

**LAPORAN
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (PkM)**



**ANALISIS SISTEM PENGKONDISIAN UDARA
PADA RUANG STABILITAS OBAT JADI PT PRATAPA NIRMALA**

Oleh:

**Ir. J. Victor Tuapetel, ST, MT, PhD, IPM, ASEAN Eng.
NIDN. 0322096803**

**Dipl. Ing. M. Kurniadi Rasyid, MM
NIDN. 0303116601**

**Totoh Hanafiah
NIM. 1121920006**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA
September 2024**

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN
KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (PkM)**

- Judul PkM : Analisis Sistem Pengkondisian Udara Pada Ruang Stabilitas Obat Jadi PT. Pratapa Nirmala
- Nama Mitra PkM : PT. Pratapa Nirmala
1. Ketua Tim
- a. Nama Lengkap : Ir. Jones Victor Tuapetel, ST, MT, PhD, IPM, ASEAN Eng
 - b. NIDN : 0322096803
 - c. Program Studi : Teknik Mesin
 - d. Bidang Keahlian : Mekanikal / Konversi Energi
 - e. Alamat Kantor/No. HP : Jl. Raya Puspipetek Serpong Tangerang Selatan Banten/ 081282868826
 - f. Alamat Surel (*e-mail*) : jvictor.tuapetel@iti.ac.id
2. Lokasi Mitra
- a. Wilayah (Kelurahan/Kecamatan): Jatiuwung
 - b. Kabupaten / Kota : Tangerang
 - c. Jarak dari Kampus ITI (km): 31 km
 - d. Alamat Lengkap : Industri Raya II No.8 Blok K, RT.006/RW.004, Pasir Jaya, Kec. Jatiuwung, Kota Tangerang, Banten 15135
3. Luaran PkM : Laporan PkM
4. Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun
Lama Pelaksanaan (bulan) : 3 bulan
5. Biaya : Rp. 5.000.000.-
6. Sumber Dana : PT. Pratapa Nirmala

Tangerang Selatan, 13 September 2024

Mengetahui,

Program Studi Teknik Mesin

Ketua



(Ir. Jones Victor Tuapetel, ST, MT,
PhD, IPM, ASEAN Eng.)
NIDN: 0322096803

Ketua Tim


(Ir. Jones Victor Tuapetel, ST, MT,
PhD, IPM, ASEAN Eng.)
NIDN: 0322096803

Menyetujui,

Kepala

Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat
(PRPM) - ITI



(Prof. Dr. Ir. Ratnawati, M.Eng.Sc., IPM)
NIDN : 0301036303



INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA

Jl. Raya Puspiptek, Tangerang Selatan - 15314
(021) 7562757

www.iti.ac.id [institutteknologiindonesia](https://www.instagram.com/institutteknologiindonesia) [@kampusITI](https://www.facebook.com/kampusITI) [Institut Teknologi Indonesia](https://www.youtube.com/channel/UC...)

SURAT TUGAS

No. : 024/ST-PkM/PRPM-ITI/V/2024

Pertimbangan : Bahwa dalam rangka melaksanakan kegiatan pengabdian kepada masyarakat bagi dosen Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Indonesia, perlu dikeluarkan surat tugas.

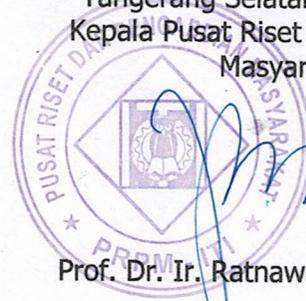
Dasar : 1. Surat Program Studi Teknik Mesin;
2. Kepentingan Institut Teknologi Indonesia.

DITUGASKAN

Kepada : Dosen Program Studi Teknik Mesin (Terlampir)

Untuk : 1. Melaksanakan kegiatan pengabdian kepada masyarakat pada Semester Genap Tahun Akademik 2023-2024;
2. Melaporkan hasil tugas kepada Kepala PRPM - ITI;
3. Dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab.

Tangerang Selatan, 30 Mei 2024
Kepala Pusat Riset dan Pengabdian
Masyarakat



Prof. Dr. Ir. Ratnawati, M.Eng.Sc., IPM

Tembusan Yth.

1. Wakil Rektor Bid. Wakil Rektor Bidang Akademik, Penelitian dan Kemahasiswaan
2. Kepala Biro SDM Dan Organisasi
3. Ka. Prodi Teknik Mesin
4. Arsip

**USULAN KEGIATAN PENGABDIAN MASYARAKAT PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2023/2024
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Lampiran Surat Tugas Pengabdian Masyarakat
Nomor: 024/ST-PkM/PRPM-ITI/V/2024
Tanggal 27 Mei 2024

No.	Topik Pengabdian Masyarakat	Bidang	Tingkat (Lokal/Nasional /Internasional)	Nama Tim (ketua & anggota harus beda bidang maksimum 3)	Sumber Dana (Pemerintahan, Swasta/ Perguruan Tinggi, Mandiri, Hibah Dikti)	Jumlah Dana (Rp) (Dana minimum Rp. 5.000.000 jika lebih dari batas minimum harap melampirkan bukti kontrak)	Keterlibatan Prodi / Institusi Lain (Lampirkan Bukti)	Keterlibatan Mahasiswa (Nama-No NRP)/Alumni
1	Analisis Sistem Pengkondisian Udara Pada Ruang Stabilitas Obat Jadi PT. Pratapa Nirmala	Engineering dan Technology	Nasional	Ketua: Ir. J. Victor Tuapetel, S.T., M.T., PhD., IPM., ASEAN Eng. Anggota: Dipl. Ing Ir. M. Kurniadi Rasyid, MM	Mandiri	5.000.000	Tidak Ada	Totoh Hanafiah (NRP: 1121920006)
2	Pembuatan Abon Menggunakan Mesin Semi Otomatis	Engineering dan Technology	Local	Dipl. Ing Ir. M. Kurniadi Rasyid, MM,	Mandiri	5.000.000	Tidak Ada	Rafi ananda (NRP: 1122225003)
3	Tim Penilai Angka Kredit Dosen	Penilai Angka Kredit	Nasional	Sebagai Anggota: Dra. Ir. Perak Samosir, M.Si	LLDIKTI Wil.III	5.000.000	Tidak Ada	Tidak Ada
4	Melaksanakan pengembangan hasil pendidikan, dan penelitian yang dimanfaatkan oleh industri: Eliminates The Problem of "Wrong Seat Installation"	Engineering and Technology	Nasional	Prof.Dr. Ir. Dwita Suastiyanti, M.Si., IPM., Asean.Eng	Mandiri	10.000.000	PT. Arkha Jayanti Persada Pabuaran Plant	Mohamad Annur Athur Raihan (NRP: 1122000026)
5	Analisis Perhitungan Overall Equipment Effectiveness Mesin CNC Milling	Engineering and Technology	Nasional	Dr. Pathya Rupajati, S.T., M.T	Mandiri	5.000.000	PT. Sukses Abadi Engineering	Rio Febriyan (NRP: 112200008)
6	Pemateri dalam Acara Pembinaan Juru LAS Sertifikasi Kementerian RI	Engineering and Technology	Nasional	Dr. Ir. Ismojo., S.T., M.T	PT. Upaya RIKsa Patra	5.000.000	PT. Upaya RIKsa Patra	Tidak Ada

Tangerang Selatan, 30 Mei 2024

Kepala Pusat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat



Prof. Dr. Ir. Ratnawati, M.Eng.Sc., IPM

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan pembangunan gedung yang pesat meningkatkan konsumsi energi dan berpotensi menimbulkan krisis energi global. Sistem HVAC berkontribusi signifikan terhadap konsumsi listrik di gedung komersial, sering mencapai 40-50% dari total konsumsi. Untuk mengoptimalkan efisiensi energi, penghitungan kebutuhan pendinginan yang akurat sangat penting. Kegiatan ini menggunakan metode Cooling Load Temperature Difference/Solar Cooling Load/Cooling Load Factor (CLTD/SCL/CLF) dan perangkat lunak Coolpack untuk mengevaluasi kapasitas dan efisiensi sistem pendinginan di ruang Stability Obat di PT. Pratapa Nirmala. Hasil menunjukkan bahwa mesin pendingin dengan refrigeran R-22 memenuhi kebutuhan pendinginan dengan beban 5,84 kW dari kapasitas mesin 10,6 kW, menunjukkan kinerja optimal. Sistem dengan laju udara 140 CFM berfungsi baik pada suhu 25°C dan kelembaban relatif 60%. Disarankan penggunaan refrigeran modern seperti R-410A atau R-32 serta penurunan laju udara menjadi 80 CFM untuk menghemat energi dan memperpanjang umur kompresor. Implementasi rekomendasi ini diharapkan memaksimalkan kinerja sistem pendinginan dan mengurangi biaya operasional.

Kata Kunci: CLTD, R-22, efisiensi sistem pendinginan, kompresor, kelembaban relatif, CoolPack.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN SURAT TUGAS	iii
SURAT KETERANGAN PERPUSTAKAAN.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	1
BAB 1 PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Kegiatan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian Umum	4
2.2 Ruangan Stability Obat Jadi.....	4
2.3 Prinsip Kerja Pendinginan Ruangan	6
2.4 AC Sentral.....	7
2.5 Beban pendinginan.....	8
2.6 Cara Menghitung Efisiensi.....	17
BAB 3 METODOLOGI PERANCANGAN.....	19
3.1 Identifikasi dan Penelitian Awal	19
3.2 Diagram Alir	19
BAB 4 PERHITUNGAN DAN EVALUASI.....	21
4.1 Hasil Data Bangunan Ruang Stabilitas Obat Jadi.....	21
4.2 Beban Eksternal	22
4.3 Beban Internal	28
4.4 Beban Infiltrasi dan Beban Ventilasi	29
4.5 Kondisi Total Beban Pendingin	31
4.6 Pengkondisian Jumlah CFM Di Dalam Ruangan	32
4.7 Kondisi Efisiensi Mesin Pendingin.....	33
4.8 Validasi Pembanding Perhitungan Dengan Software	36
4.9 Penggunaan Diagram Psychrometric	40
4.10 Penggunaan Data Logger	41
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran.....	43
Daftar Pustaka.....	44

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemakaian energi akan semakin meningkat yang kemungkinan akan menyebabkan krisis energi apabila tidak ditemukan sebuah solusi. Saat ini konsumsi listrik pada sektor final di tahun 2015 mencapai 200 TWh. Dalam kondisi *Business As Usual* (BAU), pertumbuhan permintaan listrik diperkirakan mencapai sekitar 520 TWh pada tahun 2025 dan 2.200 TWh pada tahun 2050. Rata-rata laju pertumbuhan kebutuhan listrik sebesar 7,1% per tahun selama periode 2015-2050, untuk itu salah satu usaha untuk menekan pemakaian energi yang begitu besar yaitu dengan cara menggunakan energi sesuai kebutuhan dan sesuai kapasitasnya tidak berlebihan.

Penggunaan teknologi yang tepat guna dapat menghasilkan efektifitas dalam penghematan konsumsi energi, salah satunya dalam pengkondisian ruangan yang lebih sering dikenal dengan HVAC (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*), yang sering digunakan untuk pengkondisian udara.

Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) merupakan penyumbang sekitar 40-50% dari total konsumsi listrik pada sebuah Gedung Komersial (Liang, et al., 2020). Oleh karena itu perlu dilakukan kajian atau penelitian untuk menekan konsumsi energi pada sistem HVAC, salah satunya dengan cara menghitung kebutuhan pendinginan yang sesuai dengan kapasitasnya agar penggunaan listrik pada sistem HVAC dapat lebih efisien.

Menghitung kebutuhan sistem pengkondisian udara AHU (*Air Handling Unit*) sering disebut dengan cooling load. Untuk menghitung beban pendinginan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode. ASHRAE telah menerbitkan lima metode untuk menentukan beban pendinginan puncak pada sebuah bangunan, antara lain *Total Equivalent Temperature Difference / Time Averaging (TETD/TA)*, *Transfer Function Method (TFM)*, *Cooling Load Temperature Difference / Solar*

Cooling Load / Cooling Load Factor (CLTD/SCL/CLF), Heat Balance Method (HBM) dan Radian Time Series Method (RTSM) (Mao, Baltazar, & Haberl, 2019).

Pada kegiatan ini akan dilakukan evaluasi pemasangan AHU (*Air Handling Unit*) pada Ruang Stability Obat, apakah telah sesuai dengan kapasitasnya atau justru terlalu over kapasitas yang menyebabkan penggunaan energi menjadi lebih boros.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka didapatkan rumusan masalah yang diangkat pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana langkah-langkah menghitung dan menganalisis beban pendinginan pada *stability chamber* obat jadi dengan menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Different*)?
2. Menganalisis berapa besar total beban pendinginan pada *stability chamber* obat jadi di PT. Pratapa Nirmala?
3. Menganalisis apakah sistem pendingin pada *stability chamber* obat jadi PT. Pratapa Nirmala saat ini sudah efektif sesuai dengan kebutuhan?

