



Analisis Perhitungan Beban Pendingin Ruang Perkuliahan dengan Metode *Cooling Load Temperature Difference*

Fiqriza Hadista Rachman¹, Illa Rizianiza², Gad Gunawan^{3*}, Devy Setiorini Sa'adiyah⁴

¹Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri dan Proses-Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan. Email: 03161027@itk.student.ac.id

²Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri dan Proses-Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan. Email: rizianiza@lecturer.itk.ac.id

^{3*}Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri dan Proses-Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan. Corresponding email: gad_gunawan@lecturer.itk.ac.id

⁴Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri dan Proses-Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan. Email: devysetiorini@lecturer.itk.ac.id

Abstract

The era of globalization requires humans to continue to innovate in developing technology. The comfort factors of a room are largely determined by the location, characteristics and activities in it. Determination of the amount of power in the Air Conditioner is carried out based on the amount of cooling load obtained. The method used is data the collection of the outside temperature, the measurement of the area of the component to be calculated, and the heat transfer coefficient for the components used. The results show that the cooling load in the 104F lecture room of 21,133 Watt of equivalent to 72,109 BTU/h. While the cooling load in the 105F lecture room, the results are 13,444 W or equivalent to 45,873 BTU/h. From that finding, it can be concluded that the power of the Air Conditioner used in the two rooms has not covered the amount of existing cooling, because the 104F lecture room has three Air Conditioners whereas one Air Conditioner has a power of 2 PK or equivalent to $\pm 18,000$ BTU/h, and 105F have two Air Conditioners with the same power. So that the cooling load of the two rooms is greater than the power of the Air Conditioner used.

Keywords: Air Conditioner, Cooling, Power

Abstrak

Era globalisasi menuntut manusia agar terus berinovasi dalam mengembangkan teknologi. Faktor-faktor kenyamanan dari suatu ruangan sangat ditentukan oleh letak, karakteristik dan kegiatan yang ada di dalamnya. Penentuan besar daya pada Air Conditioner dilakukan berdasarkan besar beban pendingin yang didapatkan. Metode yang digunakan berupa pengumpulan data pada suhu atau temperatur luar, pengukuran luas komponen yang akan dihitung, serta koefisien perpindahan panas pada komponen yang digunakan. Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan hasil beban pendinginan pada ruang perkuliahan 104F sebesar 21.133 Watt atau setara dengan 72.109 BTU/h. Sedangkan beban pendinginan pada ruang perkuliahan 105F didapatkan hasil sebesar 13.444 W atau setara dengan 45.873 BTU/h. Berdasarkan hasil tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa besar daya Air Conditioner yang digunakan pada kedua ruangan tersebut belum menutupi besar pendinginan yang ada, dikarenakan ruang perkuliahan 104F memiliki tiga buah Air Conditioner dimana pada satu buah Air Conditioner memiliki daya sebesar 2 PK atau setara dengan ± 18.000 BTU/h, dan 105F memiliki dua buah Air Conditioner dengan besar daya yang sama sehingga beban pendinginan kedua ruangan tersebut lebih besar dari daya Air Conditioner yang digunakan.

Kata Kunci: Air Conditioner, Daya, Pendinginan

1. Pendahuluan

Era globalisasi menuntut manusia agar terus berinovasi dalam mengembangkan teknologi. Salah satu perkembangan teknologi yang tidak luput dari pembahasan yaitu menciptakan kenyamanan dalam ruang lingkup yang ada. Pengkondisian udara merupakan usaha untuk mengatur suhu udara pada ruangan sehingga mendapatkan suhu udara yang sesuai dan mencapai suhu di bawah suhu lingkungan (Ahyadi, Suprijatmono, & Pertiwi, 2022). Faktor-faktor kenyamanan dari suatu ruangan sangat ditentukan oleh letak, karakteristik dan kegiatan yang ada di dalamnya (Muharni, Fadhli, Muchlisinalahuddin, & Kesuma, 2022). Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan menerapkan proses penyegaran udara (Ridhuan & Rifai, 2017). Pada umumnya, gedung perkantoran hingga industri sekaligus harus menerapkan standar pada penyegaran udara yang telah ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) (Ariestadi, Alfianto, & Sulton, 2014). Hal tersebut juga berlaku bagi semua gedung dengan fungsi pendidikan seperti gedung perkuliahan Institut Teknologi Kalimantan (ITK).

