

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Thermal

Energi termal, atau energi panas, merupakan bentuk energi yang terkonsentrasi pada suatu zat ketika terjadi kenaikan suhu. sehingga, molekul dan atom akan bergerak lebih cepat, meningkatkan energi panas. Konsep termal ini berhubungan dengan perpindahan, transfer dan penggunaan energi panas. Perpindahan panas (heat transfer) terjadi karena adanya peristiwa perbedaan temperature antara dua atau lebih tempat/benda/zar, kemudian panas akan berpindah dari temperature tinggi ke tempat temperature rendah. Mekanisme perpindahan panas ada tiga jenis yaitu: konduksi, konveksi dan radiasi. Panas akan berpindah dari satu partikel ke partikel lainnya secara estafet (Utami & Azhar, 2017).

2.1.1. Perpindahan Panas secara Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi merupakan perpindahan panas yang melalui zat perantara tetapi partikel – partikelnya (mediumnya) tanpa disertai perpindahan (Hakim, 2019). Perpindahan konduksi adalah suatu proses di mana panas bergerak dari daerah yang memiliki suhu lebih tinggi menuju daerah yang memiliki suhu lebih rendah di dalam suatu medium (padat, cair, atau gas), atau antara medium yang berbeda yang saling bersentuhan secara langsung. Dalam proses ini, terjadi pertukaran energi dan momentum (Hulu & Rahmawaty, 2021).

Faktor- faktor yang mempengaruhi laju konduksi kalor :

1. Semakin besar perbedaan suhu antara kedua permukaan (ΔT), semakin cepat proses perpindahan kalor terjadi.
2. Jarak antara kedua permukaan atau ketebalan (l) mempengaruhi perpindahan kalor; semakin tebal, semakin lambat proses perpindahan panasnya.

3. Semakin besar luas permukaan (A), semakin cepat proses perpindahan kalor terjadi.
4. Konduktivitas termal zat (k) adalah ukuran dari kemampuan zat untuk menghantarkan kalor; semakin besar nilai k , semakin cepat perpindahan kalor terjadi.

2.1.2. Perpindahan Panas secara Konveksi

Perpindahan panas secara Konveksi merupakan perpindahan panas yang melalui zat perantara dengan partikel-partikelnya (mediumnya) ikut perpindahan. Perpindahan konveksi di bagi menjadi dua yaitu konveksi bebas dan konveksi paksa. Konveksi bebas adalah ketika gerakan fluida terjadi disebabkan oleh adanya perbedaan kerapatan yang dikarenakan oleh perubahan suhu misalnya angin laut sedangkan konveksi paksa adalah Gerakan fluida disebabkan karena gaya pemaksa/eksitasi dari luar, misalnya seperti kipas atau pompa menggerakkan fluida sehingga mengalir diatas permukaan (Hulu & Rahmawaty, 2021).

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju kalor konveksi :

1. Luas permukaan suatu objek (A) mempengaruhi kecepatan transfer panas; semakin besar luas permukaan objek yang bersentuhan dengan fluida, semakin cepat pula perpindahan panasnya.
2. Semakin besar perbedaan suhu (ΔT) antara suatu objek dan permukaan fluida, semakin cepat proses transfer kalor terjadi.
3. Koefisien konveksi (h) bergantung pada bentuk dan posisi permukaan suatu objek, dan umumnya ditentukan melalui percobaan. Sebagai contoh, nilai h untuk tubuh manusia adalah $7,1 \text{Js}^{-1}\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$ (Hakim, 2019).

