

PERENCANAAN BEBAN PENDINGIN PADA GEDUNG BARU RUMAH SAKIT PMI BOGOR DENGAN METODE CLTD

*Edwin Syahrial¹, Rasyid Hadi Sudono²

^{1,2} Fakultas Teknik dan Informatika, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Dian Nusantara, Jakarta, Indonesia

*Email Korespondensi:
Edwin.syahrial@undira.ac.id

ARTIKEL INFORMASI

Diterima:
3 March 2021

Direvisi:
15 April 2021

Dipublikasi:
16 Mei 2021

ABSTRAK

Sistem HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning) adalah sistem yang berfungsi untuk mengatur suhu dan kelembaban udara pada suatu ruangan, agar suhu dan kelembaban udara pada suatu ruangan menjadi nyaman. Dalam desain beban pendinginan gedung baru 3 lantai, menggunakan metode Cooling Load Temperature Difference (CLTD), dimana suhu dirancang pada suhu 73,4 °F dan kelembaban 50%. Dari hasil perhitungan perencanaan beban gedung sebesar 4954985,54 Btu / jam dan suplai udara sebesar 100690,73 CFM. Sistem pemasangan beban pendingin pada gedung menggunakan sistem VRV (Variable Refrigerant Volume). Existing menggunakan 10 unit sistem VRV outdoor masing-masing di lantai 1 538642,65 Btu / jam, di lantai 2 dan 3 masing-masing 505004,50 Btu / jam, untuk beban pendinginan yang optimal, dan bangunan menggunakan 215 kasat langit-langit tipe unit dalam ruangan yang telah direncanakan untuk gedung.

Keyword: HVAC, CLTD, Cooling Load, Air Supply, VRV

1. PENDAHULUAN

HVAC (*Heating Ventilating and Air Conditioning*) adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengatur temperatur dan kelembaban udara pada suatu ruangan sehingga kondisi temperatur dan kelembaban udara pada suatu ruangan menjadi nyaman. Sistem HVAC sangat dibutuhkan pada bangunan-bangunan besar seperti perkantoran pusat perbelanjaan ataupun rumah sakit, khususnya di negara yang beriklim tropis seperti di Indonesia. Perencanaan sistem pendingin dilakukan untuk mengkondisikan suhu ruangan lebih rendah daripada temperatur lingkungan, akibat dari radiasi dan konduksi sinar matahari serta panas yang ditimbulkan oleh aktifitas manusia di dalam gedung, panas yang dihasilkan dari penggunaan peralatan elektronik, serta penerangan. Sehingga keadaan tersebut mengakibatkan terjadinya beban pendingin pada sistem HVAC.

Sehubungan akan dibangunnya gedung baru yang akan difungsikan sebagai Rumah Sakit di daerah Bogor. Tentu membutuhkan perancangan fasilitas penunjang (utilitas bangunan) salah satunya adalah sistem HVAC. Dengan latar belakang tersebut perlu dilakukannya perancangan pada sistem HVAC dengan menggunakan data-data gedung yang akan dibangun.

Adapun identifikasi masalah pada penelitian ini adalah akan dibangunnya gedung baru yang difungsikan sebagai rumah sakit PMI di daerah Bogor. Diperlukannya fasilitas utilitas penunjang dalam gedung seperti

sistem HVAC yang dapat memberikan rasa nyaman bagi penghuni/pasien maupun pengunjung rumah sakit tersebut, maka untuk itu akan dilakukan perancangan sistem HVAC pada rumah sakit PMI Bogor.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah Untuk mendapatkan temperature dan kelembaban yang sesuai standar kenyamanan dan kelembaban udara bagi manusia berada di kisaran 23oC dengan kelembaban udara relatif 50 % melalui perancangan system pendingin ruangan. (Berdasarkan standard: Kepmenkes No.1204/Menkes/ SK/ X/ 2004 tentang : Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit Dan Standard Kualitas Ruang Rumah Sakit).

