

**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**

TUGAS AKHIR

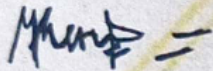
Perhitungan Analisis Beban Pendingin Udara Pada Ruang kelas FT. Untirta Dengan Metode HVAC ROT dan CLTD

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

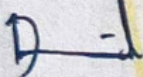
Sukma Agisna
3331200008

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 13 Mei 2024

Pembimbing Utama

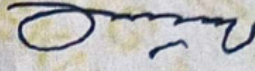


Dr. Ir. Ni Ketut Caturwati, MT.
NIP. 196706022001122001

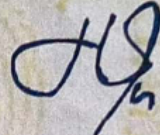


Dr. Dwinanto, ST., MT.
NIP. 198301122008121001

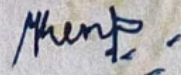
Anggota Dewan Penguji



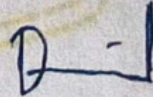
Imron Rosyadi, ST., MT.
NIP. 197605042006041001



Shofiatul Ula, M.Eng.
NIP. 198403132019032009



Dr. Ir. Ni Ketut Caturwati, MT.
NIP. 196706022001122001



Dr. Dwinanto, ST., MT.
NIP. 198301122008121001

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



Tanggal, 19 Desember 2024
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA

Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng.
NIP. 198305102012121006

PERSETUJUAN

Skripsi

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

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

Sukma Agisna

3331200008

Telah disetujui oleh dosen pembimbing Skripsi

Pada tanggal 30 Agustus 2024

Dosen Pembimbing 1,

Dr. Ir. Ni Ketut Caturwati, M.T

NIP. 196706022001122001

Dosen Pembimbing 2,

Dr. Dwinanto, S.T., M.T

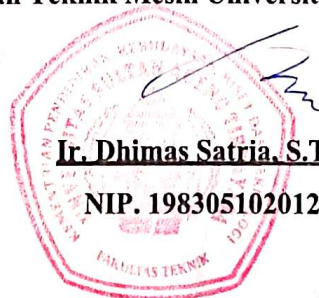
NIP. 198902262015041002

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal

Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,



Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng

NIP. 198305102012121006

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Sukma Agisna

NIM : 3331200008

Judul : Perhitungan Analisis Beban Pendinginan Udara pada Ruang Kelas
FT UNTIRTA dengan Metode HVAC ROT dan CLTD

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

Menyatakan

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, Agustus 2024



Sukma Agisna

3331200008

KATA PENGANTAR

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

Penulis 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. Penulis sangat mengharapkan adanya kritik serta saran yang dapat membangun dan menambahkan pengetahuan. Sekian saya ucapkan terimakasih.

ABSTRAK

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

SUKMA AGISNA

3331200008

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 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.

Kata Kunci: HVAC, CLTD, ROT, Pendinginan

ABSTRACT

COOLING LOAD ANALYSIS CALCULATION IN FT UNTIRTA CLASSROOMS USING HVAC ROT AND CLTD METHODS

SUKMA AGISNA

3331200008

The calculation of the cooling load aims to determine the capacity of the HVAC system required to achieve the desired air condition. There are various methods that can be used to calculate the cooling load, one of which is the ASHRAE method and the HVAC Rule of Thumb method. The ASHRAE approach takes a comprehensive approach to calculating the cooling load for HVAC systems, performing detailed calculations with various factors. The Rule of Thumb can perform simple calculations to estimate the cooling load. The differences between the ASHRAE method and the HVAC Rule of Thumb method prompted this research to compare the use of both methods in calculating the cooling load in the R.3-2 classroom. This research aims to compare the cooling load calculations in the R.3-2 classroom at FT UNTIRTA between the ASHRAE and HVAC Rule of Thumb methods, and analyze the factors that affect these differences. In this study, the cooling load value using the CLTD method was found to be 26,326 BTU/h, while the cooling load value using the ROT method was 23,859 BTU/h for the minimum and 29,408 BTU/h for the maximum. It can be concluded that the ROT method is designed for rough calculations of the cooling load as it does not consider the heat generated from lights, equipment, windows, the number of people, and other factors.

Keywords: HVAC, CLTD, ROT, Cooling

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
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
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
4.2.1	Faktor Eksternal.....	25
4.2.2	Faktor Internal.....	32
4.3	Perhitungan ROT HVAC (<i>Rule Of Thumb</i>).....	37
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

BAB I

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 Bastasan 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.

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.