Persamaan dari konveksi dalam suatu fluida dapat dituliskan sebagai berikut:

$$q = hA(T_w - T_f) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

q = laju perpindahan panas dengan cara konveksi (Watt)

A = luas perpindahan panas (m^2)

T_w = temperatur dinding (K)

T_f = temperature fluida (K)

h = koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2.K$)

2.1.3. Perpindahan Panas secara Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi merupakan perpindahan panas yang prosesnya tanpa memerlukan interaksi medium melalui gelombang elektromagnetik atau partikel subatomic yang di bawa sampai jarak yang sangat jauh. Salah satu contoh bentuk perpindahan panas secara radiasi adalah panas matahari yang sampai ke bumi, meskipun matahari dan bumi memiliki jarak yang sangat jauh dan dipisahkan oleh ruang hampa (tanpa medium), tetapi dengan pancaran tersebut panas matahari tetap sampai ke bumi. Perpindahan radiasi merupakan fenomena permukaan, dimana didalam bahan tidak terjadi proses radiasi. Ketika bahan menerima panas radiasi ada berbagai keadaan yang terjadi. Yaitu diantaranya: energi kalor yang ditransferkan, ketika mengenai suatu bahan, beberapa bagian akan dipantulkan, beberapa bagian akan diserap ke dalam, beberapa bagian akan menembus bahan hingga terus ke luar (Wahyono & Rochani, 2019). Maka peristiwa itu dapat disebut emisivitas atau ukuran efisiensi permukaan memancarkan energi panas. emisinya, benda terbagi ke dalam 3 macam:

1. Benda putih sempurna (absolutely white) → menyerap sinar, tanpa mengemisikan kembali. Emisivitas (ϵ) = 0
2. Benda abu-abu (gray body) $0 < \epsilon < 1$
3. Benda hitam (blackbody) → menyerap 100%, mengemisikan 100%.
Emisivitas (ϵ) = 1

Untuk mengetahui laju perpindahan panas secara radiasi dari benda 1 ke benda 2, dapat digunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$Q = \sigma \epsilon A_1 F_{1 \rightarrow 2} (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

Q = laju perpindahan panas (W)

σ = konstanta boltzman ($5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

ε = emisivitas permukaan benda

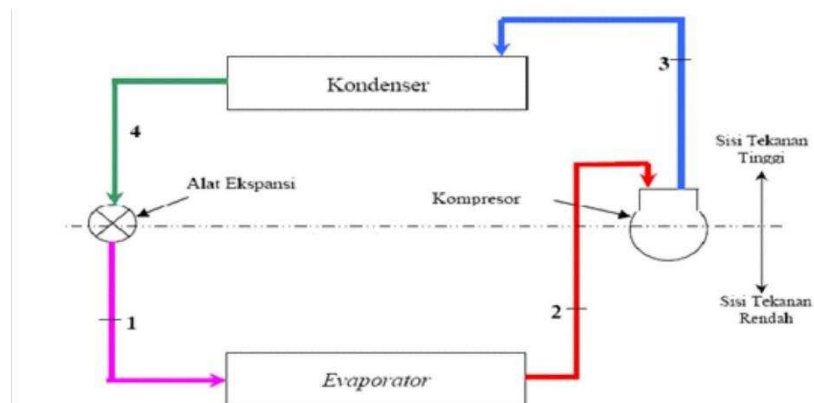
A_1 = luas permukaan benda 1 (m^2)

T_1 = suhu benda 1 ($^{\circ}\text{K}$)

T_2 = suhu benda 2 ($^{\circ}\text{K}$)

2.2. AC

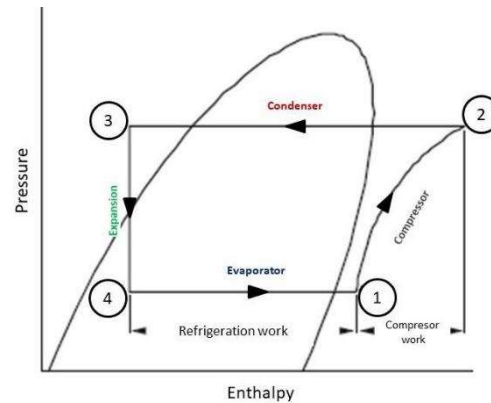
AC atau *Air Conditioner* adalah alat pengkondisian udara sebagai Pendingin, pengatur kelembapan suhu dan meningkatkan kualitas udara yang dipakai dengan tujuan untuk rasa nyaman atau kenyamanan thermal untuk penghuni yang berada di suatu bangunan(Srihanto et al., 2021).



