

ANALISIS BEBAN PENDINGINAN MENGGUNAKAN METODE CLTD (COLLING LOAD TEMPERATURE DIFFERENCE) PADA KORIDOR RUANG PRODUKSI PT. NUFARINDO SEMARANG

***Krisna Bagus Setiawan¹, Paryanto², Susilo Adi Widianto²**

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: krisnabagussetiawan83@gmail.com

Abstrak

PT. Nufarindo Semarang merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi farmasi. Pada perusahaan farmasi, sistem pengkondisian udara atau sistem tata udara menjadi hal yang sangat penting. Sistem Tata Udara adalah suatu sistem yang mengondisikan lingkungan melalui pengendalian suhu, kelembaban nisbi, arah pergerakan udara dan mutu udara termasuk pengendalian partikel dan pembuangan kontaminan yang ada di udara. Untuk mendapatkan pengkondisian udara yang tepat diperlukan analisis atau perhitungan beban pendinginan. Pada penelitian ini membahas mengenai analisis beban pendinginan pada koridor ruang produksi PT. Nufarindo Semarang. Analisis beban pendinginan dilakukan menggunakan metode CLTD (Cooling Load Temperature Difference). Metode CLTD dikembangkan oleh ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*). Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam memperkirakan beban pendinginan secara akurat dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti suhu luar, suhu dalam, kelembaban, dan radiasi matahari. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan kurang lebih selama satu bulan untuk memastikan variasi yang cukup dalam kondisi cuaca. Setelah dilakukan pengumpulan dan analisis data, didapatkan nilai beban pendinginan pada koridor ruang produksi sebesar 223.104,2 Btu/hr, dengan 10% *safety factor* yaitu sebesar 22.310,42 Btu/hr maka untuk total beban pendinginan adalah 245.414,7 Btu/hr. Dimana sistem HVAC yang digunakan untuk menyuplai koridor memiliki kapasitas pendinginan sebesar 250.000 Btu/hr. Maka dapat disimpulkan bahwa kapsitas pendinginan dari sistem HVAC yang digunakan untuk menyuplai koridor telah memenuhi kebutuhan dari beban pendinginan.

Kata kunci: beban pendinginan; cltd; hvac; sistem tata udara

Abstract

PT. Nufarindo Semarang is a company that produces pharmaceuticals. In a pharmaceutical company, the air conditioning system is of utmost importance. An Air Conditioning System is a system that conditions the environment by controlling temperature, relative humidity, air movement direction, and air quality, including particle control and contaminant removal. To achieve proper air conditioning, it is necessary to analyze or calculate the cooling load. This study discusses the cooling load analysis of the production corridor at PT. Nufarindo Semarang. The cooling load analysis was conducted using the CLTD (Cooling Load Temperature Difference) method. The CLTD method, developed by ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), was chosen for its ability to accurately estimate the cooling load by considering various factors such as outdoor temperature, indoor temperature, humidity, and solar radiation. Data collection for this study was carried out for approximately one month to ensure sufficient variation in weather conditions. After data collection and analysis, the cooling load for the production corridor was found to be 223,104.2 Btu/hr, with a 10% safety factor of 22,310.42 Btu/hr, resulting in a total cooling load of 245,414.7 Btu/hr. The HVAC system used to supply the corridor has a cooling capacity of 250,000 Btu/hr. Therefore, the cooling capacity of the HVAC system used to supply the corridor meets the cooling load requirements.

Keywords: air conditioning system; cltd; cooling load; hvac

1. Pendahuluan

Pada industri farmasi, sistem pengkondisian udara memegang peranan krusial dalam menjaga kestabilan lingkungan produksi. PT. Nufarindo Semarang, sebagai salah satu perusahaan farmasi di Semarang, menempatkan pentingnya sistem tata udara untuk mengontrol suhu, kelembaban, dan kualitas udara di koridor ruang produksinya. Kondisi lingkungan yang terkontrol dengan baik tidak hanya mendukung kenyamanan kerja, tetapi juga menjamin integritas dan keamanan produk farmasi yang dihasilkan.