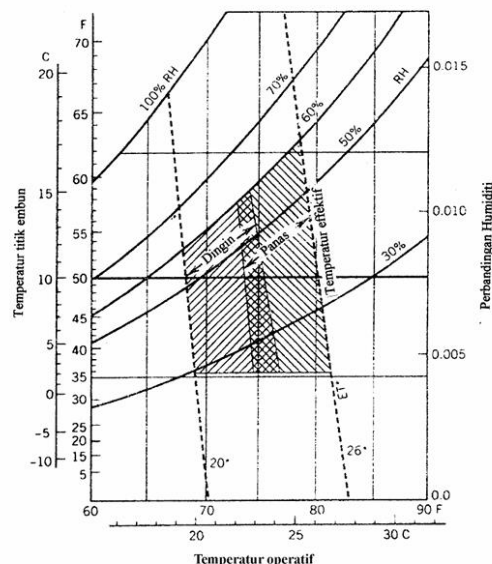
Dalam penelitiannya Susanti dan Aulia menyatakan orientasi bangunan terhadap sinar matahari, penempatan ventilasi, dan jumlah ventilasi yang terkait dengan pertukaran udara, berperan penting dalam menentukan kenyamanan termal di dalam ruangan [5]. Seiring kemajuan teknologi, penggunaan Air Conditioner [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]

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 :

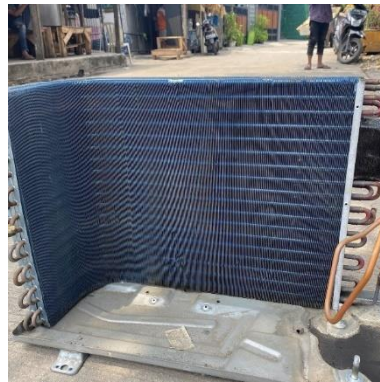
1. Kompresor: Meningkatkan tekanan refrigerant dalam bentuk gas yang keluar dari evaporator setelah menyerap kalor ataupun panas udara ruang yang ingin didinginkan. Refrigerant dalam bentuk gas yang keluar compressor selain memiliki tekanan tinggi juga diikuti dengan peningkatan temperatur gas[11].



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

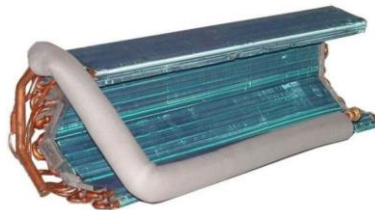
(Sumber: qualitytechnic.com)

3. Katup Ekspansi: Pada katup ekspansi memiliki fungsi dimana menurunkan tekanan fluida cair dengan cara melewati 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)

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:

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

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 *Ceiling*.

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 ($^{\circ}\text{F}$)

t_a = Temperatur rata-rata luar ruangan ($^{\circ}\text{F}$)

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 ($^{\circ}\text{F}$)

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 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 ($^{\circ}F$)

ta = Temperatur rata-rata luar ruangan ($^{\circ}F$)

$CLTD$ = 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 mataharinya.

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.

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

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 *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 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.

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)

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].