1.3 Tujuan Kegiatan

Adapun tujuan kegiatan yang dilakukan adalah:

1. Mengevaluasi kapasitas mesin pendingin yang sudah terpasang di PT. Pratapa Nirmala.
2. Menganalisis beban pendingin *stability chamber* obat jadi di PT. Pratapa Nirmala disesuaikan dengan beban kalor pada ruangan penyimpanan.
3. Menganalisis kebutuhan laju udara Cubic Feet Per Minute (CFM) pada *stability chamber* obat jadi di PT. Pratapa Nirmala.1

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

Air Conditioning (AC) atau peralatan pengkondisian udara merupakan pengembangan dari teknologi mesin pendingin. Peralatan ini berfungsi untuk memberikan udara segar. Air Conditioning melakukan lebih dari sekedar fungsi sebagai pendingin, namun Pengkondisian Udara Nyaman (Comfort Air Conditioning) adalah proses pengkondisian udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan, dan distribusinya. Sekaligus untuk mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan penghuni yang ada di dalamnya. Oleh karena itu, teknologi pengkondisian udara juga mencakup pengaturan kecepatan, radiasi termal, kualitas udara seperti penghilangan partikel dan uap pengotor (Samnur, 2011)

Untuk menghasilkan kondisi udara yang diinginkan, peralatan yang terpasang harus mempunyai kapasitas yang sesuai dengan beban pendinginan ruangan. Hal ini memerlukan penyelidikan dan penentuan beban pendinginan. Secara umum beban pendinginan dibagi menjadi dua kelompok: beban pendinginan sensibel dan beban pendinginan laten. Beban pendinginan sensibel merupakan beban termal yang dipengaruhi oleh perbedaan suhu seperti beban panas dari struktur bangunan, peralatan elektronik, penerangan, dll. Sedangkan, beban pendinginan laten adalah beban yang dipengaruhi oleh perbedaan kelembaban udara.

2.2 Ruang Stability Obat Jadi

Semua obat yang telah dipasarkan wajib diuji stabilitasnya, tujuannya adalah untuk memastikan bahwa obat yang telah dipasarkan tetap berada dalam batas spesifikasi yang direkomendasikan pada saat obat tersebut mencapai tanggal kadaluwarsa. Pengujian tersebut dilakukan di dalam suatu ruangan dan sampel uji disimpan dalam jangka waktu tertentu (Maukar & Hakim, 2018). Berdasarkan peraturan badan pengawasan obat dan makanan tentang pedoman Cara Pembuatan Obat yang Baik (CPOB) menerangkan bahwa:

1. Setelah produk dipasarkan, stabilitas produk jadi perlu dipantau dengan studi berkesinambungan yang sesuai, yang memungkinkan untuk pendeteksian semua masalah dalam stabilitas produk,
2. Tujuan studi stabilitas yaitu untuk memantau produk selama masa edar dan untuk menentukan bahwa produk tetap dan memenuhi spesifikasinya selama dalam kondisi penyimpanan yang tertera pada label kemasan.
3. Selain produk yang telah dipasarkan, produk ruahan perlu dipertimbangkan untuk dilakukan pengujian stabilitas.

Berdasarkan ICH *Harmonized Tripartite Guideline, Stability Testing of New Drug Substances and Products Q1A (R2)* 2 interval pengujian untuk studi stabilitas produk obat, khususnya untuk penyimpanan jangka panjang, normalnya dilakukan setiap 3 bulan selama tahun pertama, setiap 6 bulan di tahun kedua, dan kemudian setiap tahunnya.

Mengacu pada aturan yang dikeluarkan *International Council for Harmonization (ICH)* menyatakan bahwa untuk kondisi stabilitas sebuah produk dipercepat dapat disimpan pada ruangan bersuhu $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, dan tingkat kelembaban ada pada $75\% \pm 5\%$. Sedangkan untuk pengujian stabilitas jangka panjang dapat disimpan pada ruangan $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ dan tingkat kelembaban ada pada $60\% \pm 5\%$ (Sharge & Kanfer, 2013).

Tabel 2.1 Interval Pengujian Produk stabilitas

Study Stability	Suhu	RH	Interval pengujian
	$^{\circ}\text{C}$	%	Bulan
Dipercepat	40 ± 2	75 ± 5	Pertama, 3, dan 6
Penyimpanan jangka panjang	25 ± 2	60 ± 5	3, 6, 12, 24 dst

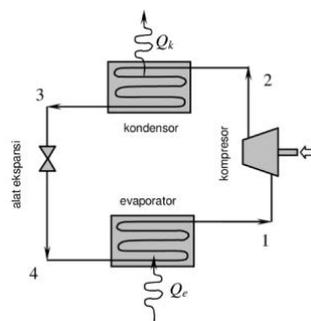
Adapun rekomendasi sistem tata udara untuk setiap kelas kebersihan diantaranya meliputi suhu, kelembaban dan jumlah pertukaran udara dapat di lihat pada Tabel 2.2 Syarat sistem tata udara

Tabel 2.2 Syarat sistem Tata Udara

Kelas	Syarat		
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Pertukaran udara (Kali/Jam)
A	16 – 25	45 - 55	Min. 20
B	16 – 25	45 - 55	Min. 20
C	16 – 25	45 - 55	Min. 20
D	20 – 27	45 - 55	Min. 20
E	20 – 27	45 - 55	5 – 20
F	20 – 28	TD	TD
G	Suhu Kamar	TD	TD

2.3 Prinsip Kerja Pendinginan Ruangan

Refrigeran merupakan media pemindah kalor pada system refrigerasi, dimana refrigeran menyerap kalor pada tekanan rendah melalui evaporator dan melepaskan panas pada tekanan tinggi melalui kondensor (Poernomo, 2015). Evaporator menyerap panas dari ruangan yang dikondisikan sehingga suhu ruangan menjadi dingin dan refrigeran bertekanan rendah di dalam evaporator mengalami pendidihan. Uap refrigeran tersebut kemudian dikompresi oleh kompresor ke tekanan tinggi sehingga suhu uap refrigeran tersebut juga mengalami kenaikan. Pada kondensor, refrigeran mengalami kondensasi sehingga berubah fase menjadi cairan. Cairan refrigeran tersebut kemudian diekspansikan ke tekanan evaporator oleh alat ekspansi valve. Agar lebih jelas, di bawah ini terdapat gambar yang menjelaskan prinsip kerja mesin pendingin pada ruangan. (Lihat Gambar 2.1)

**Gambar 2.1** Prinsip Kerja Mesin Pendingin Ruangan

2.4 AC Sentral

AC central merupakan suatu sistem AC dimana proses pendinginan udara terpusat pada satu lokasi yang kemudian didistribusikan/dialirkan ke semua arah atau lokasi (satu Outdoor dengan beberapa indoor) (Machfudin, Pamungkas, & Widodo, 2019). Sistem AC sentral biasanya terdiri dari beberapa komponen utama: unit pendingin atau chiller, unit pengatur udara atau *Air Handling Unit (AHU)*, sistem perpipaan, sistem pemanas, ducting atau saluran udara, serta sistem kendali dan kelistrikan.

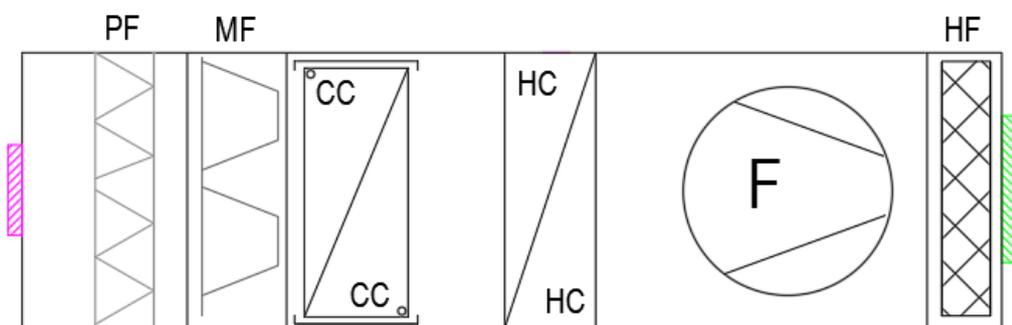
Kondensor adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah uap atau gas menjadi cairan melalui proses pendinginan. Dalam aplikasi yang umum, seperti dalam sistem pendingin (AC) atau kulkas, kondensor berfungsi untuk melepaskan panas yang diserap oleh refrigeran di dalam sistem sehingga refrigeran tersebut dapat berubah kembali menjadi cairan setelah sebelumnya menguap di dalam evaporator. Fungsi utama dari kondensor adalah untuk membuang panas dari sistem dan mengubah wujud zat dari gas menjadi cairan melalui proses kondensasi.

Air Handling Unit (AHU/FCU) berfungsi sebagai media pertukaran kalor antara air dingin dengan udara. Prinsip kerja AHU secara sederhana adalah menyedot udara dari ruangan (return air) yang kemudian dicampur dengan udara segar dari lingkungan (fresh air) dengan komposisi yang bisa diubah-ubah sesuai keinginan. Campuran udara tersebut masuk menuju AHU melewati filter, fan sentrifugal dan koil pendingin. Setelah itu udara yang telah mengalami penurunan temperature didistribusikan secara merata ke setiap ruangan melewati saluran udara (ducting) yang telah dirancang terlebih dahulu sehingga lokasi yang jauh sekalipun bisa terjangkau (Machfudin, Pamungkas, & Widodo, 2019). Komponen - komponen dalam AHU memiliki fungsi masing - masing, yaitu:

1. Filter merupakan penyaring udara dari kotoran, debu, atau partikel-partikel lainnya sehingga diharapkan udara yang dihasilkan lebih bersih. Filter yang digunakan biasanya terdiri dari Pre Filter (PF), Medium Filter (MF) dan Hepa Filter (HF)

2. Centrifugal fan (F) merupakan kipas/blower sentrifugal yang berfungsi untuk mendistribusikan udara melewati ducting menuju ruangan-ruangan.
3. Cooling Coil (CC) merupakan komponen yang berfungsi menurunkan temperatur udara.
4. Heating Coil (HC) Merupakan komponen yang berfungsi untuk memanaskan udara dengan tujuan pengaturan kelembaban pada sebuah udara.

Agar lebih jelas komponen – komponen pada unit AHU dapat dilihat pada Gambar 2.10



Gambar 2.2 Komponen – Komponen Pada Unit AHU

Pompa berfungsi untuk menaikkan tekanan dan menyirkulasi fluida ke tempat lain dalam suatu sistem pemipaan.

Ducting adalah media penghubung antara AHU dengan ruangan yang akan dikondisikan udaranya, fungsi utama dari ducting adalah meneruskan udara yang telah didinginkan oleh AHU untuk kemudian didistribusikan ke masing – masing ruangan.

2.5 Beban pendinginan

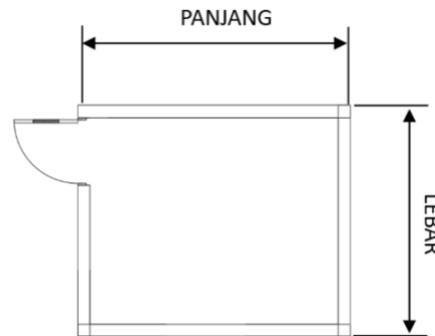
Dalam menghitung beban pendinginan dan menentukan peralatan pengkondisian udara dan sistem kendali, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain penggunaan atau fungsi ruangan, jenis struktur bangunan, pola beban pengkondisian udara dan kondisi dalam ruangan. Perhitungan beban pendinginan yang benar harus dilakukan pada tahap perencanaan, karena hasil perhitungan beban pendinginan yang benar menjadi dasar pemilihan jenis dan kinerja peralatan pendingin.