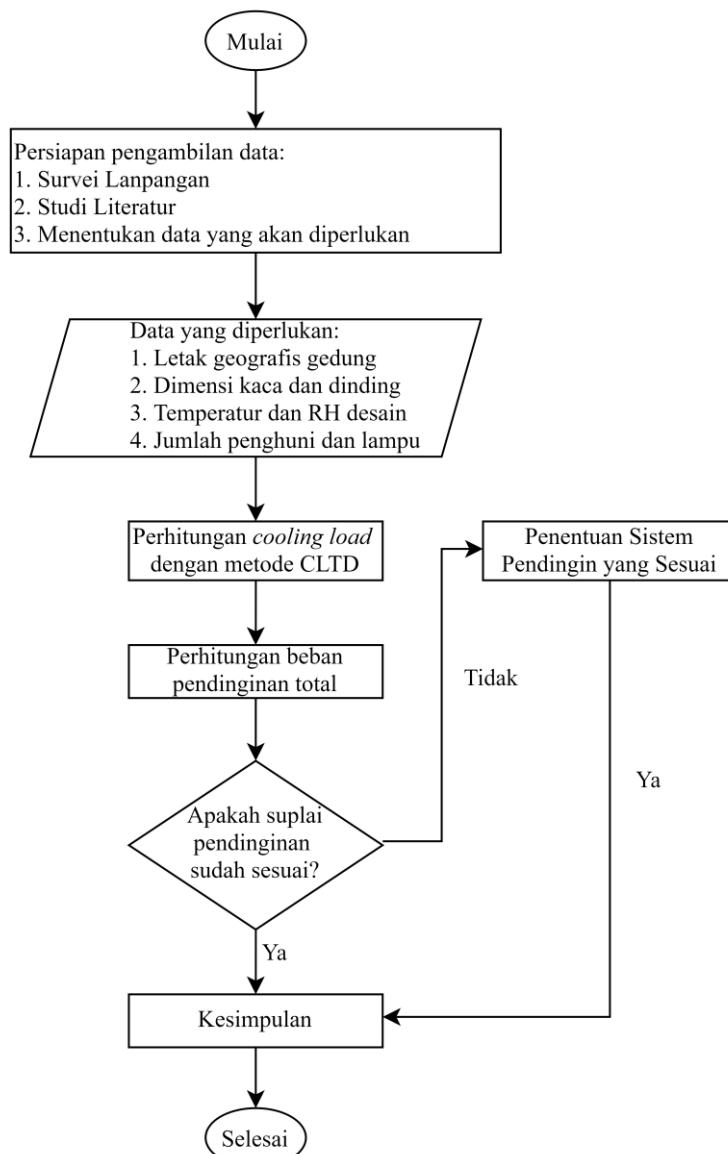
Analisis beban pendinginan menjadi langkah awal yang penting dalam merancang sistem HVAC yang efisien dan optimal. Metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) dikembangkan oleh ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) sebagai alat untuk menghitung beban pendinginan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti suhu eksternal, radiasi matahari, dan karakteristik bangunan [1, 2]. Metode ini telah terbukti efektif dalam berbagai penelitian sebelumnya untuk mengestimasi kebutuhan pendinginan di berbagai lingkungan industri dan komersial [3].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan metode CLTD telah sukses dalam menganalisis dan merencanakan sistem HVAC pada berbagai aplikasi, termasuk di lingkungan industri farmasi. Studi oleh Algarni et al. (2018) mengevaluasi kinerja sistem pengkondisian udara yang relevan untuk aplikasi industri [4], sementara Irshad et al. (2023) memberikan tinjauan mendalam tentang analisis dan desain HVAC yang mencakup metode CLTD [5]. Bhatia (2020) menjelaskan pentingnya sistem HVAC dalam manufaktur farmasi dan menganalisis kebutuhan sistem HVAC yang spesifik untuk industri farmasi [6].