Gambar 2.1 siklus system refrigersi

(Sumber :artek-refrigerant.blogspot.com)

AC atau pendingin udara adalah suatu perangkat yang memiliki cara kerja berdasarkan siklus refrigerasi kompresi uap, yaitu: Proses kompresi, Proses kondensasi, proses ekspansi, dan proses evaporasi .Berikut ini terdapat system kerja dan diagram yang menggambarkan langkah-langkah siklus tersebut(Widodo et al., n.d.).



Gambar 2.2 Diagram P-h pada system refrigerasi

(Sumber: chillerstory.wordpress.com)

Pada umumnya refrigeran mengalami 4 proses yang terjadi, yaitu sebagai berikut ini:

1. Proses 1-2 (kompresi): Refrigeran meninggalkan evaporator dalam bentuk uap jenuh dengan suhu dan tekanan yang rendah, lalu dipampatkan dengan tekanan tinggi (pada kompresor). Proses pemampatan ini terjadi secara isentropik (adiabatik reversibel). Dalam siklus ini, kompresor memberikan energi kepada refrigeran, yang disebut sebagai "kerja kompresor." Semakin besar jumlah energi yang diberikan, semakin tinggi konsumsi daya (listrik) yang dibutuhkan.
2. Proses 2-3 (Kondensasi): Setelah mengalami tahap kompresi, refrigeran berada dalam keadaan panas dengan tekanan dan suhu yang tinggi, kemudian memasuki kondensor. Di kondensor, refrigeran mengeluarkan panas ke lingkungan, menyebabkan penurunan suhu dan perubahan fase menjadi cair. Dapat diamati bahwa tekanan refrigeran tetap stabil dan tidak mengalami perubahan. Namun, energi yang dimiliki oleh refrigeran dilepaskan atau dipindahkan ke medium lain, seperti udara atau air. Inilah yang menyebabkan terjadinya perubahan fase dari bentuk gas menjadi cair.
3. Proses 3-4 (Ekspansi): Refrigeran berada dalam bentuk cair jenuh dengan tekanan tinggi saat mengalir melalui katup ekspansi, mengalami proses ekspansi di mana tekanannya diturunkan, dan selanjutnya memasuki evaporator. Penurunan tekanan ini tidak memengaruhi entalpi refrigeran

karena tidak ada energi yang masuk atau keluar. Salah satu hasil dari perubahan tekanan ini adalah penurunan suhu refrigeran.

4. Proses 4-1 (Evaporasi): Refrigeran yang keluar dari proses ekspansi memiliki suhu yang rendah. Refrigeran tersebut akan memasuki evaporator dengan tujuan menyerap panas dari ruangan yang ingin didinginkan. Selama proses penyerapan panas, suhu refrigeran meningkat dan berubah menjadi bentuk uap. Refrigeran dalam fase uap kemudian kembali masuk ke kompresor. Pada proses pendinginan, atau dalam sistem ini disebut “refrigeration work”

Pada *air conditioner* memiliki beberapa komponen utama agar proses dalam pengkondisian udara dapat berjalan, berikut merupakan penjelasan dari beberapa komponen umum pada AC:

1. Kompresor

Kompresor adalah komponen utama AC yang digunakan untuk mengkompresi refrigerant sehingga tekanan dan temperaturnya lebih tinggi. Fungsi lain dari kompresor adalah untuk mengalirkan refrigerant ke seluruh sistem pendingin.



Gambar 2.3 Kompresor AC

(Sumber : ahliac.com)

2. Kondensor

Kondensor merupakan elemen pada sistem AC yang berperan sebagai penukar panas. Fungsinya adalah menurunkan suhu refrigeran dan mengubahnya dari bentuk gas menjadi cair atau zat cair. Kondensor biasanya terletak pada bagian unit luar sistem pendingin ruangan, karena tugas utamanya adalah membuang panas.