2. KAJIAN PUSTAKA

Penyegaran Udara

Penyegaran udara adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruanga tertentu. Selain itu, mengatur aliran udara dan kebersihannya. Sistem Penyegaran udara pada umumnya dibagi menjadi dua golongan utama yaitu :

- a. Penyegaran udara untuk kenyamanan
Menyegarkan udara dari ruangan untuk memberikan kenyamanan kerja bagi orang yang melakukan kegiatan tertentu
- b. Penyegaran udara untu industri
Menyegarkan udara dari ruangan karena diperlukan oleh proses, bahan, peralatan, atau barang yang ada di dalamnya

Sistem Refigerasi Kompresi Uap

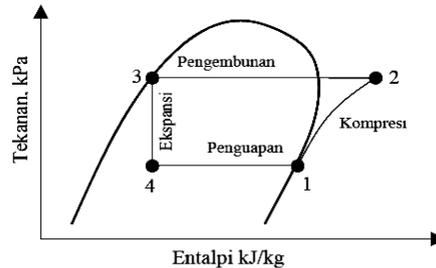
Pada prinsipnya, sistem refrigerasi kompresi uap sesuai dengan namanya merupakan suatu sistem yang mempergunakan kompresor sebagai alat kompresi refrigeran. Pada dasarnya sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sifat refrigeran, dimana pada tekanan rendah, temperatur cair jenuh (saturasi) yang rendah, fasa refrigeran akan berubah menjadi uap dengan menarik kalor dari tempat yang didinginkan. Pada saat tekanan tinggi, temperatur uap jenuh (saturasi) yang tinggi, fasa refrigeran akan berubah menjadi cair dengan cara membuang kalor kelingkungan sekitar. Tentunya, untuk menciptakan sisi tekanan tinggi diperlukan suatu alat kompresi (biasa disebut kompresor) dan pada sisi tekanan rendah dipasang katup ekspansi yang akan mengakibatkan turunnya tekanan refrigeran.

Berdasarkan hal diatas, maka sistem kompresi uap ini terdiri dari beberapa langkah kerja, yaitu:

- a. Proses Kompresi
Proses ini terjadi di kompresor dimana uap refrigeran dengan tekanan dan temperatur rendah yang masuk ke dalam kompresor melalui *suction line* (saluran hisap) dikompresi di dalam silinder kompresor sehingga temperatur dan tekanan uap refrigeran yang keluar dari kompreor melalui *discharge line* (saluran buang) mengalami kenaikan.
- b. Proses Kondensasi
Uap *superheat* yang berasal dari saluran *discharge* (saluran keluaran kompresor) masuk menuju kondenser, dikondenser mengalami proses yang dinamakan kondensasi. Dimana kalor dari kondenser dilepaskan ke lingkungan sehingga lama-kelamaan refrigeran akan berubah fasa dari uap menjadi cair. Proses kondensasi ini terjadi pada tekanan dan temperatur yang konstan.
- c. Proses Expansi
Refrigeran yang telah mengalami kondensasi di kondensor akan dialirkan menuju pipa kapiler, dimana pada pipa kapiler terjadi proses penurunan tekanan yang diikuti oleh penurunan temperatur secara *isoenthalpy* atau tidak terjadi perubahan *enthalpy* dan refrigeran sebagian berfasa cair dan sebagian berfasa gas.
- d. Proses Evaporasi
Refrigeran yang telah diturunkan tekanan dan temperaturnya akan mengalami komposisi didalamnya. Pada proses ini terjadi penambahan uap pada refrigeran, sehingga fasa refrigeran adalah campuran antara cair dan uap. Dengan sedikit saja menarik kalor dari tempat yang didinginkan, maka fasanya akan berubah menjadi uap seluruhnya sampai menjadi uap jenuh. Proses inilah yang dinamakan proses evaporasi. Seperti halnya proses kondensasi, maka proses ini pun berlangsung pada tekanan dan temperatur yang konstan.

Diagram Mollier

Adalah diagram yang digunakan untuk menganalisa keadaan termodinamis refrigeran di dalam siklus refrigerasi. Dimana garis tegak untuk menyatakan tekanan (P), dan garis mendatar digunakan untuk menyatakan entalpi (h). maka diagram ini disebut juga diagram p-h seperti dalam gambar 2.1



Gambar 1. Besaran Sikrkulasi Refrigerasi Pada diagram Mollier
(Sumber. <http://www.chiller.co.id/>)