Salah satu pemakaian energi yang cukup besar pada sebuah gedung adalah mesin pendingin (Air Conditioner). Sekarang ini perangkat AC sering digunakan untuk kenyamanan (Maluegha & Luntungan, 2021). Konsumsi energi yang tinggi dapat diakibatkan oleh penggunaan energi yang tidak efisien (W.M.Rashdi & Embi, 2016) sehingga sebaiknya penggunaan mesin pendingin sesuai dengan perencanaan beban pendingin ruang tersebut (Bahantwelu & Mbake, 2022). Selain itu, meningkatkan resistansi termal dari selubung bangunan dapat melindungi kondisi dalam ruangan dari kondisi eksternal yang ekstrem serta mengurangi konsumsi energi pada pemanasan dan pendinginan ruang (Hu, Liu, & Niu, 2020). Sejauh ini terdapat beberapa metode yang dikembangkan dalam menestimasi beban pendinginan seperti Total Equivalent Temperature Difference Method (TETD), Transfer Function Method (TFM), Heat Balance method (HB), and Cooling Load Temperature Difference method (CLTD) (Oktay, Yumrutaş, & Işık, 2020). Perhitungan manual beban pendingin sangat sulit membutuhkan waktu sehingga untuk memudahkan digunakan program komputer (Islam & Das, 2020).

ITK adalah salah satu dari empat institusi negeri yang berada di Indonesia yang diresmikan oleh Presiden Republik Indonesia Dr. H. Susilo Bambang Yudhoyono pada tanggal 6 Oktober 2014. Saat itu ITK masih memiliki dua gedung, yaitu gedung A dan gedung B. Dari kedua gedung itu seluruh aspek kegiatan digunakan oleh seluruh civitas akademika. Seiring berjalannya waktu ITK sudah memiliki enam gedung yang bisa dioperasikan. Oleh karena itu beberapa kegiatan perkantoran dan ruang belajar dan mengajar dipindahkan ke beberapa gedung. Untuk kegiatan belajar dan mengajar para mahasiswa diarahkan untuk menggunakan gedung E, F, dan G. Gedung yang masih cenderung baru tersebut memiliki dua jenis ruang belajar, yaitu ruangan kapasitas besar dan ruangan kapasitas kecil. Setiap ruangan digunakan untuk menyesuaikan keadaan kegiatan perkuliahan. Akan tetapi populasi mahasiswa yang semakin meningkat dikhawatirkan berdampak pada kenyamanan proses belajar mengajar jika kapasitas ruangan dalam kondisi penuh. Adapun faktor tata letak ruangan, karakteristik dan kegiatan di dalamnya dapat mempengaruhi kenyamanan orang yang berada pada ruangan tersebut. Karena itu perlu dilakukan analisis beban pendinginan untuk mengetahui berapa besar daya yang dibutuhkan pada pendingin ruangan untuk menciptakan kondisi belajar yang nyaman ketika dalam kondisi panas sekaligus.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan hasil dari pengukuran beban pendinginan pada ruang perkuliahan 104 F dan 105 F, menggunakan metode *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD), yaitu perhitungan yang mengakumulasi beban pendinginan dari luar yang masuk ke dalam ruangan dan beban pendinginan dalam yang berasal dari dalam ruangan itu sendiri. Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah pada nilai selisih suhu (ΔT). Berikut adalah beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:

2.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan proses pencarian data yang merujuk pada sumber hasil penelitian terdahulu, *website* resmi dan buku yang berkaitan dengan beban pendinginan untuk mencapai kesimpulan yang dibutuhkan.

2.2 Metode Analisis

Metode *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) digunakan dimana beban pendinginan luar mencakup beban pendinginan yang diakibatkan dari luar ruangan dan dihantarkan melalui media berupa kaca, dinding dan pintu yang berada pada ruangan. Setelah itu, beban pendinginan dalam ruangan mencakup penghuni yang ada dalam ruangan, lampu dan alat elektronik yang ada dalam ruangan, serta infiltrasi beban pendinginan sensibel dan laten yang masuk melalui celah-celah dan bukaan seperti pintu, dinding dan ventilasi (Pertiwi & Ahyadi, 2019). Dalam mendapatkan hasil perhitungan yang didapatkan ada beberapa variabel yang harus dicari terlebih dahulu dengan persamaan yang telah ditentukan. Setelah mendapatkan beban pendinginan pada ruang perkuliahan, langkah berikutnya adalah menentukan spesifikasi *Air Conditioner* untuk menutupi beban pendinginan pada ruang perkuliahan. Menurut (Azmi, 2014) untuk spesifikasi *Air Conditioner* dapat dilihat di Tabel 1 sebagai berikut.