Ruangan penyimpanan obat jadi memiliki dua jenis beban pendinginan: sensibel dan laten. Beban sensibel meliputi beban panas dari dinding, atap, plafon, lantai, peralatan listrik (komputer dan lampu), serta beban tembus pada ruangan dan kaca. Perhatikan bahwa beban panas laten mencakup penghuni (manusia), dan beban panas mencakup infiltrasi dalam ruangan. Sebelum menghitung beban pemanas suatu ruangan, tentukan terlebih dahulu situasi ruangan yang direncanakan

2.5.1 Kondisi dasar

1. Luas lantai

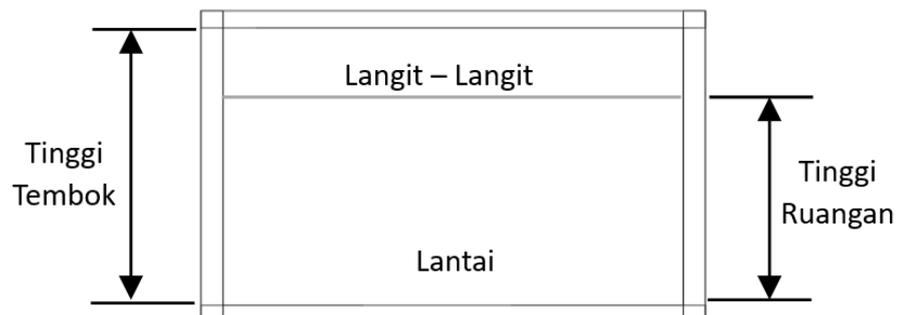
Luas lantai adalah jarak panjang dari sebuah ruangan dikalikan lebar ruangan seperti ditunjukkan pada gambar 2.11 dimana jarak antara garis-garis teras tembok digunakan dalam perhitungan ini.



Gambar 2.3 Ukuran Lantai

2. Volume ruangan

Volume ruangan adalah luas lantai di kali jarak titik tengah lantai dan titik tengah langit – langit seperti pada gambar 2.13 dibawah ini



Gambar 2.4 Tinggi Bangunan

3. Kondisi Bulan Perancangan

Dalam hal ini harus diberikan bulan terpanas seperti yang terlihat pada lampiran 1 Data cuaca di beberapa Negara asia.

4. Kondisi Udara dalam Ruangan

Data kondisi udara di dalam ruangan tersebut, kelembaban rata-rata sepanjang hari, dan perbandingan kelembaban rata-rata sepanjang hari di dalam ruangan untuk rancangan

5. Temperatur Udara Luar

Temperatur udara pada suatu saat tertentu dapat diperkirakan dengan Rumus: (Arismunandar & Saito, 1991)

$$t_p = t_{o, rancangan} - \frac{\Delta t}{2} + \frac{\Delta t}{2} \cos 15 (\tau - \gamma) \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana:

t_o = Temperatur udara luar sesaat, ($^{\circ}\text{C}$)

t_o rancangan = Temperatur udara luar untuk perancangan, ($^{\circ}\text{C}$)

Δt = Perubahan temperatur harian, ($^{\circ}\text{C}$)

15 = Perubahan waktu sudut ($\frac{360^{\circ}}{24 \text{ Jam}}$)

τ = Waktu penyinaran matahari

γ = Saat terjadinya temperatur maksimum (+2)

Untuk τ (waktu penyinaran matahari), pukul 12.00 siang adalah 0, pagi hari (A.M) adalah negatif (-) dan siang hari (P.M) adalah positif, dengan besarnya dinyatakan sampai satu angka desimal, misalnya pukul setengah sepuluh pagi dinyatakan dengan -2.5.

2.5.2 Beban Eksternal

Beban eksternal pada CLTD (Cooling Load Temperature Difference) adalah faktor yang memperhitungkan pengaruh suhu luar dan radiasi matahari terhadap beban pendinginan suatu bangunan. Dalam perhitungan beban pendinginan, CLTD digunakan untuk menentukan jumlah panas yang masuk ke dalam bangunan melalui dinding, jendela,

dan atap. Beberapa faktor yang mempengaruhi beban eksternal pada CLTD antara lain:

1. Suhu Udara Luar: Semakin tinggi suhu udara luar, semakin besar beban pendinginan yang dibutuhkan.
2. Radiasi Matahari: Intensitas radiasi matahari yang tinggi akan meningkatkan beban pendinginan karena panas yang diserap oleh dinding, atap, dan jendela.
3. Orientasi Bangunan: Arah dinding dan jendela yang terkena sinar matahari langsung akan mempengaruhi besarnya beban pendinginan.
4. Material Dinding dan Atap: Bahan bangunan yang memiliki kapasitas penyerapan panas tinggi akan meningkatkan beban pendinginan.
5. Ventilasi dan Kebocoran Udara: Udara luar yang masuk ke dalam bangunan melalui celah-celah atau ventilasi akan menambah beban pendinginan.

Untuk menghitung beban eksternal CLTD (Cooling Load Temperature Difference) pada sistem pendingin, umumnya digunakan persamaan yang melibatkan berbagai faktor seperti suhu luar, suhu dalam, dan faktor koreksi. Berikut adalah persamaan umum yang biasa digunakan:

1. Perhitungan beban melalui dinding dapat dihitung menggunakan persamaan: (Ashrae, 1977)

$$(Q) = U \times A \times CLTD_{Corr} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana:

- Q : beban panas eksternal (BTU/h)
- U : koefisien perpindahan panas keseluruhan (BTU/h·ft²·°F)
- A : luas permukaan (ft²)

CLTD Corr : CLTD yang sudah disesuaikan

Note:

- Untuk faktor U dapat mengacu pada tabel 3.1 – 3.2, A.31 dan 3.2 pada buku Ashrae handbook
- Untuk CLTD Corr tentang dinding bisa dilihat pada tabel 3.9 buku Ashrae handbook

Untuk menghitung CLTDcorr dapat menggunakan persamaan: (Ashrae, 1977)

$$CLTD_{Correction} = (CLTD + LM)K + (78 - T_R) + (T_0 - 85) \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana:

- CLTD Corr : beban panas eksternal (BTU/h)
- LM : Latitude Month
- K : Faktor kesesuaian warna
- $(78 - T_R)$: Nilai koreksi desain suhu ruangan
- $(T_0 - 85)$: Nilai Koreksi suhu desain luar ruangan

Note:

- Untuk faktor LM dapat mengacu pada tabel 3.12 pada buku Ashrae handbook

2. Untuk menghitung beban partisi dan beban lantai dapat dihitung menggunakan persamaan: (Ashrae, 1977)

$$Beban\ partisi\ (Q) = U \times A \times \Delta T \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana:

- Q : Beban partisi (BTU/h)
- U : koefisien perpindahan panas keseluruhan (BTU/h·ft²·°F)
- A : luas permukaan (ft²)
- ΔT : Perbandingan antara suhu di dalam dan di sebelah ruangan nya

3. Untuk menghitung atap dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$(Q) = U \times A \times CLTD_{Corr} \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana:

- Q : beban panas eksternal (BTU/h)
- U : koefisien perpindahan panas keseluruhan (BTU/h·ft²·°F)
- A : luas permukaan (ft²)
- CLTD Corr : CLTD yang sudah disesuaikan

Note:

- Untuk faktor U dapat mengacu pada tabel 3.1 – 3.2, A3.1 dan 3.2 pada buku Ashrae handbook
- Untuk CLTD Corr tentang dinding bisa dilihat pada tabel 3.12 buku Ashrae handbook

4. Untuk menghitung beban dari kaca dapat dihitung menggunakan persamaan: (Ashrae, 1977)

$$(Q) = U \times A \times CLTD_{Corr} \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana:

- Q : beban panas eksternal (BTU/h)
- U : koefisien perpindahan panas keseluruhan (BTU/h·ft²·°F)
- A : luas permukaan (ft²)
- CLTD Corr : CLTD yang sudah disesuaikan

Note:

- Untuk faktor U dapat mengacu pada tabel 3.14 – 3.16 pada buku Ashrae handbook
- Untuk CLTD Corr tentang dinding bisa dilihat pada tabel 3.23 buku Ashrae handbook

2.5.3 Beban Internal

Beban internal pada CLTD (Cooling Load Temperature Difference) adalah faktor yang memperhitungkan sumber panas yang berasal dari dalam bangunan. Beban ini berasal dari berbagai aktivitas dan peralatan yang menghasilkan panas, yang perlu dihilangkan oleh sistem pendingin untuk menjaga suhu ruangan tetap nyaman. Berikut adalah beberapa sumber beban internal:

1. Penghuni: Manusia menghasilkan panas melalui metabolisme. Jumlah dan aktivitas penghuni akan mempengaruhi beban panas internal.
2. Peralatan Listrik: Peralatan seperti komputer, lampu, mesin fotokopi, dan peralatan lainnya menghasilkan panas saat beroperasi.
3. Penerangan: Lampu menghasilkan panas, terutama jenis lampu yang tidak efisien seperti lampu pijar.
4. Proses dan Aktivitas: Aktivitas seperti memasak, mencuci, atau proses industri tertentu dapat menghasilkan panas.

Untuk menghitung beban internal, beberapa langkah yang bisa dilakukan antara lain:

1. mengidentifikasi Sumber Panas: Mendata semua sumber panas internal termasuk penghuni, peralatan, dan lampu.
2. Menghitung Panas yang Dihasilkan: Menggunakan standar atau tabel yang memberikan nilai panas yang dihasilkan per satuan waktu oleh masing-masing sumber panas.
3. Menghitung Total Beban Internal: Menjumlahkan semua kontribusi panas dari sumber-sumber tersebut untuk mendapatkan total beban panas internal

Untuk menghitung beban internal dalam sistem pendingin, beberapa sumber panas di dalam ruangan harus diperhitungkan. Beban internal bisa berasal dari manusia, peralatan, pencahayaan, dan lain-lain. Berikut adalah komponen-komponen yang biasanya dihitung:

1. Perhitungan beban pencahayaan lampu dapat dihitung menggunakan persamaan: (Ashrae, 1977)

$$(Q) = 3,41 \times q_i \times F_u \times F_s \times CLF \dots\dots\dots 2.7$$

Dimana:

- 3,41 : konversi nilai pendingin dalam satuan Btu/h
- q_i : total watt lampu
- F_u : jumlah lampu yang menyala
- F_s : balas faktor lampu neon
- CLF : faktor beban pendingin

Note:

- Untuk faktor Nilai F_s dapat dilihat pada tabel 4.1 pada buku Ashrae handbook
- Untuk Faktor Nilai CLF dapat di lihat tabel 4.2-4.4 pada buku Ashrae handbook

2. Perhitungan beban faktor orang dapat dihitung menggunakan persamaan: (Ashrae, 1977)

$$Q_s = Jumlah\ orang \times SHG \times CLF \dots\dots\dots 2.8$$

Dimana:

- Q_s : kalor sensibel orang
- SHG : Sensibel Heat Gain

CLF : Cooling Load Factor

Note:

- Untuk faktor Nilai SHG dapat dilihat pada tabel 4.5 pada buku Ashrae handbook
- Untuk Faktor Nilai CLF dapat di lihat tabel 4.6 pada buku Ashrae handbook

$$Q_l = \text{Jumlah orang} \times LHG \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana:

Q_l : kalor laten orang

LHG : Laten Heat Gain

Note:

- Untuk faktor Nilai SHG dapat dilihat pada tabel 4.5 pada buku Ashrae handbook

3. Perhitungan beban peralatan listrik dapat dihitung menggunakan persamaan: (Ashrae, 1977)

$$Q_s = \frac{A}{C} \times F_t \times CLF \dots\dots\dots 2.10$$

Dimana:

Q_s : kalor sensibel peralatan listrik

$A B C$: Sensibel Heat Gain

F_t : faktor beban Ft

CLF : Cooling Load Factor

Note:

- Untuk faktor Nilai ABC dapat dilihat pada tabel 4.12 pada buku Ashrae handbook
- Untuk faktor Nilai Ft dapat dilihat pada tabel 4.13 pada buku handbook
- Untuk faktor Nilai ABC dapat dilihat pada tabel 4.11 pada buku Ashrae handbook $CLF = 1$ jika mesin pendingin menyala 24 jam

2.5.4 Beban Infiltrasi

Beban infiltrasi adalah panas yang masuk atau keluar dari bangunan melalui celah-celah, retakan, dan ventilasi yang tidak terkontrol. Infiltrasi ini dapat menyebabkan peningkatan beban pendinginan atau pemanasan. Beban ini terdiri dari dua komponen utama: panas sensibel (perubahan

suhu udara) dan panas laten (kelembaban udara). Perhitungan beban infiltrasi dapat dihitung menggunakan persamaan:

1. Perhitungan kalor sensibel infiltrasi (Ashrae, 1977)

$$Q_s = 1,10 \times (\Delta t) \times SCFM \dots\dots\dots 2.11$$

Dimana:

- Q_s : kalor sensibel infiltrasi
- 1,10 : konversi nilai pendingin dalam satuan Btu/h
- (Δt) : Perbedaan suhu dalam dan luar dlm satuan °F
- $SCIF$: Q infiltrasi dalam cfm

2. Perhitungan kalor laten infiltrasi (Ashrae, 1977)

$$Q_s = 4840 \times (\Delta w) \times SCFM \dots\dots\dots 2.12$$

- Q_l : kalor laten infiltrasi
- 4840 : konversi nilai pendingin dalam satuan Btu/h
- (Δw) : Perbedaan rasio kelembaban udara
- $SCIF$: Q infiltrasi dalam cfm

2.5.5 Beban Ventilasi

Beban ventilasi adalah panas yang dibawa oleh udara luar yang secara sengaja dimasukkan ke dalam bangunan melalui sistem ventilasi. Seperti pada infiltrasi, beban ventilasi terdiri dari dua komponen: panas sensibel dan panas laten. Perhitungan beban peralatan listrik dapat dihitung menggunakan persamaan:

1. Perhitungan kalor sensibel (Ashrae, 1977)

$$Q_s = 1,10 \times (\Delta t) \times SCFM \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana:

- Q_s : kalor sensibel infiltrasi
- 1,10 : konversi nilai pendingin dalam satuan Btu/h
- (Δt) : Perbedaan suhu dalam dan luar dlm satuan °F
- $SCIF$: Q infiltrasi dalam cfm

2. Perhitungan kalor laten ventilasi (Ashrae, 1977)

$$Q_s = 4840 \times (\Delta w) \times SCIF \dots\dots\dots 2.14$$

Q_l : kalor laten infiltrasi
 4840 : konversi nilai pendingin dalam satuan Btu/h
 (Δw) : Perbedaan rasio kelembaban udara
 $SCIF$: Q infiltrasi dalam cfm

2.6 Cara Menghitung Efisiensi

Penghitungan COP pada sistem pendingin penting karena mengukur efisiensi energi, mempengaruhi biaya operasional, memungkinkan perbandingan antar sistem, mengurangi dampak lingkungan, memantau performa, membantu perencanaan kapasitas, dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi efisiensi energi.