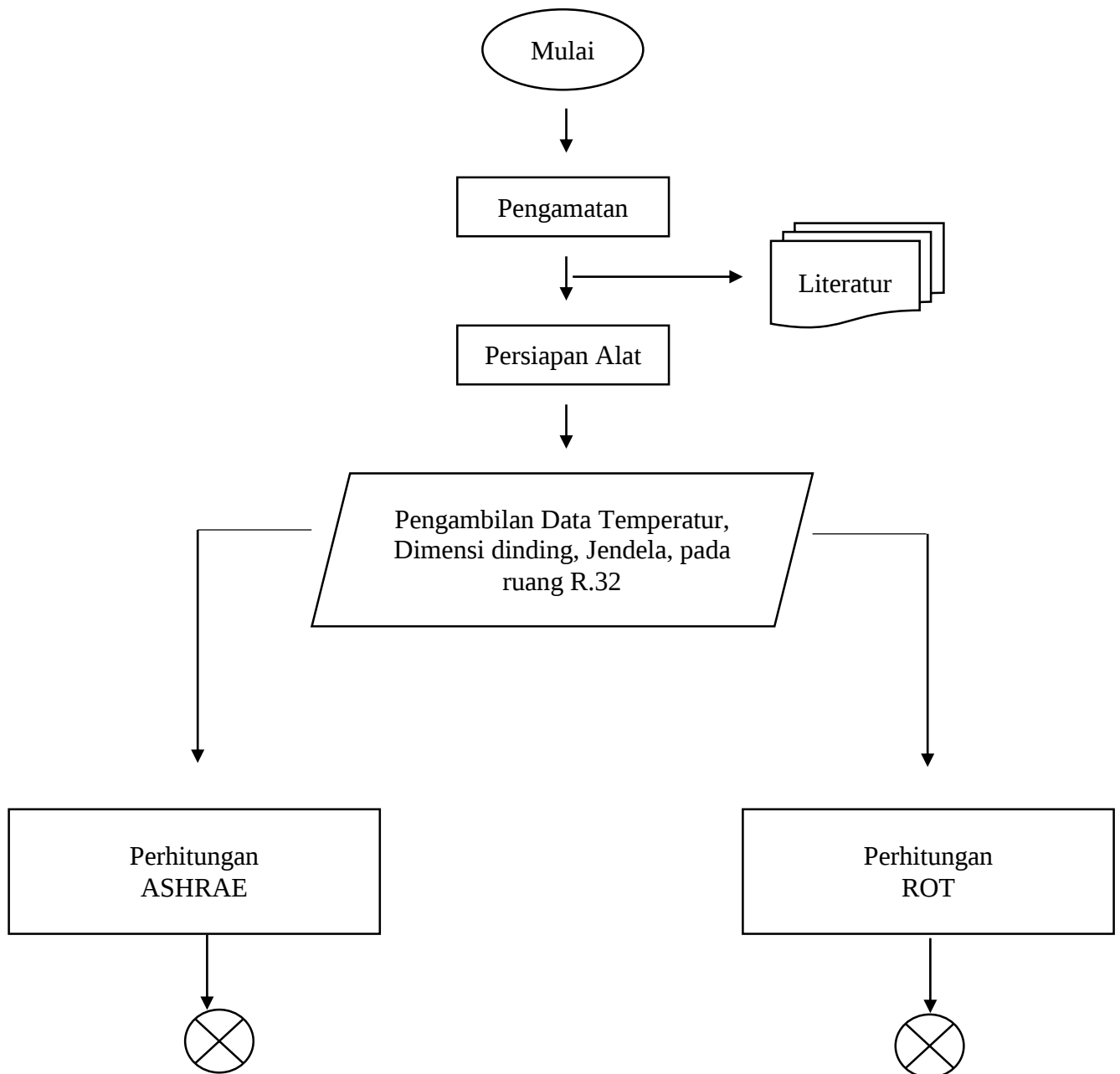
Gambar 2.7 LabJack U6
(Sumber: LabJack.com)