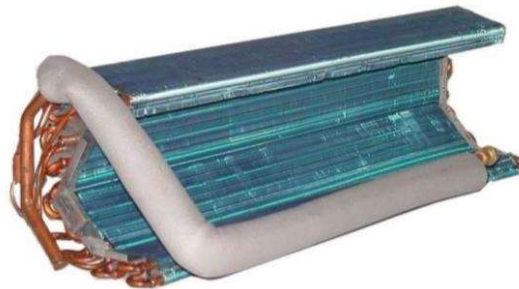


Gambar 2.4 Kondesor AC

(Sumber: Blibli.com)

3. Evaporator

Evaporator adalah bagian dari sistem AC yang berperan dalam proses penguapan pada pendinginan ruangan. Selain itu, komponen ini bertugas menyerap udara panas dari dalam ruangan, menjalankan pertukaran panas dengan refrigerant. Cairan yang berasal dari pipa kondensor yang masuk ke evaporator akan mengalami perubahan wujud menjadi gas dingin melalui proses penguapan.



Gambar 2.5 Evaporator AC

(Sumber: Blibli.com)

4. Blower atau *fan*:

Blower atau *fan* memiliki peran utama sebagai penggerak sirkulasi udara dalam sistem AC. Pada bagian indoor, blower atau kipas memiliki bentuk tabung bersirip dan berfungsi penting dalam sirkulasi udara di dalam ruangan. Sementara itu, pada bagian outdoor, blower atau kipas memiliki bentuk seperti kipas dan berfungsi untuk mendinginkan refrigeran pada kondensor dan berfungsi mengalirkan udara panas ke luar bangunan



Gambar 2.6 *Blower Indoor dan Fan Outdoor*

(Sumber: Blibli.com)

5. Refrigerant

Refrigerant atau Freon adalah substansi pendingin udara yang berwujud gas atau senyawa kimia. Perannya adalah sebagai fluida yang bertanggung jawab untuk mengatur suhu udara yang dihasilkan oleh sistem pendingin ruangan. Freon umumnya tidak memiliki bau atau warna. Ketika Freon pada sistem pendingin ruangan habis, kinerja pendinginan dari AC akan terhambat, bahkan mungkin tidak dapat berfungsi dengan optimal.



Gambar 2.7 Refrigerant atau Freon AC

(sumber: Kompas.com)

2.3. Beban Pendinginan

Beban pendinginan dalam analisa bangunan merupakan indikator seberapa besar panas yang diperlukan untuk mengatur suhu dan kondisi udara di dalam ruangan. Beban pendinginan terjadi karena adanya peningkatan suhu di dalam ruangan yang perlu dikondisikan karena sumber kalor dari luar yang masuk melalui selubung bangunan. Istilah "beban pendinginan"

menggambarkan jumlah panas yang harus dikeluarkan dari ruangan untuk menjaga suhu interior pada nilai yang ditetapkan. Sepanjang musim dingin, udara interior bangunan dipanaskan oleh berbagai sumber. Panas ini perlu dievakuasi atau dihilangkan untuk menjaga tingkat kelembapan dan suhu udara yang nyaman. Beban pendinginan adalah jumlah panas yang perlu dibuang. Menentukan beban pendinginan sangat penting karena berfungsi sebagai dasar untuk memilih 4 ukuran unit pendingin udara dan sistem distribusi yang sesuai. Analisis penggunaan dan konservasi energi juga dilakukan dengan itu.