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis beban pendinginan menggunakan metode CLTD pada koridor ruang produksi PT. Nufarindo Semarang. Dengan fokus pada efisiensi energi dan biaya operasional, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang tepat dalam pengelolaan sistem HVAC yang efektif untuk industri farmasi.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, dibuatkan langkah-langkah penelitian yang disajikan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Analisis Beban Pendinginan

2.1 Peralatan

1. Magnehelic

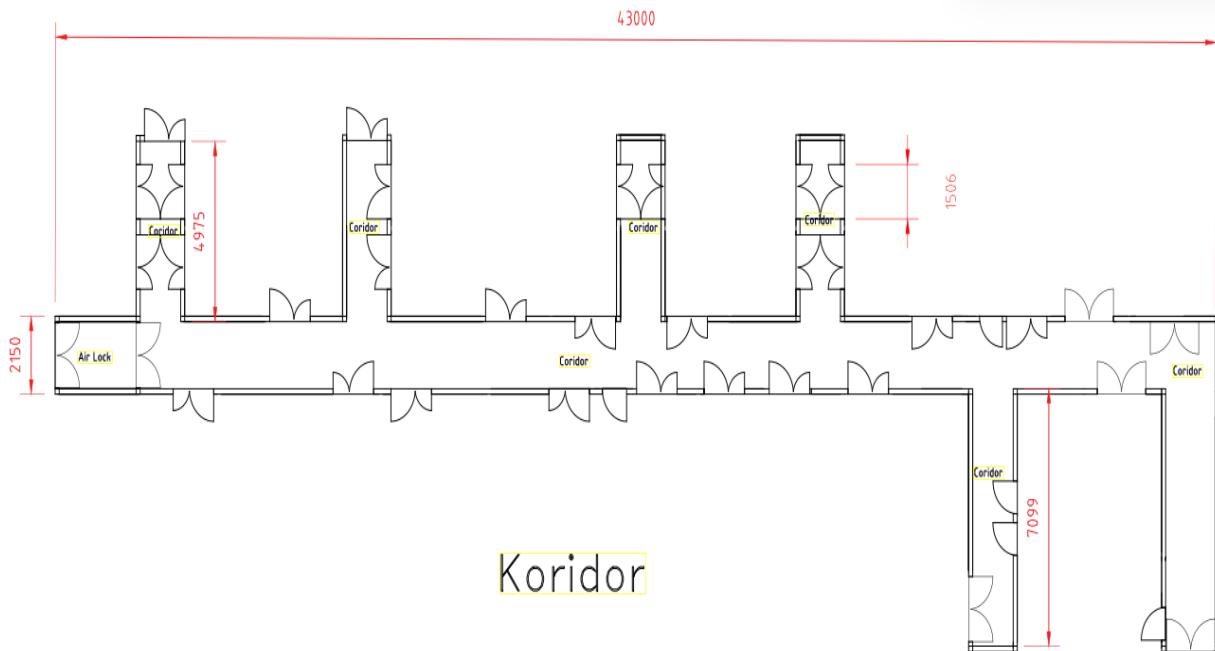
Alat ini digunakan untuk mengukur perbedaan tekanan di ruang produksi, koridor, *air lock*, dan diluar lingkungan ruang produksi. Tujuannya adalah menjaga proses produksi tetap dalam konsistensi mutu yang berkualitas.

2. Hygrometer

Hygrometer merupakan alat fungsional yang dapat digunakan untuk mengukur suhu suatu ruangan dan tingkat kelembapannya.