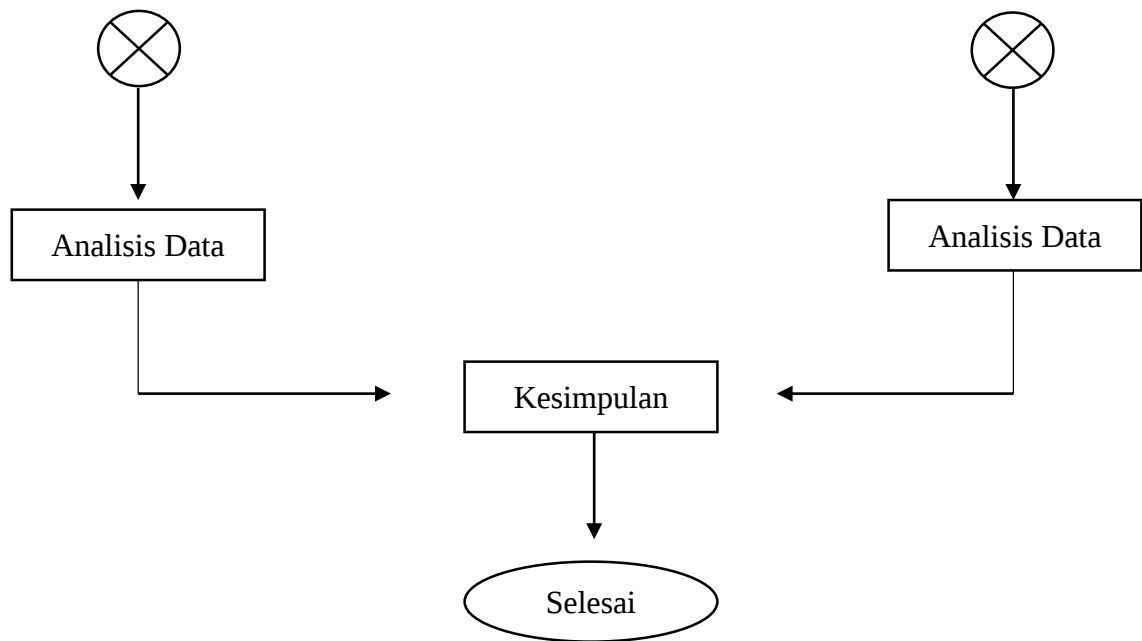
BAB III

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

BAB IV

DATA HASIL DAN PEMBAHASAN

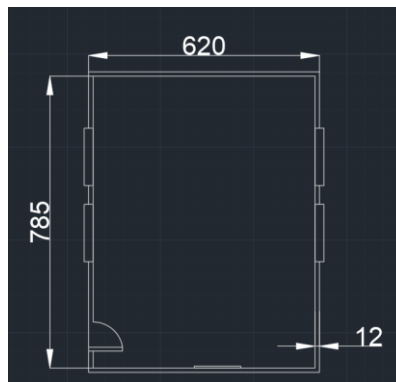
4.1 Hasil Pengambilan Data Ruang Kelas

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 eksterior. Berikut ini merupakan perhitungan dan hasil dari nilai Q untuk eksterior.

Tabel 4.7 Data Nilai Q eksterior

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.

$$Q = U \times A \times CLTD_C$$

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

Nilai Q eksterior yang telah didapatkan pada setiap jam dan arah mata angin yang digunakan nantinya akan diambil nilai tertinggi, 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.

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

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

2. Nilai pembebanan pada kaca

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

Dimana

SHGF = Faktor tertinggi *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 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:

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

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

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

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

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 perlatan (*Equipment*)

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

Dimana

$W_{equipment}$ = Daya pada perlatan (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 Qtotal 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.

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

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

$$Q = 25 \times 25 = 625 \text{ CFM}$$

Sehingga nilai untuk Q_{sensibel} didapatkan sebesar,

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

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

Adapun untuk nilai Q_{laten} yaitu

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

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

Adapun nilainya terlampir pada **Lampiran 13**.

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

Sehingga nilai total untuk pembebanan ventilasi didapatkan

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

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

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

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
---------------	----	----	-------	-------

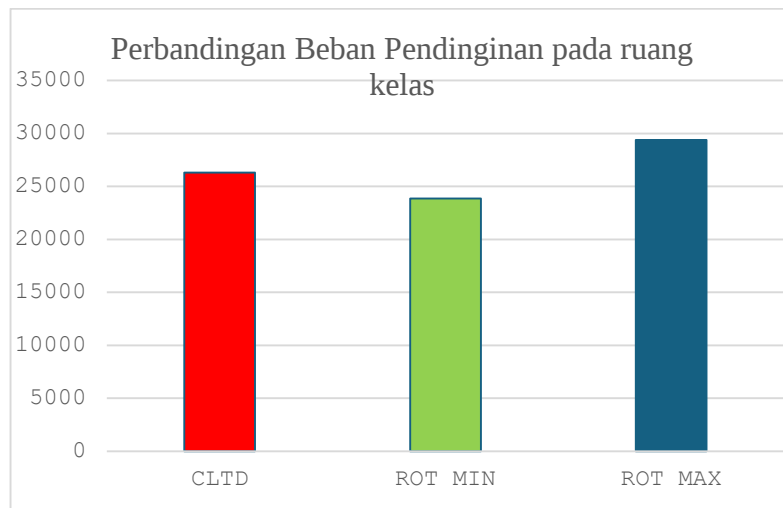
$$Q_{min} = 504,42838 \times 43 = 21690 \frac{BTU}{h}$$