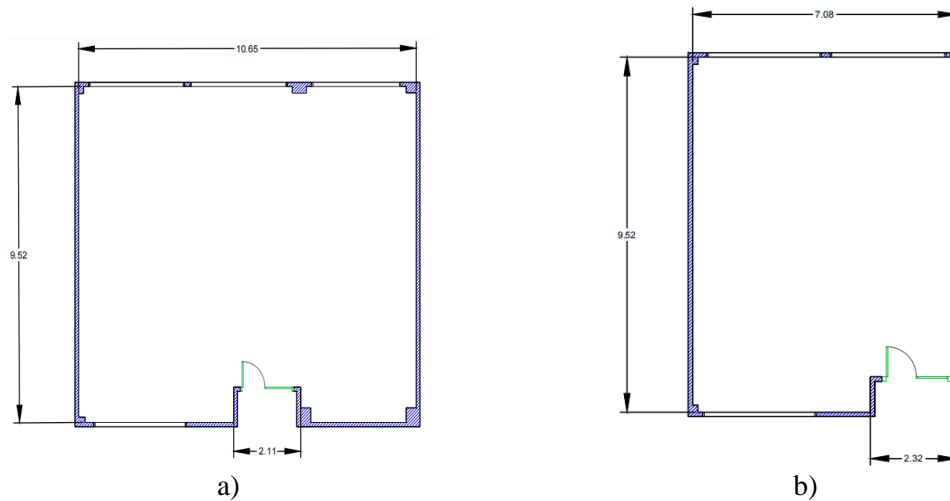
Tabel 1 Spesifikasi *Air Conditioner* dengan satuan BTU/h ke PK

BTU/h (<i>British Thermal Unit per hour</i>)	Kapasitas AC (PK)
±5.000	1/2
±7.000	3/4
±9.000	1
±12.000	1,5
±18.000	2
±35.000	3
±45.000	5

Sumber: (Azmi, 2014)

2.3 Rancangan Ruangan 104 F dan 105 F

Rancangan ruangan perlu diperhatikan agar kapasitas *Air Conditioner* sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan. Proses ini dimulai dengan mengukur panjang, lebar, dan tinggi dinding serta interior pendukung seperti jendela dan pintu yang ada dalam ruangan.



Gambar 1 Denah Ruang Perkuliahan 104 F (a) dan 105 F (b)

2.4 Persamaan Beban Pendinginan

Dalam melakukan analisis beban pendinginan ruang perkuliahan gedung F ada beberapa tahapan yang diperlukan. Untuk persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut

A. Beban Pendinginan Kaca

Untuk Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$q_{glass} = U_{glass} \times A_{glass} \times \Delta T \quad (1)$$

Dimana:

q_{glass} = beban pendinginan pada kaca (W)

U_{glass} = koefisien perpindahan kalor ($\frac{W}{m^2} \cdot K$)

A_{glass} = luas permukaan kaca (m^2)

ΔT = perbedaan temperatur (K)

B. Beban Pendinginan Dinding

$$q_{wall} = U_{wall} \times A_{wall} \times \Delta T \quad (2)$$

Dimana:

q_{wall} = beban pendinginan pada dinding (W)

U_{wall} = koefisien perpindahan kalor ($\frac{W}{m^2} \cdot K$)

A_{wall} = Luas permukaan dinding (m^2)

ΔT = Perbedaan temperatur (K)

C. Beban Pendinginan Pintu

$$q_{door} = U_{door} \times A_{door} \times \Delta T \quad (3)$$

Dimana:

q_{door} = beban pendinginan pada pintu (W)

U_{door} = koefisien perpindahan kalor ($\frac{W}{m^2} \cdot K$)

A_{door} = luas permukaan pintu (m^2)

ΔT = perbedaan temperatur (K)

D. Beban Pendinginan Radiasi Kaca

$$q_{rad} = A \times SC \times SHGF \times CLFG \quad (4)$$

Dimana:

q_{rad} = beban pendinginan radiasi pada kaca (W)

A = luas permukaan pada kaca (m^2)

SC = *Shading Coefficient* pada tiap kaca *ASHRAE Handbook 1997* (Parsons, 1997: 27.4)

$SHGF$ = *Solar Heat Gain Factor* *ASHRAE Handbook 1997* (Parsons, 1997:29.30) dengan sudut 24^0 Lintang Utara)

$CLFG$ = *Cooling Load Factor for Glass* *ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual 1977* (ASHRAE, 1977:3.39) dengan arah Tenggara/South West)

Untuk beban pendinginan mencakup dari beban penghuni, lampu dan alat elektronik yang ada pada ruangan tersebut. Pada beban pendinginan penghuni, kalor yang terkandung pada setiap kegiatan menggunakan asumsi (Stoecker & Jones, 1982) dikarenakan pada saat penelitian tidak ada kegiatan belajar mengajar pada ruang perkuliahan 104 F dan 105 F. dan menurut (Azmi, 2014) untuk beban pendinginan alat elektronik menggunakan daya terpasang pada alat elektronik yang ada dalam ruangan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut

E. Beban Pendinginan Penghuni

$$q_{ps} = Z \times N_0 \times CLFP \quad (5)$$

Dimana:

q_{ps} = beban pendinginan pada orang (W)

Z = kalor yang terkandung dalam setiap kegiatan, *Refrigeration and Air Conditioning 1982* (Stoecker & Jones, 1982:73)

N_0 = kapasitas orang dalam ruangan

$CLFP$ = *Cooling Load Factor for People*, *Refrigeration and Air Conditioning 1982* (Stoecker & Jones, 1982:74), untuk laten nilai $CLFP = 1$