2.2 Denah

Untuk mengetahui luas dari koridor ruang produksi PT. Nufarindo diperlukan denah sebagai gambaran dalam perhitungan. Adapun denah dari koridor ruang produksi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah Koridor Ruang Produksi

2.3 Data Hasil Pengamatan

2.3.1 Data Umum

Data umum yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Umum

No.	Data	Keterangan
1.	Objek Penelitian	Koridor Ruang Produksi PT. Nufarindo Semarang
2.	Lokasi	Jalan Raya Mangkang KM 16, Semarang
3.	Letak Geografis	6°58'11.9"LS dan 110°17'33.5"BT
4.	Arah Gedung	Selatan
5.	Fungsi Gedung	Produksi
6.	Jam Kerja	24 Jam
7.	Warna Dinding	Cerah
8.	Jenis Kaca	Single Glass
9.	Jarak Lantai-atap	2,5 m
10.	Luas Ruangan	154 m ²

2.3.2 Data HVAC Equipment

1. Condensor

Data condensor yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Condensor

Model	Kapasitas (Btu/hr)	Jumlah
RO-125F	125.000	2

2. Refrigerant

Refrigerant yang digunakan pada sistem HVAC Unit 3 yang dimana untuk menyuplai koridor ruang produksi yaitu Refrigerant R22 yang bekerja pada *saturated discharge temperature* kira-kira 53°C (127,4 °F) [7].

3. Filter

Untuk filter yang digunakan ada 3 jenis filter, yaitu *Washable Filter*, *Medium Filter*, dan *Hepa Filter*. Berikut adalah spesifikasi dari masing-masing filter yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Filter [8]

Jenis Filter	Efisiensi	Ukuran Partikel	Klasifikasi
Washable (G3)	80-90%	3-10 µm	
Medium (F8)	90-95%	1-3 µm	<i>European Union EN779 Class</i>
Hepa (H13)	99,95%	≥0,3 µm	

2.3.3 Kondisi Ruangan

Pada koridor ruang produksi memiliki suhu rata-rata 23,5 °C (74,3°F) dengan RH rata-rata adalah 63,9 %. Untuk data suhu dan RH ini diambil dari rata-rata pada bulan November 2023. Tabel 4 menunjukkan kondisi suhu dan kelembaban koridor pada bulan November 2023.

Tabel 4. Data Suhu dan RH Koridor Bulan November

Tanggal	Suhu (°C)	Suhu (°F)	RH (%)	Tanggal	Suhu (°C)	Suhu (°F)	RH (%)
01/11/2023	23,2	73,76	65,0	16/11/2023	23,8	74,48	65,0
02/11/2023	23,6	74,48	60,8	17/11/2023	23,9	75,02	63,1
03/11/2023	23,2	73,76	60,6	18/11/2023	23,8	74,48	60,0
04/11/2023	23,5	74,3	60,8	19/11/2023	24,2	75,56	63,0
07/11/2023	23,7	74,66	61,2	22/11/2023	23,3	73,94	66,0
08/11/2023	24,0	75,2	60,8	23/11/2023	23,2	73,76	64,5
09/11/2023	23,6	74,48	61,6	24/11/2023	23,6	74,48	63,8
10/11/2023	22,8	73,04	67,2	25/11/2023	23,1	73,58	68,0
11/11/2023	22,5	72,5	60,9	28/11/2023	23,5	74,3	68,8
14/11/2023	24,5	76,1	64,6	29/11/2023	22,1	71,78	66,0
15/11/2023	24,0	75,2	69,8	30/11/2023	23,6	74,48	65,0

2.3.4 Kondisi Udara Lingkungan Luar

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari BMKG, kondisi temperatur rata-rata pada daerah Semarang pada bulan November 2023 adalah 33 °C (91,4°F) dengan RH rata-rata adalah 85 %.

2.4 Beban Ruang

1. Beban Penghuni

Beban penghuni merupakan beban internal yang dihitung menurut jumlah personil yang melalui koridor ruang produksi. Beban penghuni dihitung dari jumlah penghuni atau personil, kegiatan yang dilakukan, dan berapa penghuni melakukan kegiatan. Karena jumlah orang pada koridor ruang produksi fluktuatif atau berubah ubah maka diaumsikan 60 orang perjam.