Tingkat di mana panas perlu diekstraksi dari udara ruangan untuk menjaganya tetap pada kelembapan dan suhu yang diinginkan dikenal sebagai beban pendinginan ruangan. Sejumlah variabel, termasuk suhu di luar, insulasi bangunan, keberadaan orang di dalam ruangan, perangkat teknologi, dan lain sebagainya, dapat memengaruhi beban pendinginan. Untuk menghitung beban pendinginan atau jumlah daya pendinginan yang dibutuhkan dalam sistem pendingin ruangan untuk menjaga suhu ruangan pada tingkat yang nyaman dan dapat diterima parameter ini harus dievaluasi. (Pita, 2002)

Jenis beban pendinginan dibedakan menjadi dua, yaitu:

A. Kalor Laten

Merupakan banyaknya energi panas yang dibutuhkan untuk merubah wujud benda tanpa harus mengubah suhunya. Contoh dari panas laten yaitu Ketika suatu benda berubah wujud dari cair menuju gas (penguapan), atau padat ke cair (peleburan), banyaknya energi panas yang ditransfer dalam proses ini disebut juga dengan kalor laten. Kalor laten tidak mengakibatkan perubahan suhu, melainkan digunakan untuk memecah ikatan antara partikel dalam zat.

B. Kalor Sensibel

Kuantitas energi panas yang diperlukan untuk mengubah suhu suatu benda tanpa menyebabkan benda tersebut berubah bentuk dikenal sebagai panas sensibel. Panas sensibel, misalnya, adalah energi panas

yang ditransmisikan antara objek dan lingkungannya ketika dipanaskan atau didinginkan.

2.4. Perhitungan Beban Pendinginan

Perhitungan beban pendinginan dapat menggunakan dengan metode *cooling load temperature different* (CLTD) dan *cooling load factor* (CLF). CLTD adalah metode perhitungan untuk menentukan jumlah panas yang perlu dihilangkan oleh sistem HVAC suatu bangunan atau ruangan untuk mempertahankan kondisi suhu yang diinginkan. Selain perbedaan suhu indoor-outdoor, CLTD juga mempertimbangkan beberapa faktor koreksi seperti radiasi matahari dan karakteristik bangunan (McQuiston et al., 2023). CLF adalah faktor yang digunakan dalam analisis beban pendinginan untuk memperhitungkan akumulasi panas di dalam bangunan. CLF membantu dalam menghitung beban pendinginan dengan mempertimbangkan durasi paparan panas dan kemampuan bahan bangunan untuk menyerap dan melepaskan panas (SNI 6390:2020, 2020). Perhitungan beban pendinginan terdiri beberapa faktor yang harus di analisa diantaranya sebagai berikut ini:

2.4.1. Beban Pendinginan pada Struktur Eksternal

Beban struktur eksternal adalah perhitungan terkait dengan konduksi panas melalui struktur bangunan yang bersentuhan langsung dengan lingkungan luar dengan faktor yang mempengaruhinya seperti material dinding, Suhu luar, suhu dalam ruangan, lokasi bangunan atau ruangan tersebut (McQuiston et al., 2023). Untuk menghitung beban pendinginan pada struktur eksternal yaitu:

$$Q = U \times A \times CLTD_c \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana

Q = Beban pendinginan struktur bangunan, (BTU/hr)

U = koefisien perpindahan panas keseluruhan, (BTU/hr-ft²-F)

A = Luas area, ft²

$CLTD_c$ = Nilai perbedaan suhu beban pendingin yang telah di koreksi, (F)

maka, $CLTD_c$ dapat diperoleh dari persamaan berikut:

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

Dimana:

CLTD = diferensial suhu beban pendingin (F)

LM = koreksi terhadap garis lintang

t_R = suhu yang diinginkan (F)

t_a = suhu rata-rata luar ruangan pada hari perancangan (F)

maka, t_a dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$t_a = t_0 - (DR/2)$$

DR = Daily range/ suhu rata rata maksimal dikurang suhu rata rata minimum pada kota (F)(Fassbender et al., 2016)

Dimana:

t_0 = suhu maksimal rata rata pada kota (F)

Perbedaan suhu beban pendinginan (CLTD) bukanlah perbedaan suhu aktual antara udara luar dan dalam ruangan. Ini adalah nilai modifikasi yang memperhitungkan penyimpanan panas/efek jeda waktu.