F. Beban Pendinginan Lampu

$$q_{lamp} = P_{lamp} \times Total_{lamp} \quad (6)$$

Dimana:

q_{lamp} = beban pendinginan pada lampu (W)

P_{lamp} = daya yang terpasang pada lampu (W)

$Total_{lamp}$ = jumlah lampu yang ada dalam ruangan

G. Beban Pendinginan Alat Elektronik

$$q_{tools} = P_{tools1} + \dots + P_{toolsn} \quad (7)$$

Dimana:

q_{tools} = beban pendinginan pada alat elektronik (W)

P_{tools} = daya yang terpasang pada alat elektronik (W)

Beban infiltrasi adalah beban yang disebabkan oleh masukan udara luar ke dalam ruangan tanpa di sengaja melalui celah-celah atau bukaan-bukaan yang ada pada dinding, jendela, pintu dan lain-lain. Besarnya beban kalor dalam satuan watt akibat infiltrasi udara luar ke dalam ruangan (Pertiwi & Ahyadi, 2019). Adapun persamaan yang digunakan pada infiltrasi beban pendinginan sensibel dan laten adalah sebagai berikut:

H. Infiltrasi Beban Pendinginan (Sensibel)

$$q_{is} = 1,2 \times \dot{Q} \times \Delta T \quad (8)$$

Dimana:

- q_{is} = beban pendinginan infiltrasi sensibel (W)
- \dot{Q} = laju aliran udara volumetrik ($\frac{m^3}{s}$)
- ΔT = perbedaan temperatur (K)

I. Infiltrasi Beban Pendinginan (Laten)

$$q_{il} = 3.010 \times \dot{Q} \times \Delta W \quad (9)$$

Dimana:

- q_{il} = beban pendinginan infiltrasi laten (W)
- \dot{Q} = laju aliran udara volumetrik ($\frac{m^3}{s}$)
- ΔW = perbedaan rasio kelembaban (kg/kg)

J. Laju Aliran Udara Volumetrik

$$\dot{Q} = \frac{ACH \times V}{3600} \quad (10)$$

Dimana:

- \dot{Q} = laju aliran udara volumetrik (m^3/s)
- ACH (Air Change per Hour) = pergantian udara per jam (1/h)
- V = volume ruangan (m^3)

K. Koefisien Perpindahan Kalor (U)

Untuk mendapatkan nilai koefisien perpindahan kalor (U) pada beban pendinginan luar khususnya untuk dinding dapat dilihat sebagai berikut

$$U = \frac{1}{R_{UP} + R_{UL} + R_K} \quad (11)$$

Dimana:

- U = koefisien perpindahan kalor ($\frac{W}{m^2} \cdot K$)
- R_{UP} = resistansi termal pada permukaan dalam dinding (SNI Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung 2011 (SNI, 2011) ($\frac{W}{m^2} \cdot K$)
- R_{UL} = resistansi termal pada permukaan luar dinding (SNI Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung 2011 (SNI, 2011:6) ($\frac{W}{m^2} \cdot K$)
- R_K = resistansi termal bahan ($\frac{W}{m^2} \cdot K$)

L. Resistansi Termal Bahan

Untuk mendapatkan nilai R_K atau resistansi termal bahan melalui Persamaan berikut

$$R_K = \frac{t}{k} \quad (12)$$

Dimana:

- R_K = resistansi termal bahan ($\frac{W}{m^2} \cdot K$)
- t = tebal bahan pada dinding (m)
- k = nilai konduktivitas termal pada bahan yang digunakan (Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung 2011 (SNI, 2011:6)

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sampel dua ruangan yang ada pada gedung perkuliahan F ITK. Secara umum, ruangan yang ada pada gedung tersebut dapat digolongkan menjadi dua, yaitu ruangan

kapasitas besar dan kecil. Hal ini yang mendasari pengambilan sampel ruangan 104 F (mewakili kapasitas besar) dan ruangan 105 F (mewakili kapasitas kecil).

3.1 Resistansi Termal Bahan pada Dinding

Untuk menghitung beban pendinginan dibutuhkan nilai koefisien perpindahan kalor (U). Untuk nilai U pada dinding dibutuhkan variabel sesuai dengan Persamaan 11. Berdasarkan tabel (SNI, 2011) didapatkan bahan yang digunakan untuk dinding adalah bata dengan lapisan plester. Setelah mendapatkan kriteria pada dinding maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai U dengan menghitung resistansi termal bahan terlebih dahulu. Untuk hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Nilai Resistansi Termal Bahan pada Dinding Ruang Perkuliahan 104 F dan 105 F

No	t (m)	$K \left(\frac{W}{m} \cdot K \right)$	$R_k \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$
1	0,12	0,807	0,15