2. Beban Lampu

Besarnya beban lampu pada perhitungan ini bergantung pada besar daya dan jumlah lampu yang ada pada koridor ruang produksi. Berikut merupakan data lampu yang ada pada koridor ruang produksi ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Lampu Koridor Ruang Produksi

Jenis	Daya	Jumlah
Flourescent	18 W	34

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan beban Pendinginan

Perhitungan beban pendinginan merupakan perhitungan besarnya beban kalor, baik kehilangan maupun perolehan kalor, dari ruangan yang dikondisikan [9]. Untuk menghitung beban pendinginan menggunakan metode CLTD ini, maka diperlukan data-data perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Perhitungan

No.	Objektif	Keterangan
1.	Bulan perencanaan	November 2023
2.	Letak Geografis Gedung	6°58'11.9"LS dan 110°17'33.5"BT
3.	Temperatur Ruang	23,5 °C (77,54 °F), RH 63,9 %
4.	Temperatur Luar	33 °C (91,4 °F), RH 85 %

3.1.1 Beban Transmisi Dinding

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dinding luar termasuk ke dalam grup D dimana harga perpindahan panasnya (U) adalah 0,415. Harga CLTD untuk beban transmisi dinding grup D ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. CLTD Dinding Grup D [1]

Jenis Filter	Nilai CLTD Dinding Grup D		
	Min	Max	Difference
Utara	6	19	13
Timur Laut	7	25	18
Timur	8	33	25
Tenggara	8	32	24
Selatan	6	29	23
Barat Daya	8	38	30
Barat	9	41	32
Barat Laut	7	32	25

Harga LM (*Latitude Month*) yang didasarkan letak geografis PT. Nufarindo Semarang. Sehingga harga LM yang didapat ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Harga LM [1]

Arah	LM
Utara	-3
Selatan	10
Barat	-2
Timur	-2

Nilai K pada persamaan di bawah ditentukan berdasarkan warna dinding. Untuk Koridor Ruang Produksi memiliki warna dinding krem (cerah), sehingga nilai K = 0,63. Dengan nilai $T_0 = 91,4^{\circ}\text{F}$ dan $T_R = 77,54^{\circ}\text{F}$. Maka harga CLTD_c untuk dinding utara dengan menggunakan harga CLTD maksimum adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{CLTD}_c &= \{(\text{CLTD} + \text{LM}) \times K + (78 - T_R) + (T_0 - 85)\} \\ \text{CLTD}_c &= \{(19 - 3) \times 0,63 + (78 - 77,54) + (91,4 - 85)\} \\ \text{CLTD}_c &= 16,94^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

Berikut pada Tabel 9 merupakan harga CLTD_c dari masing-masing arah dengan menggunakan harga CLTD maksimal.

Tabel 9. Harga CLTD_c [1]

Arah	CLTD Maksimal (°F)	CLTD _c (°F)
Utara	19	16,94
Selatan	29	31,43
Barat	41	31,43
Timur	33	26,39

Dari hasil CLTD_c yang ditunjukkan pada Tabel 9, maka beban transmisi pada dinding dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini. Sebagai contoh untuk perhitungan beban pendinginan pada dinding bagian utara, yaitu sebagai berikut:

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

$$Q = 0,415 \frac{Btu}{hr ft^2 ^\circ F} \times 1157,13 ft^2 \times 16,94 ^\circ F$$

$$Q = 8134,74 \frac{Btu}{hr}$$

Beban transmisi dinding dari masing-masing arah dijabarkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Beban Transmisi Dinding

Arah	U dinding Btu / (h ft ² °F)	A (ft ²)	CLTD corr (°F)	Q (btu/h)
Barat	0,415	1157,13	16,94	8134,74
Timur	0,415	1157,13	31,43	15092,97
Utara	0,415	968,76	31,43	12635,97
Selatan	0,415	968,76	26,39	10609,71
Total				46473,39

3.1.2 Beban Transmisi Kaca

Kaca yang digunakan dalam Koridor Ruang Produksi merupakan tipe *single glass*, dengan koefisien perpindahan panas untuk kaca tipe single glass adalah $U = 1,04 \text{ Btu/hr ft}^2 ^\circ F$. Berikut Tabel 11 merupakan data kaca yang ada di Koridor Ruang Produksi:

Tabel 11. Data Kaca

No.	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas		CLTD corr (°F)	Q (btu/h)
			m ²	ft ²		
1.	2	1,2	2,4	25,8336	16,94	8134,74
2.	1,2	0,5	0,6	6,4584	31,43	15092,97
3.	2	0,5	1	10,764	31,43	12635,97
4.	2	1	2	21,528	26,39	10609,71
Total						46473,39

Berdasarkan Tabel 3.23 pada buku *ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual 1979*, harga CLTD maksimal adalah 14. Sehingga nilai CLTD_c adalah sebagai berikut:

$$CLTD_c = (CLTD) + (78 - T_R) + (T_0 - 85)$$

$$CLTD_c = (14) + (78 - 77,54) + (91,4 - 85)$$

$$CLTD_c = 20,86 ^\circ F$$

Dari hasil CLTD_c tersebut, maka besar beban transmisi kaca dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

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

$$Q = 1,04 \frac{Btu}{hr ft^2 ^\circ F} \times 1453,48 ft^2 \times 20,86 ^\circ F$$

$$Q = 31532,38 \frac{Btu}{hr}$$

3.1.3 Beban Infiltrasi

Beban infiltrasi adalah beban yang disebabkan oleh beban dari udara yang masuk melalui celah pintu, buka-tutup pintu, atau dari jendela [10].

1. Beban Infiltrasi Pintu

Harga infiltrasi CFM dapat dihitung dengan mengalikan luas pintu dengan nilai infiltrasi pintu, yaitu sebesar 0,5 CFM/ft². Tabel 12 menunjukkan nilai laju infiltrasi yang dibolehkan.

Tabel 12. Laju Infiltrasi yang Dibolehkan [1]

Komponen	Laju Infiltrasi
Windows	0.37 CFM per ft of sash crack
Residential doors	0.5 CFM per ft ² of door area
Nonresidential doors	1.00 CFM per ft ² of door area

Sehingga nilai CFM pintu adalah:

$$\text{Infiltrasi} = 0,5 \text{ CFM/ft}^2 \times A_{\text{pintu}}$$

$$\text{Infiltrasi} = 0,5 \text{ CFM/ft}^2 \times 807,3\text{ft}^2$$

$$\text{Infiltrasi} = 403,65 \text{ CFM}$$

Dari CFM infiltrasi pintu di atas dapat dihitung beban infiltrasi pada pintu yaitu sebagai berikut:

- a. Beban sensibel infiltrasi:

$$Q_s = 1,08 \times \text{CFM} \times \text{TC}$$

$$Q_s = 1,08 \times 403,65 \text{ CFM} \times (T_0 - T_R)$$

$$Q_s = 1,08 \times 403,65 \text{ CFM} \times (91,4 - 77,54)$$

$$Q_s = 6042,156 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

- b. Beban laten infiltrasi:

$$Q_L = 4840 \times \text{CFM} \times (W_o - W_i)$$

$$Q_L = 4840 \times 403,65 \text{ CFM} \times (0,027424 - 0,012917)$$

$$Q_L = 28341,83 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

2. Beban Infiltrasi Kaca

Perhitungan beban infiltrasi kaca masih sama seperti beban infiltrasi pintu, tetapi yang membedakan adalah nilai laju infiltrasi untuk kaca adalah 0,37 CFM/ft². Sehingga nilai CFM pintu adalah:

$$\text{Infiltrasi} = 0,37 \text{ CFM/ft}^2 \times A_{\text{kaca}}$$

$$\text{Infiltrasi} = 0,37 \text{ CFM/ft}^2 \times 1453,48\text{ft}^2$$

$$\text{Infiltrasi} = 537,7876 \text{ CFM}$$

Dari CFM infiltrasi kaca diatas maka dapat dihitung beban infiltrasi pada kaca yaitu sebagai berikut:

- a. Beban sensibel

$$Q_s = 1,08 \times \text{CFM} \times \text{TC}$$

$$Q_s = 1,08 \times \text{CFM} \times (T_0 - T_R)$$

$$Q_s = 1,08 \times 537,7876 \text{ CFM} \times (91,4 - 77,4)$$

$$Q_s = 8050,035 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

- b. Beban laten

$$Q_L = 4840 \times \text{CFM} \times (W_o - W_i)$$

$$Q_L = 4840 \times 537,7876 \text{ CFM} \times (0,027424 - 0,012917)$$

$$Q_L = 37760,15 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

3.1.4 Beban Penerangan

Lampu yang digunakan pada koridor ruang produksi merupakan lampu *flourescent* biasa sehingga harga BF (*Balast Factor*) adalah 1,2 dengan jumlah total sebanyak 34 lampu. Harga F_u adalah 1 karena semua lampu menyala, sedangkan harga CLF adalah 1 dan AC menyala 24 jam. Jadi besar beban penerangan adalah sebagai berikut:

$$Q = 3,41 \times W \times BF \times CLF \times F_u$$

$$Q = 3,41 \times 612 \text{ Watt} \times 1,2 \times 1 \times 1$$

$$Q = 2504,34 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

3.1.5 Beban Penghuni

1. Beban Sensibel Penghuni

Beban sensibel penghuni dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$Q_s = SHG \times n \times CLF$$

Harga SHG didapatkan dari Tabel 4.5 pada buku *ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual 1979*. Yang dapat dilihat pada Tabel 13, sebagai berikut:

Tabel 13. Harga SHG dan LHG [1]

Aktivitas	SHG (Btu/hr)	LHG (Btu/hr)
Hotel, Apartement, duduk	255	255
Kantor	230	190
Mall, Toko	315	325
Restoran	255	325
Pabrik sedang	345	695
Pabrik berat	565	1035
Arena olah raga	635	1165
Bioskop	210	140
Atletik	710	1090

Sehingga untuk harga SHG perhitungan beban penghuni adalah 345 Btu/hr dan harga CLF adalah 1 Perhitungan beban penghuni sensibel adalah sebagai berikut:

$$Q_s = SHG \times n \times CLF$$

$$Q_s = 245 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \times 60 \times 1$$

$$Q_s = 20700 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

2. Beban latent penghuni

$$Q_L = LHG \times n$$

Harga LHG didapatkan dari Tabel 13, sehingga harga LHG adalah 695 Btu/hr. Harga CLF adalah 1 Perhitungan beban penghuni latent adalah sebagai berikut:

$$Q_L = LHG \times n$$

$$Q_L = 695 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \times 60$$

$$Q_L = 41700 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

3.1.6 Beban Pendinginan Ruangan

Beban pendinginan total ruangan dibagi menjadi dua, yaitu beban sensibel ruangan dan beban latent ruangan. Berikut merupakan perhitungan beban pendinginan total ruangan:

$$RTHG = RSHG + RLHG$$

Dimana:

RTHG = Room Total Heat Gain

RSHG = Room Sensible Heat Gain

RLHG = Room Latent Heat Gain

1. Total Beban Sensibel Ruangan

$$\begin{aligned} RSHG &= Q_{\text{transmisi dinding}} + Q_{\text{transmisi kaca}} + Q_{\text{infiltrasi pintu}} + Q_{\text{infiltrasi kaca}} + Q_{\text{penghuni}} + Q_{\text{penerangan}} \\ RSHG &= (46473,39 + 31532,38 + 6042,156 + 8050,035 + 20700 + 2504,304) \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

$$RSHG = 115302,3 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

2. Total Beban Laten Ruangan

$$RLHG = Q_{\text{infiltrasi pintu}} + Q_{\text{infiltrasi kaca}} + Q_{\text{penghuni}}$$

$$RLHG = (28341,83 + 37760,15 + 41700) \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$RLHG = 107801,98 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