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

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

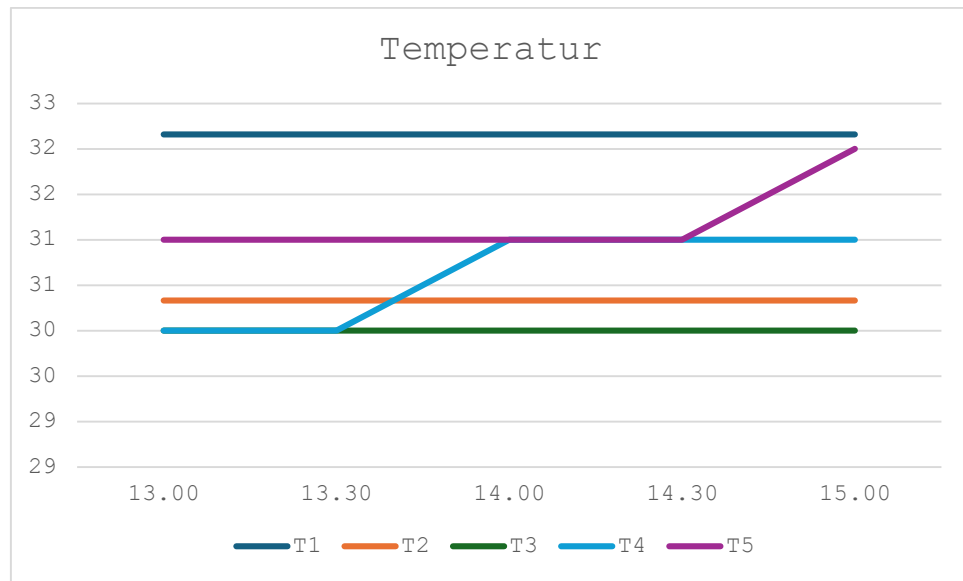
memberikan rentang yang berguna untuk memastikan bahwa sistem pendingin cukup fleksibel untuk menangani variasi dalam beban pendinginan.

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.

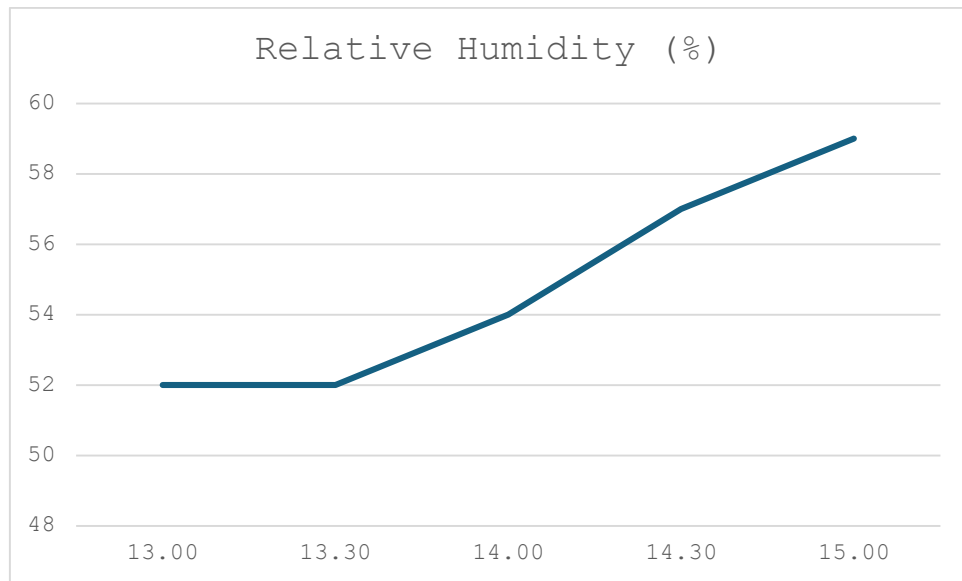
Adapun nilai-nilai temperatur terhadap waktu yang dilakukan menggunakan alat termokopel tipe K dan juga Labjack U6. Berikut ini merupakan grafik temperatur terhadap waktu.



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.

BAB V

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. G. Pita, *Air Conditioning Principle and Systems*. 2002.
- [8] R. McDowall, *Fundamentals of HVAC systems: SI edition*. Academic Press, 2007.
- [9] Weather.com. (2024). *Cuaca Bulanan*. Available: <https://weather.com/id-ID/weather/monthly/1/8037d0acc8ee3fc5e43b2ce466e8ad5709bae0ea21a456d8cd9264b5b191b49cd8e1f2f93dae2db36c4a579b972beaf9>
- [10] engproguides.com. (2024, 10-5-2024). *HVAC Rule Of Thumb*.