3.2 Koefisien Perpindahan Kalor pada Dinding

Setelah nilai resistansi termal bahan didapatkan maka selanjutnya menghitung nilai U pada dinding. Adapun hasil perhitungan disajikan pada Tabel 2 didapatkan bahwa jenis permukaan dinding dan bahan bangunan yang digunakan memiliki jenis permukaan dengan emisivitas tinggi untuk permukaan luar maupun dalam,

Tabel 3 Nilai Koefisien Perpindahan Kalor pada Dinding Ruang Perkuliahan 104 F dan 105 F

No	$R_{UP} \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$	$R_{UL} \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$	$R_k \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$	$U \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$
1	0,120	0,044	0,15	3,18

3.3 Laju Aliran Udara Volumetrik

Kemudian untuk menentukan nilai laju aliran udara rata-rata adalah dengan menggunakan Persamaan 10 dimana variabel yang dibutuhkan adalah nilai dari *Air Change per Hour* (ACH) dan volume ruangan. Nilai ACH didapatkan berdasarkan temperatur luar ruangan dan dilihat pada ASHRAE Fundamental Handbook 1997 (Parsons, 1997:27.4). Untuk menghitung nilai laju aliran udara volumetrik disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai Laju Aliran Udara Volumetrik pada Ruang Perkuliahan 104 F

No	$ACH \left(1/h \right)$	$V \left(m^3 \right)$	$\dot{Q} \left(\frac{m^3}{s} \right)$
1	0,35	375,27	0,0364

3.4 Beban Pendinginan Kaca

Pada beban pendinginan kaca nilai koefisien perpindahan kalor (U) didapatkan dengan referensi (Stoecker & Jones, 1982) bahwa nilai U pada kaca saat musim panas adalah $5,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, dengan ukuran kaca total yang berbeda setiap sisinya. Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut

Tabel 5 Nilai Beban Pendinginan Kaca 104 F

No	Indikator	$U \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$	$A (m^2)$	$\Delta T (K)$	$q \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$
1	Kaca Kanan (Barat Daya)	5,9	20,56	10	1.213
2	Kaca Kiri (Timur Laut)	5,9	4,36	10	257

3.5 Beban Radiasi Kaca

Beban radiasi yang melewati kaca didapatkan dengan mencari variabel yang sesuai dengan kondisi gedung, dimana variabel yang dibutuhkan sesuai dengan Persamaan 4. Nilai *Shading Coefficient* atau SC didapatkan berdasarkan ASHRAE Handbook (Parsons, 1997) pada Tabel 5, dengan jenis kaca *single glass*. Lalu nilai *Solar Heat Gain Factor* atau SHGF didapatkan berdasarkan ASHRAE Fundamental Handbook 1997 (Parsons, 1997), dengan arah mata angin setara 24⁰ lintang utara. Terakhir adalah nilai *Cooling Load Factor for Glass* atau CLFG yang mengindikasikan faktor beban pendinginan kaca yang terjadi pada pukul 16.00, sesuai dengan ASHRAE (ASHRAE, 1977). Setelah semua variabel didapatkan maka hasil perhitungan didapatkan sebagai berikut.

Tabel 6 Beban Radiasi Kaca Ruang Perkuliahan 104 F

No	Indikator	$A (m^2)$	SC	SHGF $\left(\frac{W}{m^2} \right)$	CLFG	$q \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$
1	Kaca Kanan (Barat Daya)	20,56	1	38	0,81	633

3.6 Beban Pendinginan Dinding

Beban pada dinding yang didapatkan melalui koefisien perpindahan kalor (U) yang didapatkan melalui Tabel 2. Untuk nilai ΔT pada dinding tenggara setara dengan 0 dikarenakan menghadap ke ruang perkuliahan 105 F, dimana nilai suhu ruangan diasumsikan 25⁰C atau setara dengan 298⁰K. Hasil perhitungan beban pendinginan dinding dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Nilai Beban Pendinginan pada Dinding Ruang Perkuliahan 104 F

No	Indikator	$U \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$	$A (m^2)$	$\Delta T (K)$	$q \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$
1	Dinding Depan (Tenggara)	3,19	35,986	0	0
2	Dinding Kanan (Barat Daya)	3,19	19,692	10	630
3	Dinding Belakang (Barat Laut)	3,19	35,986	10	1.151
4	Dinding Kiri (Timur Laut)	3,19	30,944	10	989

3.7 Beban Pendinginan Pintu

Koefisien perpindahan kalor pada pintu didapatkan melalui standar ASHRAE (ASHRAE, 1977) dimana pintu yang digunakan memiliki tebal sebesar 1,5 inci atau setara dengan 3,81 cm. Dikarenakan satuan yang dibutuhkan dalam bentuk $W/m^2.K$ maka nilainya harus dikonversi terlebih dahulu. Setelah didapatkan nilai U pada pintu maka hasil perhitungan beban pendinginan pintu dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 8 Nilai Beban Pendinginan pada Pintu Ruang Perkuliahan 104 F