Menganalisis kinerja sistem pendingin dapat melalui perhitungan sebagai berikut :

1. Dampak refrigerasi dalam kJ/kg (proses evaporasi) (Stoecker & Jones, 1982)

$$Dampak\ refrigerasi = h_1 - h_4 \dots\dots\dots 2.15$$

Dimana:

Damaok refrigerasi

h_1 : Entalpi refrigeran pada titik setelah evaporator

h_4 : Entalpi refrigeran pada titik setelah katup ekspansi

2. Laju pendaoran refrigeran kg/det (Stoecker & Jones, 1982)

$$Laju\ aliran = \frac{Q_e}{dampak\ refrigerasi} \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana:

Q_e : kapasitas pendingin

3. Daya yang dibutuhkan oleh kompresor kW (Stoecker & Jones, 1982)

$$Daya\ kompresor = (Laju\ Aliran) (h_2 - h_1) \dots\dots\dots 2.17$$

Dimana:

W : Daya Kompresor

h_2 : Entalpi refrigeran pada titik setelah kompresor

h_1 : Entalpi refrigeran pada titik setelah evaporator

4. Koefisien presentasi (COP) (Stoecker & Jones, 1982)

$$\text{Daya kompresor} = \frac{Q_e}{W} \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana:

COP : Koefisien presentasi

Q_e : kapasitas pendingin

W : Daya kompresor

5. Laju aliran Volume yang diukur pada pipa hisap kompresor (Stoecker & Jones, 1982)

$$\text{Laju aliran volume kompresor} = \text{laju aliran} \times \text{volume spesifik h1} \quad 2.19$$

6. Daya per kW refrigerasi (Stoecker & Jones, 1982)

$$\text{Daya refrigerasi} = \frac{W}{Q_e} \dots\dots\dots 2.20$$

Dimana:

Q_e : kapasitas pendingin

W : Daya kompresor

BAB 3

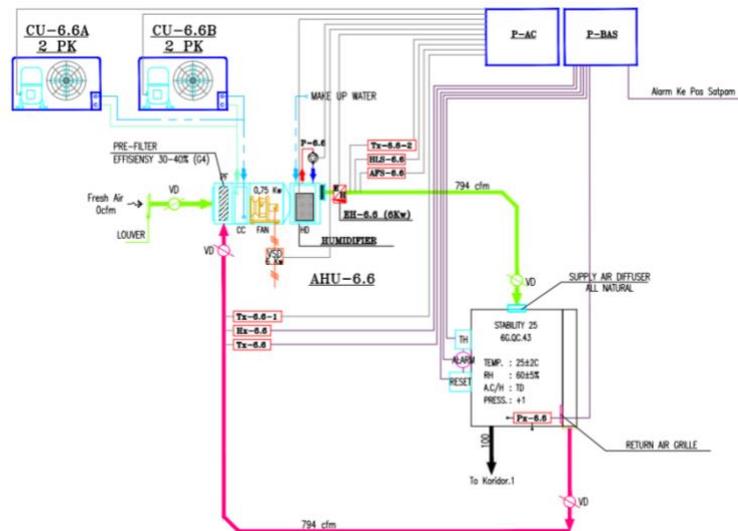
METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Identifikasi dan Penelitian Awal

Suatu perancangan yang telah diwujudkan dalam sebuah sistem tentunya memiliki kekurangan dan kelebihan. Untuk meminimalkan kekurangan yang dimiliki pada sebuah sistem (Pengkondisian udara) perlu dilakukan analisis terhadap sistem (pengkondisian udara) tersebut.

Analisis sendiri terdiri dari serangkaian kegiatan yang berurutan, karena itu analisis disebut sebagai kegiatan untuk meminimalkan kekurangan yang ada dalam suatu sistem (pengkondisian udara).

Gambar 3.1 menjelaskan bentuk dari skematik diagram unit AHU 6.6 yang mensuplai udara pada ruangan stabilitas chamber PT Pratapa Nirmla:



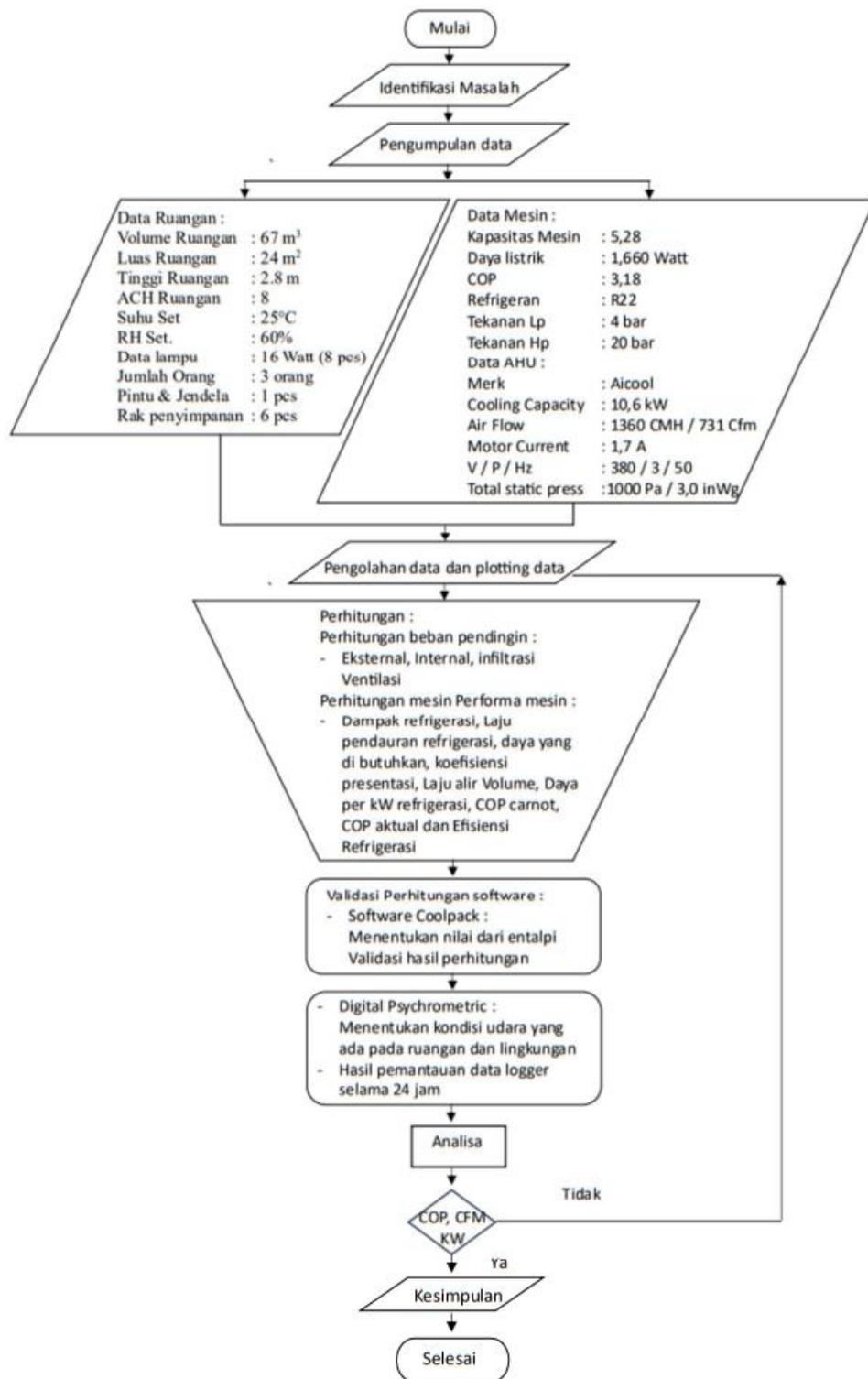
Gambar 3.1 Skematik Diagram HVAC AHU 6.6

Keterangan:

AHU = Air Handling Unit; P-AC = Panel Air Conditioning; CU = Condensing Unit; AFS = AiFlow Switch; HLS = High Limit Switch; TX = Temperature Sensor; HX = Humidity Sensor; VD = Volume Damper; PV = Prefilter; CC= Colling Coil; HD = Humidifier; EH = Electric Heater

3.2 Diagram Alir

Dibawah ini adalah flowchart untuk menghitung cooling load pada ruangan penyimpanan obat jadi di PT Pratapa Nirmla



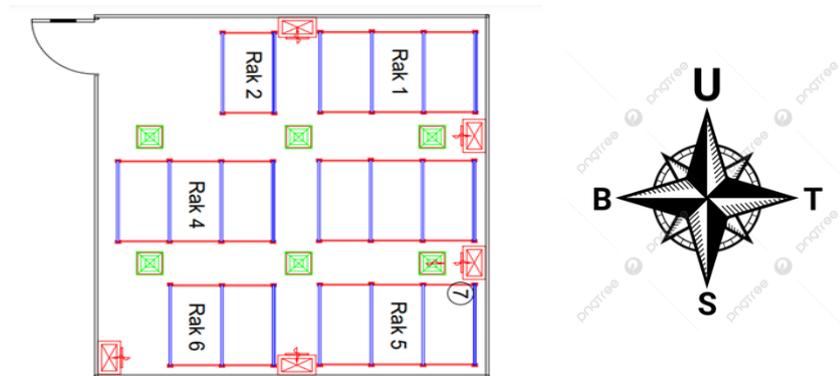
Gambar 3.2 Diagram Alir Untuk menghitung Colling Load

BAB 4

PERHITUNGAN DAN EVALUASI

4.1 Hasil Data Bangunan Ruang Stabilitas Obat Jadi

Dalam perancangan pemasangan AC pada Ruang Stabilitas Obat Jadi, data yang dibutuhkan diambil dari berbagai buku acuan. Data yang akan dijelaskan di sini antara lain lokasi ruangan yang dirancang, temperatur udara rancangan, temperatur udara ruangan, dan dimensi ruangan yang akan dirancang. Berikut ini ditunjukkan gambar denah ruangan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Denah Ruangan

Adapun data awal yang dapat diketahui untuk menghitung Cooling load pada sebuah bangunan dapat di lihat pada Tabel 4.1 Data perhitungan Awal.