2.4.2. Beban Pendinginan pada Struktur Internal

Beban struktur internal adalah terkait dengan konduksi panas dalam bangunan itu sendiri dengan mempengaruhi faktornya adalah Jenis materialnya, luas bangunannya, dan perbedaan suhu aktual ruangan dengan suhu yang diinginkan (McQuiston et al., 2023). Untuk menghitung beban pendinginan pada struktur internal bangunan yaitu:

$$Q = U \times A \times TD \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana

Q = Beban pendinginan struktur bangunan, (BTU/hr)

U = koefisien perpindahan panas keseluruhan, (BTU/hr-ft²-F)

TD = perbedaan temperature antara suhu rata rata letak bangunan sesuai letak geografis dengan suhu bangunan yang di inginkan, maka nilai TD dapat diperoleh dari persamaan berikut

$$TD = T \text{ aktual} - T_R$$

2.4.3. Beban Pendinginan pada Manusia

Beban manusia adalah panas yang dihasilkan oleh orang-orang di dalam gedung. Manusia mengeluarkan panas dikarenakan manusia memiliki metabolisme didalam tubuh dimana sel sel berkerja. Sel sel membutuhkan energi untuk berkerja (energi tersebut berasal dari makanan) dan sisanya di ubah menjadi bentuk panas (kalor). Pelepasana panas ini akan di sebar ke seluruh tubuh oleh sistem peredaran darah menuju kulit, kemudian dilepaskan ke lingkungan (Maluegha & Luntungan, 2021). Panas yang dihasilkan manusia ini di golongankan menjadi 2 yaitu panas sensibel dan panas laten, untuk menghitung beban pendinginan pada manusia yaitu:

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Q_l = q_l \times n \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana

Q_s, Q_l = beban panas sensible dan laten (BTU/hr)

q_s, q_l = panas sensible and latent per orang

n = jumlah orang

CLF = *cooling load factor for people*, faktor beban pendinginan untuk orang

Jumlah orang dan lama waktu orang didalam bangunan merupakan salah satu faktor dalam perhitungan beban pendinginan. Pada jumlah orang akan mempengaruhi jumlah panas atau beban pendinginan pada ruangan, dan lama waktu orang pada bangunan juga menentukan besar beban pendinginan yang akan di hitung, semakin lama orang beraktifitas di dalam ruangan akan semakin besat beban pendinginannya. CLF merupakan faktor beban pendinginan untuk orang berdasarkan berapa lama waktu orang di dalam bangunan tersebut (Pita, 2002).

2.4.4. Beban Pendinginan pada Lampu dan *Equipment*

Beban pendinginan pada lampu adalah panas yang dihasilkan pada sistem pencahayaan. Faktor pada beban pendinginan pada lampu ini disebabkan oleh jenis lampu seperti jenis lampu pijar, neon, dan LED.

Faktor lainnya adalah besar pada daya lampu beserta jumlah lampu yang di gunakan, semakin banyak jumlah dan besar daya lampu akan semakin besar panas yang dihasilkan pada lampu(ASHRAE, 2021). Berikut ini merupakan perhitungan beban pendinginan pada lampu, yaitu:

$$Q = 3,4 \times W \times BF \times CLF \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana

Q = Beban pendinginan lampu (BTU/hr)

3,4 = nilai konversi dari watt ke BTU/hr

W = daya Lampu (W)

BF = ballast factor

CLF = cooling load factor lampu

Beban pada *Equipment* atau peralatan pada bangunan adalah panas yang disebabkan oleh peralatan elektronik, dan mesin yang berada pada bangunan tersebut, contohnya adalah seperti computer, printer, mesin fotokopi, oven dan lainnya. Terdapat data data mengenai besar beban panas yang di hasilkan pada *Equipment* yaitu adalah pada Tabel 2.1 (ASHRAE, 2021):