3. Beban Pendinginan Total Ruangan

$$RTHG = RSHG + RLHG$$

$$RTHG = (115302,3 + 107801,98) \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$RTHG = 223104,2 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

3.1.7 Beban Pendinginan Udaran Luar

Besar total beban pendinginan udara luar merupakan penjumlahan total beban sensibel udara luar dan total beban laten udara luar. Pada Koridor Ruang Produksi tidak memiliki ventilasi sehingga beban pendinginan sensibel dan laten udara luar bernilai 0.

$$OATH = OASH + OALH$$

$$OATH = 0 + 0$$

$$OATH = 0 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

3.1.8 Total Beban Pendinginan

Besar total beban pendinginan adalah jumlah dari total beban pendinginan ruangan dan total beban pendinginan udara luar. Berikut merupakan perhitungan total beban pendinginan:

$$GTH = RTHG + OATH$$

$$GTH = (223104,2 + 0) \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$GTH = 223104,2 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

3.1.9 Safety Factor

Berdasarkan buku ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) Cooling and Heating Load Calculation Manual 1979*, chapter 28 minimal faktor keamanan adalah 10% dari total beban pendinginan (GTH).

$$FS = 10\% \times 223104,2 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$FS = 22310,42 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

4. Kesimpulan

Dari rincian perhitungan yang telah dilakukan didapatkan, beban pendinginan terbesar yaitu terdapat pada beban penghuni dan beban pendinginan terkecil terdapat pada beban penerangan. Kemudian untuk total beban pendinginan sebesar 223.104,25 Btu/hr dengan besar faktor keamanan sebesar 22310,42 Btu/hr, maka total beban pendinginan yang diperlukan adalah 245414,7 Btu/hr. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kapasitas pendinginan dari unit pendingin atau sistem HVAC yang memiliki kapasitas pendinginan 250.000 Btu/hr sudah cukup untuk memberikan pendinginan pada Koridor Ruang Produksi.

5. Daftar Pustaka

- [1] 997 ASHRAE Handbook Preface. [Online]. Available: <http://www.ashrae.org>.
- [2] ASHRAE, *ASHRAE fundamentals (SI)*. 2017.
- [3] K. Bansal, S. Chowdhury, and M. R. Gopal, “Development of CLTD values for buildings located in Kolkata, India,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 28, no. 10, pp. 1127–1137, 2008, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2007.08.005.
- [4] S. Algarni, C. A. Saleel, and M. A. Mujeebu, “Air-conditioning condensate recovery and applications—Current developments and challenges ahead,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 37, no. November 2017, pp. 263–274, 2018, doi: 10.1016/j.scs.2017.11.032.
- [5] A. S. Irshad and A. G. Noori, “Evaluating the effects of passive cooling and heating techniques on building energy consumption in Kandahar using CLTD method,” *Mater. Today Proc.*, vol. 57, no. February 2022, pp. 595–602, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.01.456.
- [6] A. Bhatia, “HVAC Design for Pharmaceutical Facilities Credit: 5 PDH,” *CED Eng.*, vol. 333, no. 877, pp. 2–57, 2020, [Online]. Available: <https://pharmastate.blog/hvac-design-for-pharmaceutical-facilities/>
- [7] “R22-PT-Chart”.
- [8] “AIR FILTERS AND EFFICIENCY CLASSIFICATION.”
- [9] B. L. Maluegha and H. Luntungan, “PENENTUAN BEBAN PENDINGINAN AC UNTUK MEMILIH SISTEM PENDINGINAN YANG HEMAT ENERGI PADA RUANGAN IBADAH GEDUNG GEREJA KGMP GETSEMANI KELURAHAN BAHU KOTA MANADO,” 2021. [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jtmu/index>

-
- [10] D. Suntoro, R. Darmawan, and K. Ahadi, “PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN PADA RUANGAN DI PERKANTORAN PT. INDONESIA POWER UPJP PESANGGARAN BALI,” 2018.