Lampiran 1. Tabel Nilai U Berdasarkan jenis dinding

TABLE 6.3 WALL CONSTRUCTION GROUP DESCRIPTION

Group No.	Description of Construction	Weight (lb/ft ²)	U-Value (BTU/h•ft ² •°F)
4-in. Face brick + (brick)			
C	Air space + 4-in. face brick	83	0.358
D	4-in. common brick	90	0.415
C	1-in. insulation or air space + 4-in. common brick	90	0.174–0.301
B	2-in. insulation + 4-in. common brick	88	0.111
B	8-in. common brick	130	0.302
A	Insulation or air space + 8-in. common brick	130	0.154–0.243

Lampiran 2. Tabel Nilai CLTD Berdasarkan arah mata angin pada dinding yang terpapar matahari

TABLE 6.2 COOLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCES (CLTD) FOR CALCULATING COOLING LOAD FROM SUNLIT WALLS, F

		Solar Time, h																								Hr of Maxi- Mini- Maxi- Differ- mum mum num ence			
		0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	CLTD	CLTD	CLTD	CLTD
North Latitude Wall Facing		Group A Walls																											
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4		
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5	
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7	
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6	
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	20	23	14	20	6	
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8		
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9		
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7	
		Group B Walls																											
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11	
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15	
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16	
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	9	
		Group C Walls																											
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18	
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17	
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17	
		Group D Walls																											
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	21	6	19	13	
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25	
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24	
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25	

Lampiran 3. Tabel Nilai *Latitude Month* untuk perhitungan CLTDc

TABLE 6.4 CLTD CORRECTION FOR LATITUDE AND MONTH APPLIED TO WALLS AND ROOFS, NORTH LATITUDES, °F

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
0	Dec	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	Jan/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	0
	Apr/Aug	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dec	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Jan/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Apr/Aug	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2

Lampiran 4. Tabel Nilai *SHGF*

Table 3.25 Maximum Solar Heat Gain Factor, Btu/(hr · ft²) for Sunlit Glass, North Latitudes

0 Deg											
N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR		
Jan.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296	
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306	
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303	
Apr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284	
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265	
June	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255	
July	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260	
Aug.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276	
Sep.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293	
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299	
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293	
Dec.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288	

16 Deg											
N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR		
Jan.	30	30	55	147	210	244	251	223	199	248	
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275	
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291	
Apr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289	
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282	
June	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277	
July	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277	
Aug.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282	
Sep.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282	
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270	
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246	
Dec.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234	

4 Deg											
N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR		
Jan.	33	33	79	170	229	252	237	193	141	286	
Feb.	35	35	123	199	242	248	215	152	88	301	
Mar.	38	77	163	219	242	227	177	96	43	302	
Apr.	55	125	189	223	223	190	126	43	38	287	
May	93	154	200	220	206	161	89	38	38	272	
June	110	164	202	215	196	147	73	38	38	263	
July	96	154	197	215	200	156	85	39	38	267	
Aug.	59	124	184	215	214	181	120	42	40	279	
Sep.	39	75	156	209	231	216	170	93	44	293	
Oct.	36	36	120	193	234	239	207	148	86	294	
Nov.	34	34	79	168	226	248	232	190	139	284	
Dec.	33	33	62	157	221	250	242	206	160	277	

20 Deg											
N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR		
Jan.	29	29	48	138	201	243	253	233	214	232	
Feb.	31	31	88	173	226	244	238	201	174	263	
Mar.	34	49	132	200	237	236	206	152	115	284	
Apr.	38	92	166	213	228	208	158	91	58	287	
May	47	123	184	217	217	184	124	54	42	283	
June	59	135	189	216	210	173	108	45	42	279	
July	48	124	182	213	212	179	119	53	43	278	
Aug.	40	91	162	206	220	200	152	88	57	280	
Sep.	36	46	127	191	225	225	199	148	114	275	
Oct.	32	32	87	167	217	236	231	196	170	258	
Nov.	29	29	48	136	197	239	249	229	211	230	
Dec.	27	27	35	122	187	238	254	241	226	217	

8 Deg											
N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR		
Jan.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275	
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294	
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300	
Apr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289	
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277	
June	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269	
July	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272	
Aug.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282	
Sep.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290	
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288	
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273	
Dec.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265	

24 Deg											
N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR		
Jan.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214	
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249	
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275	
Apr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283	
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282	
June	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279	
July	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278	
Aug.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277	
Sep.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266	
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244	
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213	
Dec.	26	26	29	112	180	234	247	247	237	199	