Tabel 4.1 Data Perhitungan Awal

No	Deskripsi	Jumlah
1.	Denah Ruangan: <ul style="list-style-type: none"> • Panjang • Lebar • Tinggi 	6 meter 4 meter 2.8 meter
2.	Nilai U (koefisien perpindahan panas keseluruhan)	
	1. Dinding barat dan Timur	0,057
	2. Dinding utara dan selatan	0,061
	3. Atap	0,061
	4. Lantai	0,487
3.	Data Lampu Penerangan Lampu Neon (16 Watt)	8 Lampu
4.	Data Jumlah Pekerja	3 Orang
No	Deskripsi	Jumlah
5.	Data Jumlah Pekerja	3 Orang

6.	Data Pintu Dan jendela: <ul style="list-style-type: none"> • Pintu • Jendela 	1 Buah 1 Buah
7.	Lemari rak penyimpanan	6 buah rak
8.	Data Unit AHU <ul style="list-style-type: none"> • Merek: AICOOL • Cooling Capacity: 10.6 kW / 3 TR • Air Flow: 1360 CMH / 731 CFM • Curren Motor: 1.7 A • Total Static Pres: 1000 Pa / 3.0 InWG • V / P / Hz: 380 / 3 • Refrigeran: R22 • Condensing Unit: 18.0000 BTU • Jumlah yang terpasang: 2 Unit 	

4.2 Beban Eksternal

4.2.1 Kondisi rancangan udara

Kondisi rancangan ruangan yang akan dikondisikan berada di daerah Tangerang, Indonesia. Untuk rancangan kondisi umum, dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kondisi Umum

Fungsi : Ruang penyimpanan		
Luas : 24 m ²		
Tinggi : 2,8 m		
Sett Point Ruangan		
Temp.	25°C	77 °F
RH	60 %	60%
W	0,0119 kg/kg	0,0119 lb/lb
Temp. Udara pada koridor		
Temp.	26°C	93,2 °F
RH	55 %	62,2 %
W	0,0212 kg/kg	0,0212 lb/lb
Temp. udara luar		
Temp.	34°C	93,2 °F
RH	62,2 %	62,2 %
W	0,0212 kg/kg	0,0212 lb/lb

4.2.2 Perhitungan beban pada dinding

Beban dinding yang terjadi pada dinding yang terkena sinar matahari langsung hanya ada pada bagian timur, sehingga yang dihitung hanya

beban pada dinding sebelah timur. Luas area yang terkena sinar matahari dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Luas beban dinding

Arah	Panjang	Tinggi	Luas	
	m	m	m ²	Ft ²
Barat	0	0	0	0
Timur	4	2,8	11,2	120,56
Utara	0	0	0	0
Selatan	0	0	0	0

Untuk mengetahui nilai beban pada dinding maka harus di cari $CLTD_{correction}$ untuk mengetahui faktor CLTD menggunakan rumus berikut ini:

$$CLTD_{correction} = (CLTD + LM)K + (78 - T_R) + (T_0 - 85)$$

Faktor koreksi yang terjadi pada dinding dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Faktor $CLTD_{correction}$ Dinding

Arah	$CLTD_{correction}$	=	CLTD	LM	K	(78-T _R)	(T ₀ -85)
			Tab.3.10	Tab.3.12		°F	°F
	°F		°F				
Barat	0	W	30	-1	0,65	0	0
Timur	26,1	E	27	-1	0,65	1	8,2
Utara	0	N	15	2	0,65	0	0
Selatan	0	S	22	-7	0,65	0	0

Setelah diketahui faktor $CLTD_{correction}$ selanjutnya perhitungan beban yang terjadi pada dinding dapat menggunakan Rumus berikut ini:

$$Beban Dinding (Q) = U \times A \times CLTD_{corr}$$

Beban yang terjadi pada dinding dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 4.5 Beban dinding

Arah	Q	U dinding	A	CLTD Correction
		Tab.A-5E	Ft ²	°F
	Btu/h	BTU/(h.Ft ² F)		
Barat	0,00	0,00	0,00	0,00
Timur	179,22	0,057	120,56	26,15
Utara	0,00	0,057	0,00	0,00
Selatan	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	179,22 btu/h			

4.2.3 Beban dinding yang tidak terkena sinar matahari

Beban dinding tidak terkena sinar matahari adalah beban panas atau dinding yang dipengaruhi oleh perbedaan suhu antar ruangan atau bangunan disebelah. Untuk luas area yang terkena beban dinding yang tidak terkena sinar matahari dapat di lihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Luas area beban dinding yang tidak terkena sinar matahari

Arah	Panjang	Tinggi	Luas	
	m	m	m ²	Ft ²
Barat	4	2,8	11,2	120,56
Timur	0	0	0	0
Utara	6	2,8	16,8	180,84
Selatan	6	2,8	16,8	180,84

Setelah diketahui luas area dinding yang tidak terkena sinar matahari maka selanjutnya tinggal menghitung beban pada dinding tersebut yang terjadi di setiap tembok dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Beban partisi } (Q) = U \times A \times \Delta T$$

Untuk total beban partisi yang terjadi pada masing – masing tembok dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Beban dinding

Arah	Q	U dinding	A	Delta T
	Btu/h		Ft ²	°F
		BTU/(h.Ft ² F)		
Barat	12,36	0,457	120,56	1,8
Timur	0,00	0,00	0,00	0,00
Utara	295,40	0,476	180,84	27
Selatan	98,47	0,476	180,84	9
Total	406,23 btu/h			

4.2.4 Beban Lantai

Beban lantai yang terjadi sama halnya seperti beban yang terjadi pada dinding yaitu beban panas atau dinding yang disebabkan oleh dinding di dalam suatu ruangan atau bangunan. Untuk luas area pada lantai dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Luas area lantai

Arah	Panjang	Lebar	Luas	
	m	m	m ²	Ft ²
Lantai	6	4	24	258,34

Setelah diketahui luas area lantai selanjutnya tinggal menghitung beban partisi yang terjadi di pada lantai dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Beban partisi (Q)} = U \times A \times \text{Delta T}$$

Untuk total beban partisi yang terjadi pada masing – masing tembok dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Beban lantai

Arah	Q	U dinding	A	Delta T
	Btu/h	BTU/(h.Ft ² F)	Ft ²	°F
Lantai	226,55	0,487	258,34	1,8

4.2.5 Beban atap

Beban atap yang terjadi pada atap yang terkena udara luar yang tidak dikondisikan pada bagian atas ruangan, untuk luas area yang area atap dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Luas Atap

Arah	Panjang	Tinggi	Luas	
	m	m	m ²	Ft ²
Lantai	6	4	24	258,34

Untuk mengetahui nilai beban pada atap maka harus di cari CLTD_{correction} untuk atap untuk mengetahui faktor CLTD menggunakan rumus berikut ini:

$$CLTD_{Correction} = [(CLTD + LM)K + (78 - T_R) + (T_0 - 85)]f$$

Faktor koreksi yang terjadi pada atap dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 faktor CLTD_{correction} Atap

Arah	CLTD _{correction}	CLTD	LM	K	(78-T _R)	(T ₀ -85)	F
		Tab.3.8	Tab.3.12		°F	°F	
	°F	°F					
Atap	35,4	78	-2	0,5	1	8,2	0,75

Setelah diketahui faktor CLTD_{correction} selanjutnya perhitungan beban yang terjadi pada atap dapat menggunakan Rumus berikut ini:

$$Beban\ Atap\ (Q) = U \times A \times CLTD_{Corr}$$

Beban yang terjadi pada dinding dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini:

Tabel 4.12 Beban atap

Arah	Q	U dinding	A	CLTD _{Correction}
	Btu/h	BTU/(h.Ft ² F)	Ft ²	°F
Atap	553,29	0,061	258,34	35,4

4.2.6 Beban melalui kaca

Beban kaca terjadi disebabkan karena adanya perbedaan suhu antara bagian dalam dan luar ruangan yang menyebabkan tingkat panas pada sebuah ruangan menjadi meningkat. Untuk luas area pada lantai dapat di lihat pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Luas kaca

Arah	Panjang	Tinggi	Luas	
	m	m	m ²	Ft ²
Kaca	0,5	0,3	0,15	1,16

Setelah diketahui luas area kaca selanjutnya tinggal menghitung beban partisi yang terjadi di pada lantai dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Beban Atap (Q)} = U \times A \times CLTD_{\text{Corr}}$$

Untuk total beban partisi yang terjadi pada masing – masing tembok dapat dilihat pada Tabel 4.14

Tabel 4.14 Beban kaca

Arah	Q	U Kaca	A	CLTD Correction
		Tab. 3.14a	Ft ²	°F
	Btu/h	BTU/(h.Ft ² F)		
kaca	11,75	0,52	1,61	14

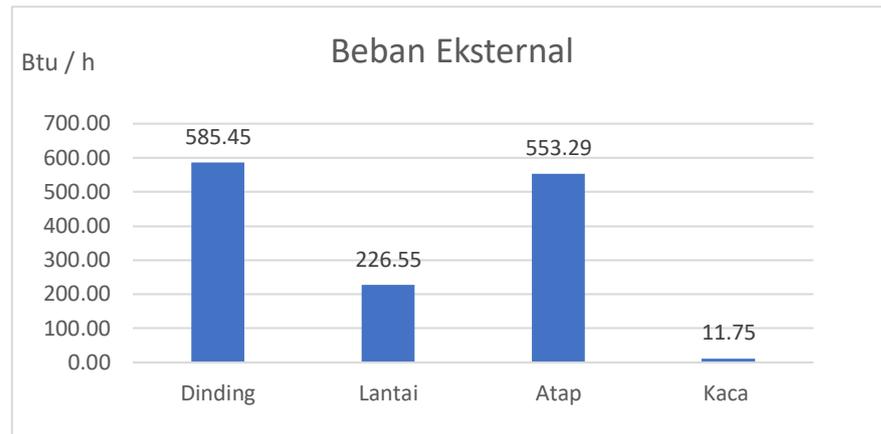
4.2.7 Perhitungan Total Dari Beban Eksternal

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapat nilai beban yang di hasilkan dari faktor beban eksternal total beban dapat di lihat pada Tabel 4.15

Tabel 4.15 Total beban eksternal

No	Jenis Beban	Total Beban
1	Beban Dinding	585,45 Btu/h
3	Beban lantai	226,55 Btu/h
4	Beban melalui atap	553,29 Btu/h
5	Beban melalui kaca	11,75 btu/h
Total		1377,5 btu/h

Pada Gambar 4.2 menunjukan grafik dari hasil pengukuran beban eksternal



Gambar 4.2 Grafik Beban Eksternal

4.3 Beban Internal

4.3.1 Beban Orang

Beban orang yang terjadi dihitung dari jumlah orang yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan dan kegiatan yang sedang dikerjakan pada beban org ini menghasilkan Kalor sensibel dan kalor laten. Perhitungan beban orang dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$Q_s = \text{Jumlah orang} \times SHGF \times CLF$$

$$Q_l = \text{jumlah orang} \times LHGF$$

Untuk menghitung beban orang dapat di lihat pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Beban Orang

Jumlah orang	SHG Btu/h	LHG Btu/h	CLF	Qs Btu/h	Ql Btu/h
3	345	695		1	1035
Jumlah				2340 btu/h	

4.3.2 Beban Lampu

Beban lampu yang terjadi dihitung dari jumlah lampu yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan dengan di pengaruhi faktor jumlah daya yang digunakan pada lampu. Perhitungan beban orang dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$Q_s = 3,41 \times \text{jumlah watt lampu} \times F_u \times F_s \times CLF$$

Untuk menghitung beban lampu dapat dilihat pada Tabel 4.17

Tabel 4.17 Beban lampu

Jumlah	Lampu	F _U	F _S	CLF	Q _s
lampu	Watt				Btu/h
4	16	2	1,2	1	523,78

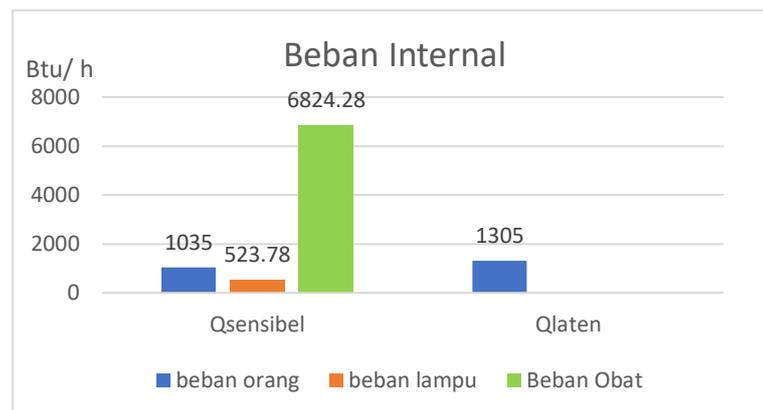
4.3.3 Perhitungan Total Dari Beban Internal

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapat nilai beban yang di hasilkan dari faktor beban internal total beban dapat di lihat pada Tabel 4.18

Tabel 4.18 Total Beban Internal

No	Jenis Beban	Beban (Q _s)	Beban (Q _l)
1	Beban melalui kaca	1035 btu/h	1305 btu/h
2	Beban lampu	523,78 btu/h	-
3	Obat asumsi (2 kW)	6824,28 btu/h	
Total		7348,06 btu/h	

