac.id Internet Source	<1 %
39	es.scribd.com Internet Source	<1 %
40	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %
41	repository.upnjatim.ac.id Internet Source	<1 %
42	www.edu.unideb.hu Internet Source	<1 %

43	astromesin.com Internet Source	<1 %
44	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
45	digiwarestore.com Internet Source	<1 %
46	downixs.wordpress.com Internet Source	<1 %
47	eprints2.undip.ac.id Internet Source	<1 %
48	fbs.unj.ac.id Internet Source	<1 %
49	jurnal.narotama.ac.id Internet Source	<1 %
50	rifasayan.wordpress.com Internet Source	<1 %
51	sukasukaajahcom.blogspot.com Internet Source	<1 %
52	docobook.com Internet Source	<1 %
53	orca.cf.ac.uk Internet Source	<1 %
54	repository.uinsu.ac.id Internet Source	<1 %

55

repository.unsri.ac.id

Internet Source

<1 %

56

Goodwill Desember 2013. "Goodwill Vo. 4 No. 2 Desember 2013", JURNAL RISET AKUNTANSI DAN AUDITING "GOODWILL", 2014

Publication

<1 %

57

invotek.ppj.unp.ac.id

Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

Skripsi Sukma Agisna.pdf

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