Lampiran 5. Tabel Nilai SC

TABLE 6.7 SHADING COEFFICIENTS FOR GLASS WITHOUT OR WITH INTERIOR SHADING DEVICES

Type of Glazing	Nominal Thickness, in (Each light)	Without Shading	With Interior Shading				
			Venetian Blinds		Roller Shades		
					Opaque	Translucent	
			Medium	Light	Dark	Light	Light
Single glass							
Clear	¼	0.94	0.74	0.67	0.81	0.39	0.44
Heat absorbing	¼	0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
Double glass							
Clear	¼	0.81	0.62	0.58	0.71	0.35	0.40
Heat absorbing	¼	0.55	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30

Lampiran 6. Nilai CLF untuk Kaca

Table 3.27 Cooling Load Factors for Glass without Interior Shading, North Latitudes

Fenes- tration Facing	Room Con- struction	Solar Time, hr.																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.79	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.74	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16

Lampiran 7. Nilai Ballas Factor dan CLF untuk Pencahayaan

The factor BF accounts for heat losses in the ballast in fluorescent lamps, or other special losses. A typical value of BF is 1.25 for fluorescent lighting. For incandescent lighting, there is no extra loss, and BF = 1.0.

For these reasons, the CLF tables for lighting are not presented here. For those cases where they are applicable, they may be found in the ASHRAE *Fundamentals Volume*. Otherwise use a value of CLF = 1.0.

Lampiran 8. Tabel nilai Qsensibel dan Qlaten untuk Manusia

TABLE 6.13 RATES OF HEAT GAIN FROM OCCUPANTS OF CONDITIONED SPACES

Degree of Activity		Total Heat Adults		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h
		Adult Male	Adjusted M/F ^a		
Seated at theater	Theater—matinee	390	330	225	105
Seated at theater, night	Theater—night	390	350	245	105
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200

Lampiran 9. Tabel nilai U untuk atap

Roof No	Description of Construction	Weight, lb/ft ²	U-value, BTU/h·ft ² ·°F
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	9 (10)	0.134 (0.092)
2	1-in. wood with 1-in. ins.	10	0.115
3	4-in. lightweight concrete	20	0.134
4	2-in. heavyweight concrete with 1-in. insulation	30	0.131
5	1-in. wood with 2-in. ins.	10	0.083
6	6-in. lightweight concrete	26	0.109
7	2.5-in. wood with 1-in. insulation	15	0.096
8	8-in. lightweight concrete	33	0.093
9	4-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) ins.	53 (54)	0.128 (0.090)
10	2.5-in. wood with 2-in. ins.	15	0.072

Lampiran 10. Tabel nilai CLF untuk manusia

TABLE 6.14 SENSIBLE HEAT COOLING LOAD FACTORS FOR PEOPLE

Total hours in space	Hours After Each Entry Into Space																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.03	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

CLF = 1.0 for systems shut down at night and for high occupant densities such as in theaters and auditoriums.