Pada Gambar 4.3 menunjukan grafik dari hasil pengukuran beban Internal



Gambar 4.3 Grafik beban internal

4.4 Beban Infiltrasi dan Beban Ventilasi

4.4.1 Beban Infiltrasi

Beban infiltrasi adalah beban yang masuk ke dalam bangunan melalui celah, retakan dan bukaan yang tidak di inginkan melalui di jendela ataupun pintu. Rumus beban infiltrasi bisa menggunakan:

$$Q_s = 1,10 \times (\Delta t) \times scfm$$

$$Q_l = 4840 \times (\Delta w) \times scfm$$

Untuk menghitung beban infiltrasi perlu mengetahui luasan pada beban infiltrasi yang terjadi, luasan daerah yang termasuk beban infiltrasi dapat di lihat pada Tabel 4.19

Tabel 4.19 Luas Beban Infiltrasi

Komponen	L	T	Luas		Keliling	
	m	m	m ²	Ft ²	m	Ft
Kaca	0,25	0,35	0,0875	0,94	1,2	3,94
Pintu	0,8	2,2	1,76	18,95	6	19,68

Untuk hasil perhitungan beban infiltrasi dapat dilihat pada Tabel 4.20

Tabel 4.20 Beban Infiltrasi

Infiltrasi rate	infiltrasi	T _{Ruangan}	W _{Ruangan}	T _{koridor}	W _{koridor}	Beban	
						Btu/h	
Cfm/ft or Cfm/ Ft ²	cfm	°F	lb/lb	°F	lb/lb	Sensibel	Laten
0,37	1,46	77	0,0119	78,8	0,0126	2,83	4,93
1	18,95	77	0,0119	78,8	0,0126	36,83	64,19
Total						39,66	69,12

4.4.2 Beban ventilasi

Beban ventilasi adalah beban yang diatur dan dikendalikan masuk dan keluar dari bangunan bertujuan untuk menjaga kualitas udara di dalam ruangan. Rumus beban infiltrasi bisa menggunakan:

$$Q_s = 1,10 \times (\Delta t) \times scfm$$

$$Q_l = 4840 \times (\Delta w) \times scfm$$

Untuk menghitung beban infiltrasi perlu mengetahui luasan pada beban infiltrasi yang terjadi, luasan daerah yang termasuk beban infiltrasi dapat di lihat pada Tabel 4.21

Tabel 4.21 Luasan beban ventilasi

panjang	Lebar	Tinggi	Luas		Volume	Debit Ventilasi
m	m	m	m ²	Ft ²	m ³	CFM
6	4	2,8	24	258,42	67,20	140

Data hasil perhitungan beban infiltrasi dapat dilihat pada Tabel 4.18

T _{Ruangan}	W _{Ruangan}	T _{koridor}	W _{koridor}	Beban	
				Btu/h	
°F	lb/lb	°F	lb/lb	Sensibel	Laten
77	0,0119	93,2	0,0212	2449,44	6301,68

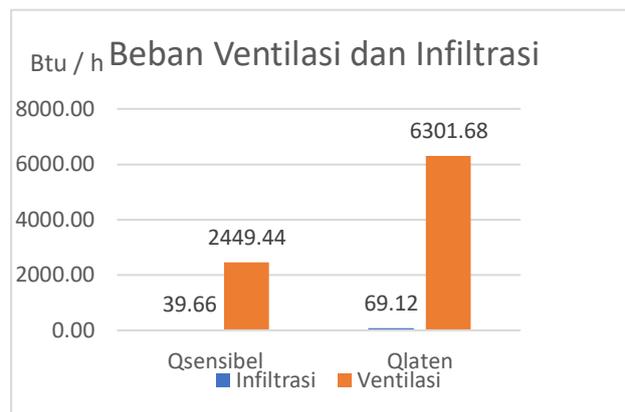
4.4.3 Perhitungan Total dari beban infiltrasi dan ventilasi

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapat nilai beban yang di hasilkan dari beban infiltrasi dan ventilasi, total beban dapat di lihat pada tabel 4.22

Tabel 4.22 Total Infiltrasi dan ventilasi

No	Jenis Beban	Beban (Qs)	Beban (Ql)
1	Beban Infiltrasi	39,66 btu/h	69,12 btu/h
2	Beban Ventilasi	2449,44 btu/h	6301,68 btu/h
Total		8859,90 btu/h	

Pada Gambar 4.4 menunjukan grafik dari hasil pengukuran beban infiltrasi dan ventilasi.



Gambar 4.4 Grafik beban infiltrasi dan Ventilasi

4.5 Kondisi Total Beban Pendingin

4.5.1 Total beban pendingin yang dihasilkan meliputi beban eksternal, beban internal, beban infiltrasi dan beban ventilasi dapat di hitung:

$$Q_{total} = \text{Beban eksternal} + \text{beban Internal} + \text{beban infiltrasi} + \text{beaban Ventilasi}$$

$$Q_{total} = 1377,05 \text{ btu/h} + 9688,06 \text{ btu/h} + 108,78 \text{ btu/h} + 8751,12 \text{ btu/h}$$

$$Q_{total} = 19925,0 \text{ btu/h}$$

Dari data di atas didapat hasil total bebannya adalah 19925,0 btu/h atau jika dikonversi ke kW menjadi 5,84 kW.

4.5.2 Kapasitas pendingin / ton refrigerasi

1. Konversi dari btu/h ke ton refrigerasi

$$1 TR = 12000 \text{ btu/h}$$

$$TR = \frac{Q_{total}}{12000} = \frac{19925,12}{12000} = 1,6 TR$$

2. Konversi nilai TR ke Per m³ dari volume ruangan

$$\frac{TR}{Volume} = \frac{1,6 TR}{67,2} = 0,024 TR/m^3$$

3. Mencari daya spesifik

daya Kompresor

TR

Jika menggunakan 1 kompresor dengan kapasitas 5,28 kW:

$$\frac{kW}{TR} = \frac{5,28 kW}{1,6} = 3,3 kW/TR$$

Jika Menggunakan 2 Kompresor masing – masing dengan kapasitas 5,28 kW:

$$\frac{kW}{TR} = \frac{10,56 kW}{1,6} = 6,6 kW/TR$$

4.6 Pengkondisian Jumlah CFM Di Dalam Ruangan

Untuk menurunkan beban pendinginan, kita dapat mengatur jumlah udara yang masuk ke dalam ruangan agar lebih efisien. Tabel 23 ini menunjukkan pengaruh pengaturan cfm terhadap efisiensi pendinginan.

Tabel 4.23 Pengkondisian *Cubic Feet per Minute (CFM)*

Beban			Pengkondisian cfm		Total beban	
Eksternal	Internal	Infiltrasi	ventilasi	cfm	Btu/h	Kw
9462,19	2863,78	108,78	7812,50	120	19.935,71	5,84
9462,19	2863,78	108,78	6250,80	100	18.685,55	5,48
9462,19	2863,78	108,78	4688,50	80	17.435,39	5,11
9462,19	2863,78	108,78	3125,40	60	16.185,23	4,74

Dari data di atas, untuk mendapatkan kinerja optimal dengan menggunakan satu kompresor dalam proses pendinginan ruangan, jumlah udara yang masuk ke dalam ruangan harus dikurangi hingga 80 cfm. Namun, hal ini akan menyebabkan suhu ruangan menjadi lebih panas.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa semakin kecil laju aliran udara, semakin kecil pula beban pendinginan yang diperlukan. Penurunan laju aliran udara mengurangi jumlah udara yang harus didinginkan, sehingga mengurangi beban pada sistem pendinginan. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi konsumsi energi keseluruhan. Namun, penting untuk memastikan bahwa suhu dan kelembapan tetap dalam rentang yang optimal untuk menjaga kinerja sistem yang efektif. Berikut ini dapat dilihat pada Gambar 4.5 dampak pengaruh nilai cfm terhadap beban pendingin



Gambar 4.5 Beban pendingin terhadap cfm

4.7 Kondisi efisiensi mesin pendingin

Dari data lapangan diketahui:

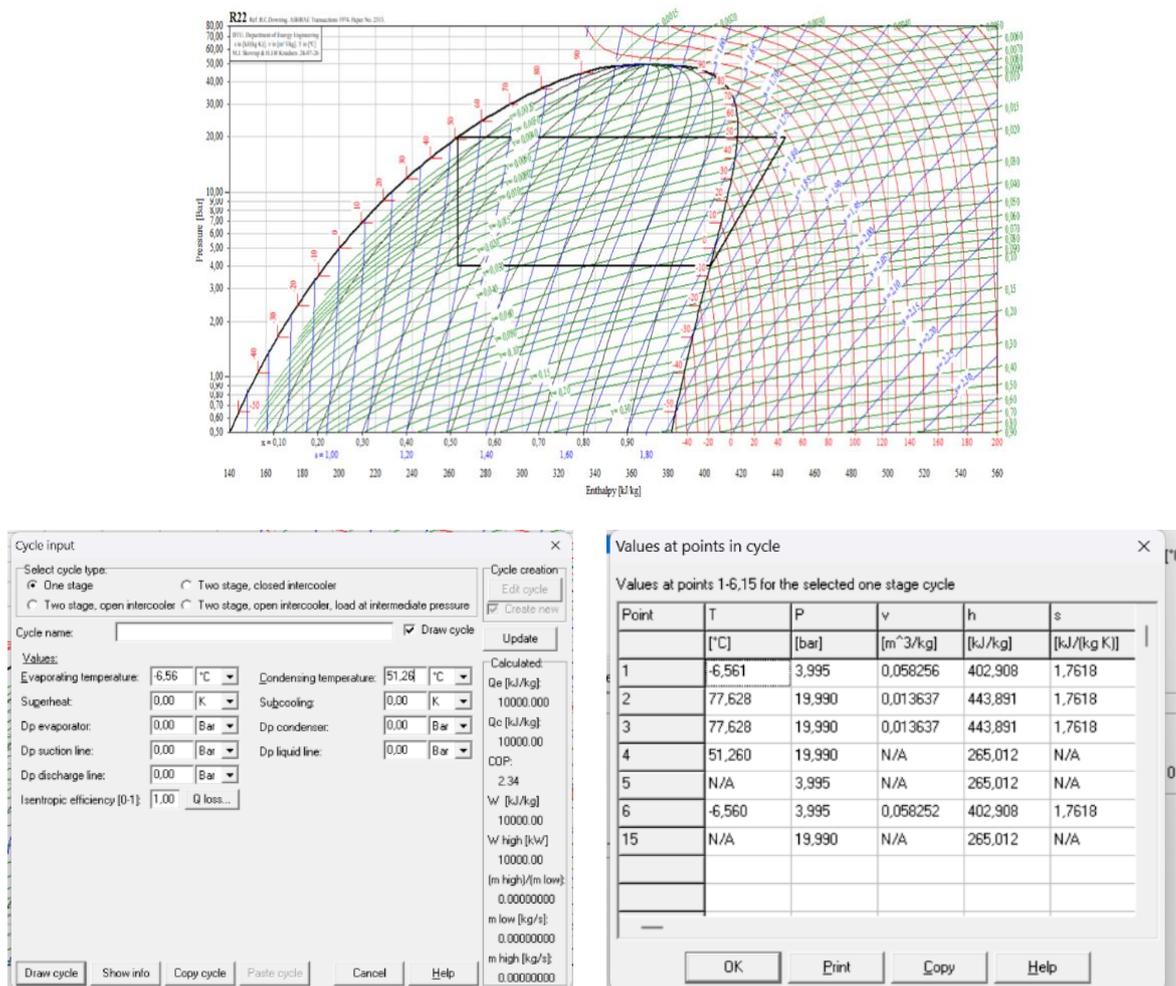
1. Kapasitas mesin pendingin: 5,28 kW
2. Daya : 1.660 W
3. Cop : 3,16
4. Refrigeran yang digunakan R22
5. Tekanan pada Lp : 4 Bar : -6,56°C
6. Tekanan pada Hp : 20 bar : 51.26 °C

Untuk menganalisis kinerja sistem pendingin yang terpasang di ruang stabilitas chamber 25 maka perlu dilakukan perhitungan:

1. Dampak refrigerasi dalam kJ/kg
2. Laju pendauran refrigeran kg/det
3. Daya yang dibutuhkan oleh kompresor kW

4. Koefisien presentasi
5. Laju air Volume yang diukur pada pipa hisap kompresor
6. Daya per kW refrigerasi
7. Suhu Buang pada kompresor

Untuk mencari perhitungan di atas maka perlu dicari nilai dari h_1 , h_2 , h_3 dan h_4 , nilai tersebut bisa didapatkan dengan memasukkan data pada diagram Mollier R22 (P-h) diagram dengan menggunakan perangkat lunak software Coolpack. Dari hasil yang telah di input maka dapat diketahui hasil dari diagram P-h dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Hasil Data h_1 , h_2 , h_3 dan h_4 pada Diagram P-H R22