Tabel 2.1. Heat Gain pada *Equipment*

<i>Equipment</i>			
Jenis	Spesifikasi atau size	Heat Gain (W)	BTU/hr
Blender	1.0 - 3.8 L	470	1602,7
Lemari pemanas makanan atau cabinet	0,46 - 0,49 m ³	280	954,8
coffee brewer		1660	5660,6
Coffee heater		670	2284,7
frezeer besar	2 m ³	540	1841,4
frezeer kecil	0,51 m ³	340	1159,4
mikrowave oven (rumahan)	30 L	1400	4774
kulkas besar	0,71 - 2,1 m ³	310	1057,1
kulkas kecil	0,17 - 0,71m ³	690	2352,9
Rice cooker			300
printer		732	2496,12
monitor		50	170,5
komputer		75	255,75

Deskop Computer		151	514,91
Laptop		128	436,48
Tablet PC		42	143,22
vending machine		940	3205,4
speakers		15	51,15
projector		308	1050,28
x ray system		480	1636,8
handuk pemanas		221	753,61
blood pressure meter		180	613,8
laser sonic		229	780,89
optical microscope		63	214,83
incubator		1222	4167,02
fluorescent microscope		178	606,98

2.4.5. Beban Pendinginan pada Kaca

Beban pendinginan pada kaca adalah beban yang dihasilkan oleh panas yang masuk melalui jendela atau dinding kaca. Faktor yang mempengaruhinya di antaranya adalah jenis kaca, luas kaca, dan banyaknya kaca yang digunakan. Perhitungan pada beban kaca dapat di hitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana

Q = Beban pendinginan kaca (BTU/hr)

SHGF = MAXIMUM SOLAR HEAT GAIN FACTOR (BTU/hr)

A = luas kaca (ft²)

SC = shading coefficient

CLF= cooling load factor kaca

2.5. Kenyamanan Thermal

Kenyamanan termal atau thermal comfort dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) terbagi menjadi dua suku kata, yakni “termal” yang memiliki arti panas, dan kenyamanan yang berasal dari kata “nyaman” yang berarti sejuk, yang apabila digabungkan maka kenyamanan termal akan berkaitan dengan respon terhadap tempatur atau suhu yang terdapat pada suatu lingkungan trmal dimana kenyamanan memengaruhi kondisi dari subyek tersebut. Manusia akan merasakan kenyamanan termal apabila

manusia tersebut tidak dapat menyatakan apakah diperlukannya perubahan suhu yang lebih panas ataupun dingin pada suatu ruangan. Faktor fisik, fisiologis, dan psikologis adalah tiga dimensi kenyamanan termal yang didasarkan pada konsep ini. Dengan demikian, pemahaman tentang kepuasan individu dari kondisi mental terhadap suhu lingkungan dapat disimpulkan. (Hadi et al., 2020)

Untuk menciptakan suasana ruangan yang sesuai dengan kenyamanan termal atau memenuhi persyaratan khusus sesuai dengan keinginan kita, tanpa tergantung pada kondisi lingkungan luar, digunakan sistem pengkondisian udara. Sistem pengkondisian udara mengacu pada penyesuaian kondisi udara di dalam ruangan berdasarkan beban panas yang terjadi di ruangan tersebut. (Negeri & Samnur, n.d.). Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk sistem pengkondisian udara mengenai kenyamanan termal. Standar tersebut adalah SNI 03-6572-2001 dengan suhu efektif 20,5°C sampai dengan 27,1°C dan SNI 6390-2011 dengan suhu operasi 24°C -27°C . Indeks kenyamanan termal pada suhu efektif untuk Indonesia (daerah tropis lembab) dapat dibagi menjadi (BSN, 2020):

- Kenyamanan sejuk, antara suhu efektif 20,5°C - 22,8°C.
- Kenyamanan optimal, antara suhu efektif 22.8°C - 25.8°C.
- Kenyamanan hangat, antara suhu efektif 25.8°C - 27.1°C.