Lampiran 11. Tabel nilai Q laten dan Q sensibel untuk manusia

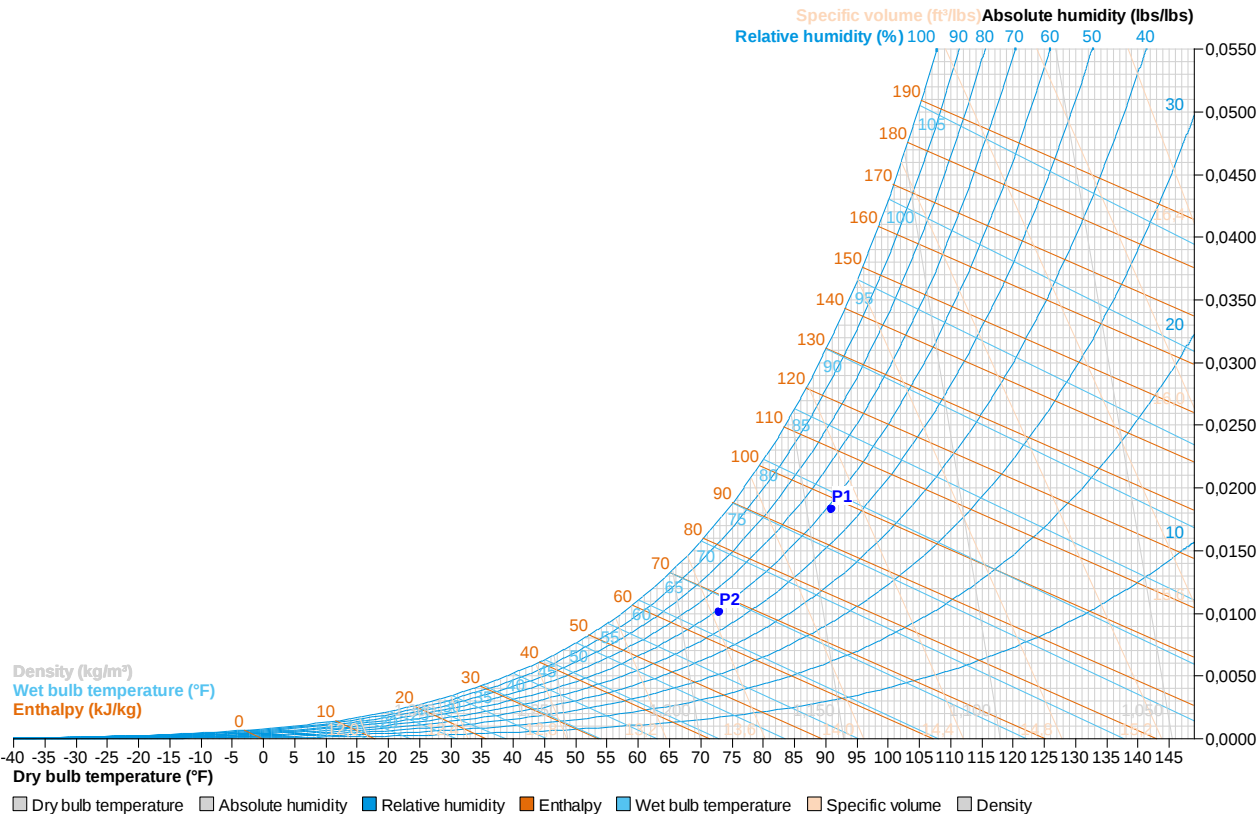
TABLE 6.13 RATES OF HEAT GAIN FROM OCCUPANTS OF CONDITIONED SPACES

Degree of Activity		Total Heat Adults		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h
		Adult Male	Adjusted M/F ^a		
Seated at theater	Theater—matinee	390	330	225	105
Seated at theater, night	Theater—night	390	350	245	105
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200
Standing, light work; walking	Department store, retail store	550	450	250	200
Walking; standing	Drug store, bank	550	500	250	250
Sedentary work	Restaurant ^b	490	550	275	275
Light bench work	Factory	800	750	275	475
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545
Walking 3 mph; light machine work	Factory	1000	1000	375	625
Bowling ^c	Bowling alley	1500	1450	580	870
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090

Lampiran 12. Tabel nilai Q untuk perhitungan CFM

	Estimated persons/ 1000 ft ² floor area. ^a	Minimum cfm	Required ventilation air, per human occupant Recommended cfm
INSTITUTIONAL			
Schools			
Classrooms	50	10	10-15
Multiple Use Rooms	70	10	10-15
Laboratories ^m	30	10	10-15
Craft and Vocational Training Shops ^m	30	10	10-15
Music, Rehearsal Rooms	70	10	15-20
Auditoriums	150	5	5-7.5
Gymnasiums	70	20	25-30
Libraries	20	7	10-12
Common Rooms, Lounges	70	10	10-15
Offices	10	7	10-15
Lavatories	100	15	20-25
Locker Rooms ^k	20	30 ^k	40-50 ^k
Lunchrooms, Dining Halls	100	10	15-20
Corridors	50	15	20-25
Utility Rooms	3	5	7-10
Dormitory Bedrooms	20	7	10-15

Lampiran 13. Grafik dan Tabel Psikometri untuk Menentukan nilai entalpi pada RH dan Temperatur yang dicari



1. Psychrometric points

P1		P2	
Dry bulb temperature	91,0°F	Dry bulb temperature	73,0°F
Wet bulb temperature	78,5°F	Wet bulb temperature	63,1°F
Dew point	74,2°F	Dew point	57,4°F
Relative humidity	58,0%	Relative humidity	58,0%
Absolute humidity	0,0182lbs/lbs	Absolute humidity	0,0100lbs/lbs
Enthalpy	97,5kJ/kg	Enthalpy	66,3kJ/kg
Density	1,141kg/m ³	Density	1,186kg/m ³
Specific volume	14,3ft ³ /lbs	Specific volume	13,6ft ³ /lbs
Pressure	101325,0Pa	Pressure	101325,0Pa
Airflow	126,0CFM	Airflow	126,0CFM

Lampiran 14. Nilai pada ROT

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.	