Nilai yang didapat dari diagram P-H di atas:

- Nilai h_1 : 402,91 kJ/kg
- Nilai h_2 : 443,89 kJ/kg

- Nilai h_3 : 265,01 kJ/kg
- Nilai h_4 : 265,01 kJ/kg

1. Dampak refrigerasi dalam kJ/kg

$$\text{Dampak refrigerasi} = h_1 - h_4$$

$$\text{Dampak refrigerasi} = 402,91 \text{ kJ/kg} - 265,01 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Dampak refrigerasi} = 137,9$$

2. Laju aliran refrigeran kg/det

$$\text{Laju aliran} = \frac{\text{kapasitas refrigerasi}}{\text{dampak refrigerasi}}$$

$$\text{Laju aliran} = \frac{5,38 \text{ kW}}{137,9 \text{ kJ/kg}}$$

$$\text{Laju aliran} = 0,038 \text{ kg/det}$$

3. Daya yang dibutuhkan oleh kompresor adalah kerja kompresor per kilogram dikalikan dengan laju aliran refrigeran

$$\text{Daya kompresor} = \left(0,038 \frac{\text{kg}}{\text{det}}\right) (443,89 - 402,91) \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Daya kompresor} = 1,56 \text{ kW}$$

4. Koefisien prestasi adalah laju pendinginan daya kompresor dibagi dengan daya kompresor

$$\text{Koefisiensi Presentasi} = \frac{5,28}{1,56}$$

$$\text{Koefisiensi presentasi} = 3,38$$

5. Laju aliran pada sisi masuk kompresor memerlukan data volume spesifik refrigerant pada titik 1 adalah 402.91, dari Tabel A – 6 didapat:

$$402,341 \quad 0,76253$$

402,91 ... karena pada tabel tidak terdapat nilai yang

$$403,114 \quad 0,76636$$

sesuai maka akan dilakukan interpolasi pada bilangan tersebut:

$$SV = 0,76253 + \frac{0,76636 - 0,76253}{403,114 - 402,341} (402,91 - 402,342)$$

$$SV = 0,765344 \text{ L/kg}$$

$$\text{laju aliran} = (0,038 \text{ kg/det}) (0,765344 \text{ l/kg})$$

$$\text{laju aliran} = 0,03 \text{ L/det}$$

6. Daya Kompresor per kilowatt refrigerasi (yang merupakan kebalikan dari koefisien prestasi)

$$\text{daya refrigerasi} = \frac{1,56 \text{ kW}}{5,28 \text{ kW}}$$

$$\text{daya refrigerasi} = 0,295 \frac{\text{kW}}{\text{kW}}$$

7. Suhu buang kompresor adalah suhu uap panas lanjut pada titik 2 adalah 443.89, dari A-7 didapat:

442,258	75	
443,89	...	karena pada tabel tidak terdapat nilai yang
446,838	80	

sesuai maka akan dilakukan interpolasi pada bilangan tersebut:

$$SBK = 75 + \frac{80 - 75}{446,838 - 442,258} (443,89 - 442,258)$$

$$SBK = 76,78^{\circ}\text{C}$$

Jadi suhu buangan kompresor 76,87°C

4.8 Validasi perbandingan perhitungan dengan Software

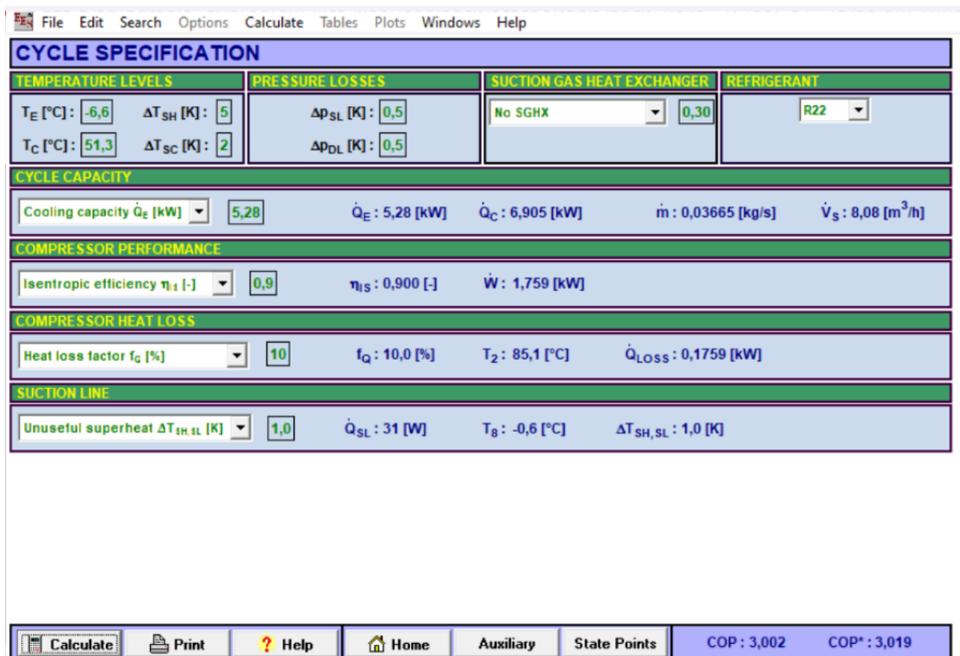
Setelah selesai melakukan perhitungan secara manual, tahap berikutnya adalah membandingkan hasil perhitungan tersebut dengan hasil perhitungan yang diperoleh melalui penggunaan software. Perbandingan yang akan dilakukan dalam studi ini melibatkan penggunaan software CoolPack. Proses perbandingan ini akan dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut: pertama, data yang sama yang telah dianalisis secara manual akan dimasukkan ke dalam software CoolPack. Selanjutnya, parameter dan variabel yang relevan akan diatur sesuai dengan pengaturan yang digunakan dalam perhitungan manual. Setelah itu, software CoolPack akan memproses data dan menghasilkan hasil perhitungan yang kemudian akan dibandingkan dengan hasil perhitungan manual. Proses ini bertujuan untuk mengevaluasi konsistensi dan akurasi

antara kedua metode, serta untuk menilai sejauh mana hasil yang diperoleh dari software CoolPack sejalan dengan hasil yang diperoleh secara manual.

4.8.1 Perhitungan dengan menggunakan 1 Kompresor

Berikut ini adalah hasil dari perhitungan yang dilakukan menggunakan software dengan menggunakan satu kompresor dengan kapasitas pendinginan 18.000 btu / h (5,28kW) setelah memasukkan parameter-parameter yang relevan. Data yang telah dikumpulkan dan parameter yang telah ditentukan di input ke dalam software, dan proses perhitungan dilakukan sesuai dengan algoritma yang ada.

Untuk data analisis software dapat dilihat pada Gambar 4.7 data analisis software coolpack



Gambar 4.7 Data analisis Software CoolPack 1 kompresor

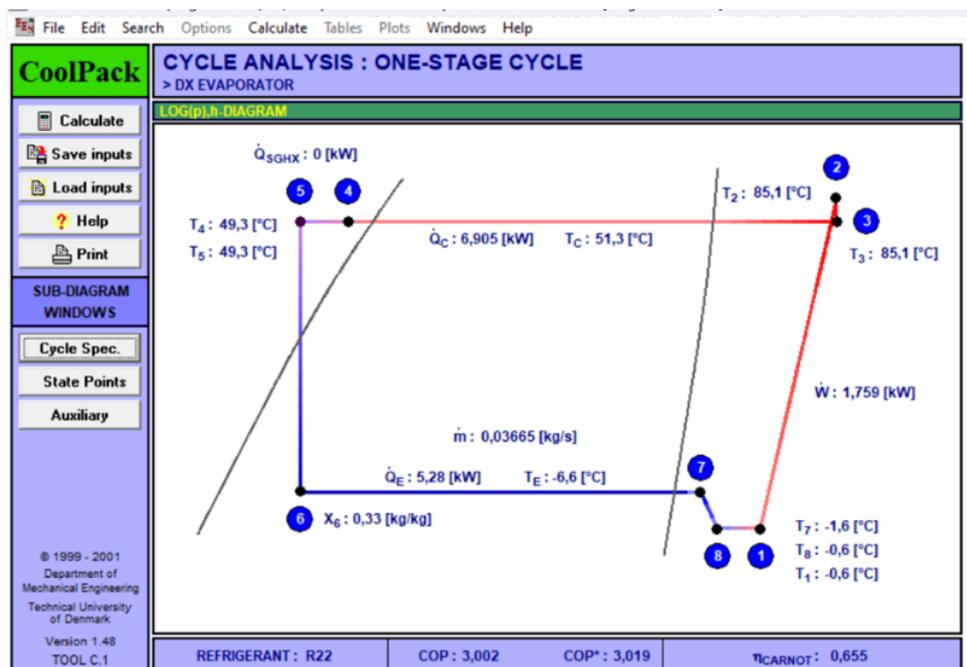
Berdasarkan data yang telah disajikan, berikut ini adalah perbedaan-perbedaan yang terjadi antara perhitungan manual dan perhitungan menggunakan software. Perbedaan ini dapat dilihat pada v/ /tabel 2.24.

Tabel 4.24 Perbandingan antara hitung manual dan software

No	Parameter	Perbandingan hasil perhitungan	
		Manual	CoolPack

1.	T_e (°C)	-6,56	-6,6
2.	T_c (°C)	51,26	51,3
3.	Q_e (kW)	5,28	5,28
4.	\dot{m} (kg/s)	0,038	0,03665
5.	W (kW)	1,56	1,759
6.	T_2	76,78°C	85,1°C
7.	COP	3,38	3,003

Selain itu data analisis software CoolPack juga menyertakan diagram siklus P-H (Pressure-enthalpy). Diagram ini memberikan visualisasi grafis yang menggambarkan hubungan antara tekanan dan entalpi dalam sistem yang dianalisis. Dengan adanya diagram siklus P-H, kita dapat lebih mudah memahami dinamika termodinamika dari sistem tersebut, serta menganalisis efisiensi dan performa perangkat yang dikaji untuk p-h diagramnya dapat dilihat pada Gambar 4.8 P-H diagram Software CoolPack 1 kompresor



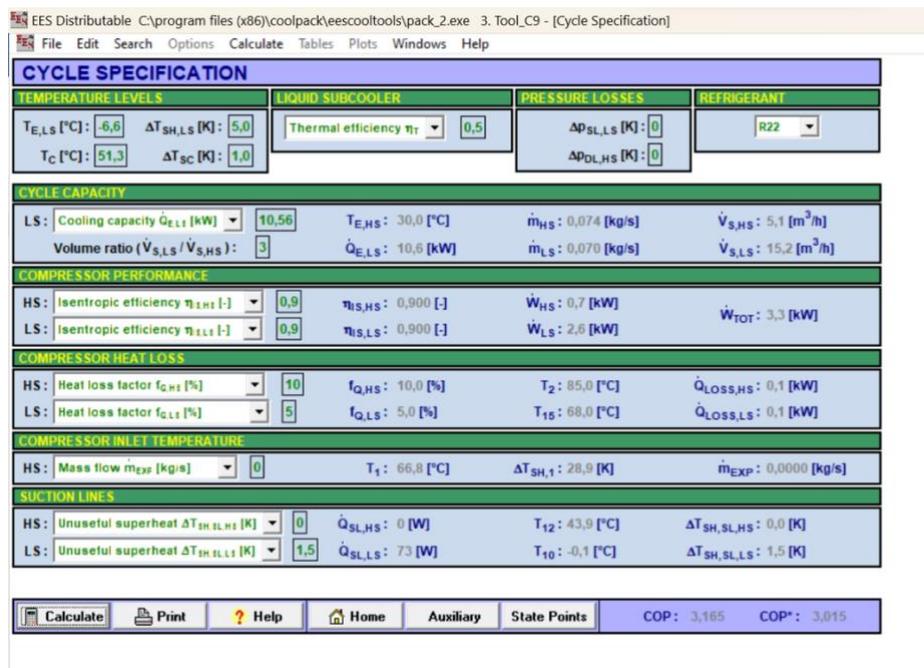
Gambar 4.8 P-H diagram Software CoolPack 1 kompresor

4.8.2 Perhitungan dengan menggunakan 2 Kompresor

Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan satu kompresor Berikut ini adalah hasil dari perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan dua kompresor dengan kapasitas pendinginan 32000

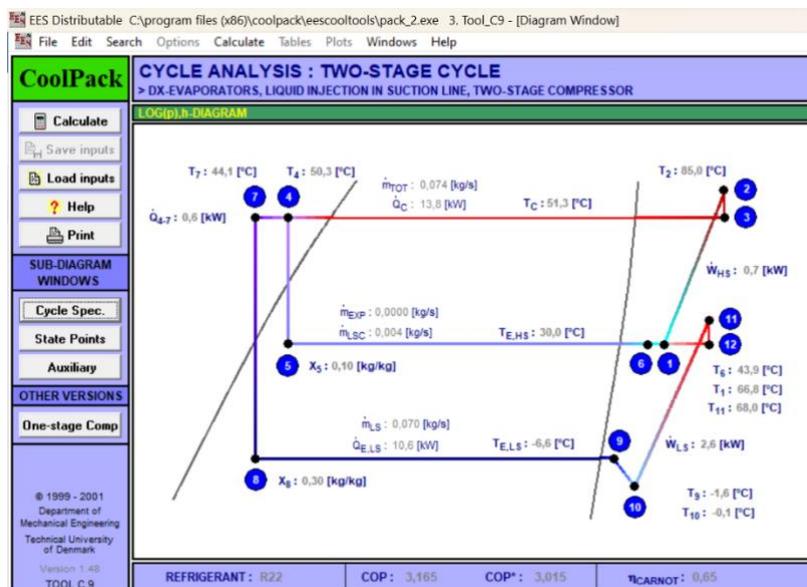
btu / h (5,28kW) setelah memasukkan parameter-parameter yang relevan. Data yang telah dikumpulkan dan parameter yang telah ditentukan di input ke dalam software, dan proses perhitungan dilakukan sesuai dengan algoritma yang ada.