No	Indikator	$U \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$	$A (m^2)$	$\Delta T (K)$	$q \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$
1	Pintu Kayu	2,66	3,32	10	88

3.8 Beban Pendinginan pada Penghuni (Sensibel)

Pendinginan pada penghuni sensibel terdiri dari penghuni dan jenis kegiatan yang dilakukan dalam ruang perkuliahan, dimana kegiatan yang dilakukan menurut Stoecker dkk (Stoecker & Jones, 1982), kegiatan di dalam ruangan diasumsikan berupa kegiatan mengajar, dengan mahasiswa yang duduk dalam ruangan mengeluarkan kalor sebesar 100 W per orang, sedangkan kalor yang dihasilkan dosen yang sedang mengajar sebesar 175 W. Ruang perkuliahan 104 F memiliki kapasitas sebanyak 84 orang dan 105 F sebanyak 56 orang. Nilai $CLFP$ dengan referensi yang sama dengan nilai Z didapatkan sebesar 0,58. Setelah mendapatkan semua variabel, selanjutnya didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut

Tabel 9 Nilai Beban Pendinginan pada Penghuni (Sensibel) pada Ruang Perkuliahan 104 F

No	Indikator	$Z (W)$	N_0	$CLFP$	$q \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$
1	Penghuni (Mahasiswa dan Dosen)	100 W dan 175 W	84	0,58	4.915

3.9 Beban Pendinginan pada Penghuni (Laten)

Beban pendinginan pada penghuni laten memiliki persamaan yang sama, namun yang membedakan adalah nilai dari $CLFP$, digunakan nilai sebesar 1. Dari Tabel 9 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut

Tabel 10 Nilai Beban Pendinginan pada Penghuni (Laten) pada Ruang Perkuliahan 104 F

No	Indikator	$U \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$	N_0	$CLFP$	$q \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$
1	Penghuni (Mahasiswa dan Dosen)	100 W dan 175 W	84	1	8.475

3.10 Beban Pendinginan pada Lampu

Daya yang digunakan pada lampu ruang perkuliahan 104 F dan 105 F sebesar 28 W dengan jenis lampu *Tubular Lamp* (TL), yang satu kap lampu mampu menampung dua lampu TL. Jumlah total lampu dalam ruangan adalah sebanyak 9 buah. Berdasarkan data yang telah didapatkan maka hasil perhitungan beban pendinginan pada lampu sebagai berikut

Tabel 11 Nilai Beban Pendinginan pada Lampu Ruang Perkuliahan 104 F

No	Indikator	$P (W)$	$Total_{Lamp}$	$q \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$
----	-----------	---------	----------------	--

1	Lampu	(28 x 2)	9	504 W
---	-------	----------	---	-------

3.11 Beban Pendinginan pada Alat Elektronik

Beban pendinginan alat elektronik yang tersedia pada kedua ruang perkuliahan memiliki jumlah dan jenis yang sama, sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut

Tabel 12 Nilai Beban Pendinginan pada Alat Elektronik Ruang Perkuliahan 104 F dan 105 F

No	Indikator	$P (W)$	$Total_{tools}$	$q \left(\frac{W}{m^2} \cdot K \right)$
1	Proyektor Sony VPL-EW578	328	1	328
2	Daya Laptop	28	1	28

3.12 Infiltrasi Beban Pendinginan (Sensibel)

Infiltrasi beban pendinginan sensibel dimana kalor yang masuk dari luar ke dalam mengalami perubahan suhu namun memiliki fasa yang tetap. Menggunakan nilai \dot{Q} yang telah didapatkan maka hasil infiltrasi beban pendinginan sensibel sebagai berikut

Tabel 13 Nilai Infiltrasi Beban Pendinginan Sensibel pada Ruang Perkuliahan 104 F

No	-	$\dot{Q} \left(\frac{m^3}{s} \right)$	$\Delta T (K)$	$q_{is} (W)$
1	1,2	0,0364	10	0,437

3.13 Infiltrasi Beban Pendinginan (Laten)

Infiltrasi beban pendinginan laten dimana kalor yang masuk ke dalam ruangan memiliki suhu yang tetap namun ada indikasi mengalami perubahan fasa. Oleh karena itu untuk mendapatkan nilai ΔW harus mencari terlebih dahulu besar kelembaban relatif, dimana pada penelitian ini data yang digunakan mengacu pada data BMKG. Setelah data kelembaban relatif didapatkan selanjutnya menggunakan diagram psikometrik untuk mendapatkan besar rasio kelembaban antara kondisi luar dan dalam ruangan. Setelah semua variabel didapatkan maka didapatkan hasil perhitungan infiltrasi beban pendinginan sebagai berikut

Tabel 14 Nilai Infiltrasi Beban Pendinginan Laten pada Ruang Perkuliahan 104 F

No	-	$\dot{Q} \left(\frac{m^3}{s} \right)$	$\Delta W (kg/kg)$	$q_{is} (W)$
1	3010	0,0364	0,0194	2,130

