

BAB IV

DATA HASIL DAN PEMBAHASAN

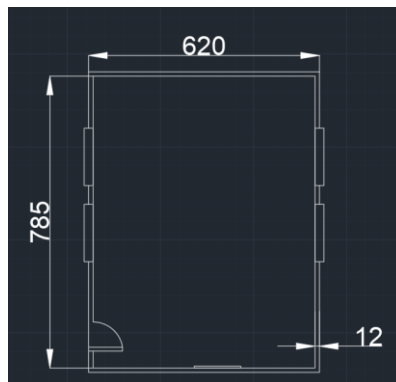
4.1 Hasil Pengambilan Data Ruang Kelas

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

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

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

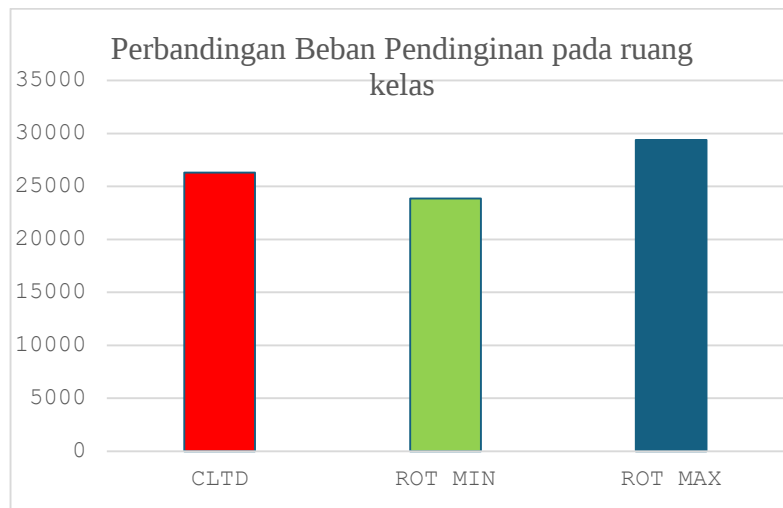
$$Q_{min} = 504,42838 \times 43 = 21690 \frac{BTU}{h}$$

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

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 berikan 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

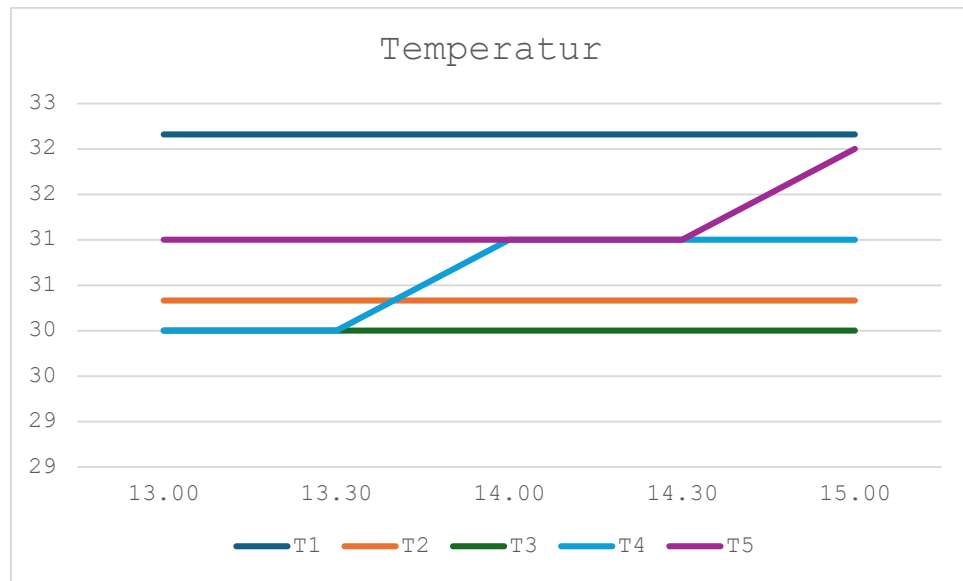
memberikan rentang yang berguna untuk memastikan bahwa sistem pendingin cukup fleksibel untuk menangani variasi dalam beban pendinginan.

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.

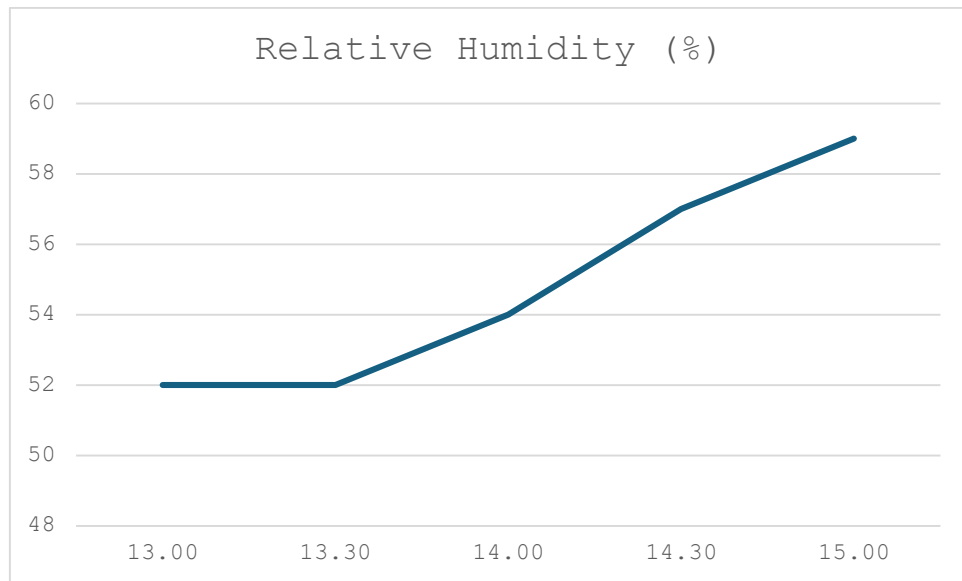
Adapun nilai-nilai temperatur terhadap waktu yang dilakukan menggunakan alat termokopel tipe k dan juga labjack u6. Berikut ini merupakan grafik temperatur terhadap waktu.



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.