Untuk data analisis software dapat dilihat pada Gambar 4.19 data analisis software coolpack 2 kompresor



Gambar 4.9 Analisis software coolpack 2 kompresor

Dari data diatas agar lebih jelas dapat dilihat gambar diagram p-h yang di sajikan oleh software coolpack pada Gambar 4.10 P-H diagram Software CoolPack 2 kompresor



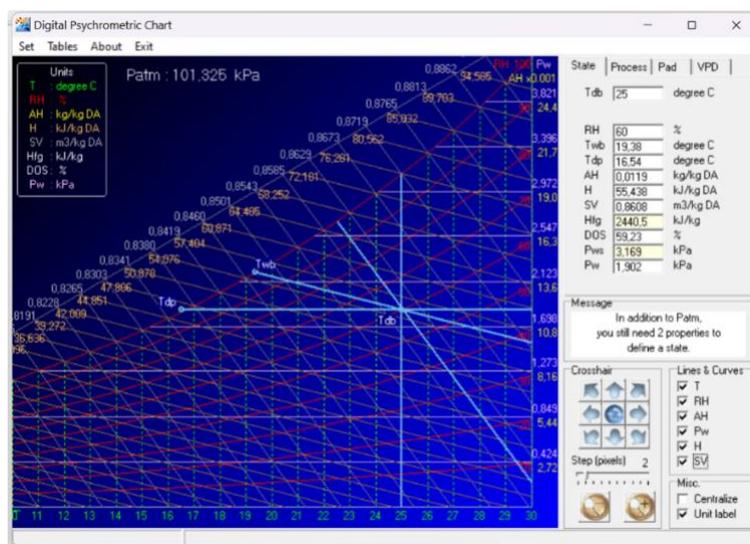
Gambar 4.10 P-H diagram Software CoolPack 2 kompresor

4.9 Penggunaan Diagram Psychrometric

Diagram psikometri adalah alat penting dalam pengkondisian udara yang digunakan untuk menggambarkan dan menganalisis sifat-sifat udara dan proses-proses yang terjadi dalam sistem pengkondisian udara. Diagram psikometri mencakup beberapa data dan parameter penting yang digunakan untuk menganalisis dan merancang sistem pengkondisian udara. Berikut adalah data yang umumnya terdapat pada diagram Psychrometric:

1. Suhu Kering (Dry Bulb Temperature)
2. Suhu Basah (Wet Bulb Temperature)
3. Kelembapan Relatif (Relative Humidity)
4. Kelembapan Spesifik (Specific Humidity)
5. Enthalpi (Enthalpy)
6. Volume Spesifik (Specific Volume)
7. Titik Embun (Dew Point Temperature)
8. Massa Jenis (Density)

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.8 Diagram Psychrometric



Gambar 4.11 Diagram Psychrometric

4.10 Penggunaan data logger

Sebagai tambahan untuk memantau suhu dan kelembaban relatif (RH) di dalam ruangan, kami juga menggunakan data logger untuk memantau kondisi udara secara keseluruhan. Data logger ini membantu memberikan informasi yang lebih akurat dan real-time tentang kondisi lingkungan di dalam ruangan, detail hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel

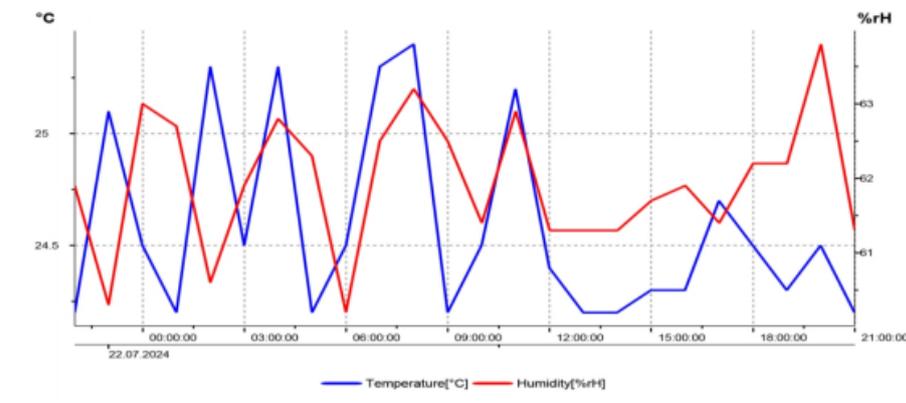
Tabel 4.25 Suhu Ruang Stabilitas Obat Jadi

No	Tanggal	Jam	Suhu	RH
1.	22/07/24	22.00	24,20 °C	61,90 %
2.	22/07/24	23.00	25,10 °C	60,30 %
3.	23/07/24	00.00	24,50 °C	63,00 %
4.	23/07/24	01.00	24,20 °C	62,70 %
5.	23/07/24	02.00	25,30 °C	60,60 %
6.	23/07/24	03.00	24,50 °C	61,90 %
7.	23/07/24	04.00	25,30 °C	62,80 %
8.	23/07/24	05.00	24,20 °C	62,30 %
9.	23/07/24	06.00	24,50 °C	60,20 %
10.	23/07/24	07.00	25,30 °C	62,50 %
11.	23/07/24	08.00	25,40 °C	63,20 %
12.	23/07/24	09.00	24,20 °C	62,50 %
13.	23/07/24	10.00	24,50 °C	61,40 %
14.	23/07/24	11.00	25,20 °C	62,90 %
15.	23/07/24	12.00	24,40 °C	61,30 %
16.	23/07/24	13.00	24,20 °C	61,30 %
17.	23/07/24	14.00	24,20 °C	61,30 %
18.	23/07/24	15.00	24,30 °C	61,70 %
19.	23/07/24	16.00	24,30 °C	61,90 %
20.	23/07/24	17.00	24,70 °C	61,40 %
21.	23/07/24	18.00	24,50 °C	62,20 %
22.	23/07/24	19.00	24,30 °C	62,20 %
23.	23/07/24	20.00	24,50 °C	63,80 %
24.	23/07/24	21.00	24,20 °C	61,30 %

Selain itu, data logger juga memberikan grafik perbandingan suhu dan kelembaban relatif (RH). Grafik ini sangat berguna untuk

memvisualisasikan perubahan suhu dan kelembapan dari waktu ke waktu, membantu dalam analisis kondisi lingkungan. Data logger mencatat data pada interval waktu yang telah ditentukan, memungkinkan pengguna untuk melihat tren dan fluktuasi yang mungkin mempengaruhi proses atau kondisi tertentu. Dengan memiliki grafik perbandingan suhu dan RH, pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi pola, anomali, dan potensi masalah yang perlu diatasi. Untuk gambar grafik perbandingan suhu dan RH dapat di lihat pada gambar 4.12

Instrument name: VAL-53		7/23/2024			
Start time: 7/22/2024 10:00:00 PM		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 7/23/2024 9:00:00 PM	Temperature [°C]	24.2	25.4	24.583	23.0/27.0
Measurement channels: 2	Humidity [%rH]	60.2	63.8	61.942	55.0/65.0
Measured values: 24					
83935643					
R Stabilitas Chamber 25					



Gambar 4.12 Grafik perbandingan suhu dan RH

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dirumuskan adalah:

1. Hasil perhitungan CLTD membuktikan bahwa mesin pendingin yang terpasang sudah sesuai dengan kebutuhan. Beban pendingin yang hanya sebesar 5,84 kW dibandingkan dengan kapasitas mesin yang mencapai 10,6 kW menunjukkan bahwa mesin memiliki kemampuan yang memadai untuk menangani beban tersebut. Hal ini memastikan kinerja optimal dan efisiensi dalam menjaga suhu operasi yang stabil
2. Dengan kecepatan laju udara sebesar 140 CFM, sistem pendinginan memenuhi syarat pada suhu 25°C dan kelembapan relatif 60%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi dengan efisien dalam kondisi tersebut.

5.2 Saran

Saran untuk memastikan kinerja sistem pendinginan tetap optimal:

1. Untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem pendinginan, pertimbangkan pergantian refrigeran R22 dengan refrigeran yang memiliki spesifikasi lebih baik.
2. Untuk meningkatkan efisiensi kinerja kompresor pada mesin pendingin, pertimbangkan penurunan laju udara dari 140 CFM menjadi 80 CFM. Penurunan ini dapat mengurangi beban kerja kompresor, yang pada gilirannya mengurangi konsumsi energi dan memperpanjang umur kompresor. Meskipun penurunan laju udara dapat menyebabkan kenaikan suhu, hal ini akan diatasi dengan sistem kompresor cadangan yang akan menyala untuk menurunkan suhu, memastikan bahwa kinerja sistem tetap optimal.

Daftar Pustaka

- Al habsi, G., Budiarto, U., & Amirudin, W. (2016). Analisa Untuk Kerja Desain Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Pada Kapal Ikan Ukuran 5 GT Di Wilayah Rembang. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 769 - 770.
- Apriyanto, A. (2023). Analisis Unjuk Kerja AHU (air Handling Unit) Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran NH3 Refrigeran (Studi Kasus di PT. CPB). *JUSTIMES (Jurnal Rekayasa Teknik Mesin Saburai)*, 36.
- Arismunandar, W., & Saito, H. (1991). *Penyegaran Udara*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Ashrae. (1977). *Colling and heating load calculation manual*. amerika: american society of heting and air conditioning enginers.
- Liang, Y., Sun, Y., Xu, Z., Shen, C., Yue, D., Jiang, T., & Guan , X. (2020). *Multi-Agent Deep Reinforcement Learning for HVAC Control In Commercial Buildings*. *IEEE Transaction on Smart Grid*, 1.
- Machfudin, I., Pamungkas, D. P., & Widodo, D. W. (2019). *Expert System For AC Central Diagnostics Using The VB-Based Forwad Chaning Methode*. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 208.
- Majanasastra, R. B. (2015). Analisis Kinerja Mesin Pendingin Kompresi Uap menggunakan FE-36 Sebagai Alternatif Pengganti R-22. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4.
- Mao, C., Baltazar, J.-C., & Haberl, J. S. (2019). *Comparison of ASHRAE Peak Cooling Load Calculation Methods*. *Science and Technology for the Built Environment*, 1.
- Maukar, A. L., & Hakim, A. N. (2018). Relayout Ruangan Penyimpanan Sampel Stabilitas Impermeble Berdasarkan Konsep Similarity dan Popularity Serta Prinsip 5S. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 1.
- Poernomo, H. (2015). Analisis Karakteristik Untuk Kerja Sistem Pendingin (Air Conditioning) Yang Menggunakan Freon R-22 Berdasarkan pada Variasi Putaran Kipas Pendingin Kondensor. *Kapal : Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 2.
- Samnur. (2011). Perancangan Sistem Pengkondisian Udara (AC) pada Ruangan Aula Teknol Fakultas Teknik Unirversitas Negeri Makasar. *Jurnal Teknik Mesin Teknologi*, 229.
- Sharge, L., & Kanfer, I. (2013). *Generic Drug Product Development : Solid Oral Dosage Forms*. Marcel Dekker.
- Stoecker, W. F., & Jones, J. W. (1982). *Refrigeration And Air Conditioning*. New York: McGraw-Hill, Inc.