Setelah semua nilai beban pendinginan didapatkan maka selanjutnya menghitung total beban pendinginan yang terkandung pada ruang perkuliahan 104 F. Perhitungan beban pendinginan total pada ruang perkuliahan 105 F menggunakan metode yang sama. Menurut (Dossat, 1961) pada beban pendinginan total diperlukan *safety factor* sebesar 10% sehingga didapatkan hasil beban pendinginan total sebagai berikut

Tabel 15 Total beban Pendinginan pada Ruang Perkuliahan 104 F dan 105 F

Ruang Perkuliahan	Beban Pendinginan Luar (W)	Beban Pendinginan Dalam (W)	Total Beban Pendinginan (W)	Total Beban Pendinginan (<i>Safety Factor 10%</i>) (W)
104 F	10.735	8.477	19.212	21.133
105 F	6.545	5.676	12.222	13.444

3.14 Pembahasan

Mengacu pada perhitungan yang telah dilakukan didapatkan besar beban pendinginan pada ruang perkuliahan 104 F sebesar 21133 Watt atau setara dengan 72109 BTU/h dan dengan metode yang sama didapatkan ruang perkuliahan 105 F sebesar 13444 Watt atau setara dengan 55873 BTU/h. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti beban pendinginan luar, beban pendinginan dalam, dan infiltrasi beban pendinginan. Beban pendinginan luar mencakup beban pendinginan akibat kalor yang berpindah melalui dinding, kaca, dan pintu. Lalu beban pendinginan dalam yang mencakup beban pendinginan penghuni, lampu, dan alat elektronik. Dalam hal ini, infiltrasi beban pendinginan yang mencakup infiltrasi sensibel dan infiltrasi laten.

Untuk beban pendinginan luar yang paling mempengaruhi adalah sisi kanan atau barat daya ruangan, dikarenakan pada sisi inilah yang terpapar sinar matahari. Khususnya ketika pukul 16.00 WITA dimana sinar matahari menghadap sisi barat daya gedung F ruang perkuliahan ITK. Pada sisi lain, spesifikasi dinding dan kaca jendela pada ruang perkuliahan 104 F dan 105 F ITK mampu meminimalisir beban pendinginan yang masuk ke dalam ruang perkuliahan tersebut.

Selanjutnya adalah beban pendinginan dalam, yang paling berpengaruh dalam memberikan beban pendinginan dalam paling besar adalah beban pendinginan penghuni. Baik beban pendinginan penghuni sensibel maupun laten. Hal ini dikarenakan setiap orang mengeluarkan kalor, tergantung tiap jenis kegiatan dan jumlah orang yang berada dalam ruangan. Beban pendinginan penghuni dihitung dengan mengasumsikan satu orang dalam ruangan mendapatkan luas sebesar 1,2 m², sehingga pada ruang perkuliahan 104 F memiliki kapasitas maksimal sebanyak 84 orang, dan ruang perkuliahan 105 F sebanyak 56 orang. Selanjutnya, jenis kegiatan yang dilakukan juga mempengaruhi dan yang terakhir adalah nilai CLFP yang didapatkan dengan seberapa lama penghuni berada di dalam ruangan. Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan besar beban pendinginan penghuni sensibel sebesar 4.915 Watt dan beban pendinginan penghuni laten sebesar 8.475 Watt.

Infiltrasi beban pendinginan baik sensibel maupun laten merupakan kalor yang melewati celah-celah material bangunan seperti pintu, jendela dan ventilasi. Perbedaan keduanya adalah beban infiltrasi sensibel berfokus pada perubahan suhu, sedangkan beban infiltrasi laten berfokus pada perubahan fasa/wujud. Besarnya laju infiltrasi dipengaruhi oleh laju aliran volumetrik. Pada ruangan 104 F didapatkan laju aliran volumetriknya adalah 0,0364 m³/s sehingga didapatkan infiltrasi sensibel sebesar 0,437 Watt dan infiltrasi laten sebesar 2,130 Watt untuk ruang perkuliahan 104 F. Setelah besar beban pendinginan pada kedua ruangan didapatkan maka langkah selanjutnya adalah menentukan spesifikasi *Air Conditioner* sesuai ketentuan Tabel 1, dengan besar beban pendinginan pada kedua ruangan pada Tabel 15.

Berdasarkan beban pendinginan yang telah didapatkan untuk kedua ruangan, maka didapatkan besar daya untuk spesifikasi AC untuk 104F yaitu 2 PK atau setara dengan ±18.000 BTU/h dengan jumlah empat unit. Sedangkan spesifikasi AC untuk 105F yang digunakan yaitu 3 PK atau setara dengan ±35.000 BTU/h dan 1,5 PK atau setara dengan ±12.000 BTU/h, dengan jumlah satu unit AC 3 PK dan satu unit AC 1,5 PK. Namun dikarenakan pada kedua ruangan tersebut sudah memiliki AC yang berjumlah tiga buah untuk 104F

dan dua buah untuk 105F, dengan masing-masing daya sebesar 2 PK maka dapat disimpulkan bahwa ruang 104 F hanya perlu menambahkan satu unit AC dan 105 F perlu mengganti AC dengan daya yang sesuai agar AC bekerja dengan optimal. Dengan begitu beban pendinginan yang berada di kedua ruangan perkuliahan dapat tertutupi.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian Analisis Beban Pendinginan dengan Metode *Cooling Load Temperature Difference (CLTD)* pada Ruang Perkuliahan Gedung F Institut Teknologi Kalimantan ialah:

1. Untuk mendapatkan beban pendingin dengan metode CLTD, dilakukan perhitungan beban pendinginan luar ruangan yang terdiri dari beban pendinginan kaca, dinding pintu, radiasi kaca serta infiltrasi dan beban pendinginan dalam ruangan yang terdiri dari beban pendingin penghuni, lampu serta peralatan elektronik.
2. Beban pendinginan pada ruang 104 F didapatkan sebesar 21.133 W atau setara dengan 72.109 BTU/h. Sedangkan beban pendinginan pada ruang 105 F didapatkan sebesar 13.444-Watt atau setara dengan 45.873 BTU/h.

Referensi

- Ahyadi, H., Suprijatmono, D., & Pertiwi, T. B. (2022). Analisis Beban Pendingin pada Ruangan Data Center / Server PT X di Jakarta. *Presisi*, 24(1), 1-12.
- Ariestadi, D., Alfianto, I., & Sulton, M. (2014). Kriteria Kinerja Energi untuk Kenyamanan Termal pada Bangunan Fasilitas Pendidikan Tinggi di Indonesia Analisis dengan Metode Important Performance Analysis. *Jurnal RUAS*, 12(1), 31-41.
- ASHRAE. (1977). *Cooling and Heating Load Calculation Manual*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Azmi, A. (2014). STUDI PERENCANAAN KEBUTUHAN INSTALASI LISTRIK DI RUMAH SAKIT BERSALIN JEUMPA. *Jurnal Teknik ELEKTRO UNTAN*, 53(9), 1689–1699.
- Bahantwelu, M., & Mbake, I. N. (2022). Evaluasi Beban Penyejukan pada Ruang Perkuliahan dengan Metode Keseimbangan Termal (Studi Kasus Ruang Perkuliahan Prodi Arsitektur Undana). *Gewang*, 4(2), 70-75.
- Dossat, R. (1961). *PRINCIPLES OF REFRIGERATION*. John Wiley and Sons, Inc.
- Hu, R., Liu, G., & Niu, J. (2020). The Impacts of a Building's Thermal Mass on the Cooling Load of a Radiant System under Various Typical Climates. *Energies*, 13, 1356.
- Islam, R., & Das, P. (2020). Development of a Computer Program for Cooling Load Estimation. *International Conference on Mechanical Engineering and Renewable Energy*.
- Maluegha, B. L., & Luntungan, H. (2021). Penentuan Beban Pendinginan AC untuk Memilih Sistem Pendinginan yang Hemat Energi pada Ruangan Ibadah Gedung Gereja KGMPI Getsemani Kelurahan Bahu Kota Manado. *Jurnal Tekno Mesin*, 7(2), 43-50.
- Muharni, R., Fadhli, F. N., Muchlisinalahuddin, & Kesuma, D. S. (2022). Analisa Kebutuhan Beban Pendingin Untuk Aula Kampus III UM Sumatera Barat. *Jurnal Teknik Mesin*, 15(1), 55-60.
- Oktay, H., Yumrutaş, R., & Işık, M. Z. (2020). Comparison of CLTD and TETD Cooling Load Calculation Methods for Different Building Envelopes. *Mugla Journal of Science and Technology*, 6(1), 18-26.

- Parsons, R. (1997). *ASHRAE Handbook*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Pertiwi, T. B., & Ahyadi, H. (2019). Analisis Beban Pendingin Pada Ruangan Data Center / Server PT XX Di Gedung Summitmas II. *Sainstech*, 29(1), 39–47.
- Ridhuan, K., & Rifai, A. (2017). Analisa kebutuhan beban pendingin dan daya alat pendingin AC untuk aula kampus 2 UM Metro. *J. Turbo*, 2(2), 7–12.
- SNI. (2011). *Konservasi Energi selubung Bangunan pada Bangunan Gedung (Vol. 6389–2011)*. Badan Standardisasi Nasional.
- Stoecker, W., & Jones, J. (1982). *REFRIGERATION AND AIR CONDITIONONG (2 ed.)*. McGraw-Hill, Inc.
- W.M.Rashdi, W. S., & Embi, M. R. (2016). Analysing Optimum Building Form in Relation to Lower Cooling Load. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 222, 782-790.