Perhitungan Beban Pendingin

Perhitungan beban pendinginan merupakan cara untuk menghitung besarnya jumlah beban pendinginan suatu bangunan sebagai dasar pemilihan peralatan yang sesuai, dengan tujuan alat tersebut dapat mengatasi beban pendinginan yang ada perlu diperhatikan dalam menentukan beban pendinginan adalah sebagai berikut :

a. Karakteristitk dari bangunan tersebut

- 1) Material bangunan (dinding, plafon, lantai, dll)
- 2) Warna permukaan dari bangunan
- 3) Bentuk dan ukuran banguna

b. Orientasi bangunan

- 1) Letak gerografis
- 2) Pengaruh dari sinar matahari
- 3) Pengaruh bayangan dari bangunan lain
- 4) pengaruh dari pantulan panas

c. Sumber panas dari dalam ruangan

1. Beban panas dari penghuni

Beban panas yang berasal dari ruangan merupakan faktor yang perlu diperhitungkan pada system pengkondisian udara. Jumlah panas yang diberikan oleh penghuni yang berada dalam ruangan tergantung dari jumlah dan kegiatan atau aktifitas yang dilakukan oleh penghuni ruangan, dan panas yang diberikan itu dapat berupa panas latent dan panas sensibel.

• Panas sensible

Kalor sensibel ialah panas yang ditandai dengan perubahan temperatur.

$$Q_s = N \times SHG \times CLF$$

Dimana :

Q_s = Laju Perpindahan Panas Sensibel (BTU/hr) N = Jumlah Orang

SHG = *Sensible Heat Gain* (BTU)

CLF = *Cooling Load Factor*

• Panas latent

Kalor latent ialah kalor yang tidak ditandai dengan perubahan temperatur

$$Q_l = N \times LHG$$

Dimana :

Q_l = Laju perindahan panas latent (BTU/hr)

N = Jumlah Orang (BTU)

LHG = *Latent Heat Gain* (BTU)

2. Beban panas dari penerangan

$$Q_s = 3,41 \times q_i \times F_u \times F_s \times CLF$$

Dimana :

- Q_s = Laju perpindahan panas Sensible (BTU/hr)
- 3,41 = Faktor konversi
- q_i = Daya lampu (Watt)
- F_u = Faktor pemakaian lampu
- F_s = *Ballast factor*
- CLF = *Cooling Load Factor*

3. Beban Panas dari Peralatan

$$Q_s = (HG) \times CLF$$

Dimana :

- Q_s = Laju perpindahan panas sensible (BTU/hr)
- HG = *Heat Gain* peralatan (BTU/hr)
- CLF = *Cooling Load Factor*

4. Ventilasi

Beban ventilasi merupakan penambahan kalor ke dalam ruangan untuk memenuhi kebutuhan oksigen bagi penghuni ruangan.

- **Beban sensible**

$$Q_s = 1,10 \times Q \times \Delta T$$

Dimana :

- Q_s = Laju perpindahan panas sensible (BTU/hr)
- Q = Volume aliran udara (CFM/orang)
- ΔT = Beda temperatur (°F)

- **Beban Latent**

$$Q_l = 4840 \times Q \times \Delta W$$

Dimana :

- Q_l = Laju perpindahan panas latent (BTU/hr)
- Q = Volume aliran udara (CFM/orang)
- ΔW = Beda kelembaban spesifik (lb/lb)

5. Beban Panas Dari Luar Ruangan

- **Panas konduksi melalui atap, dinding, dan konduksi dinding yang berbahan kaca**

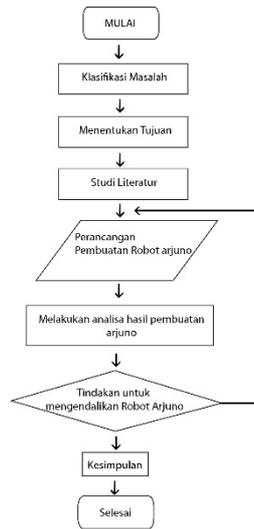
$$Q_s = U \times A \times CLTD$$

Dimana :

- Q_s = Laju perpindahan panas Sebsible (BTU/hr)
- U = Koefisien perpindahan panas (BTU/hr.ft².°F)
- A = Luas penampang (ft²)
- CLTD = *Cooling Load Temperatur Difference* (°F)

3. METODE

Metodologi penelitian merupakan tahap–tahap penelitian yang harus ditetapkan dahulu sebelum melakukan pemecahan masalah, sehingga penelitian dapat dilakukan dengan terarah dan memudahkan dalam menganalisis permasalahan yang ada. Berikut diagram alir Metode Penelitian yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Diagram alir proses penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di RS PMI Bogor, pada periode waktu bulan Oktober s.d Januari 2020.

Spesifikasi Data Dan Perhitungan

Dalam perancangan HVAC dibutuhkan data-data internal gedung dan eksternal gedung, berikut data yang dapat disajikan

1. Lokasi dan Fungsi Gedung

- Letak geografis : 6° LS – 7° LS dan 106° BT – 108° BT
- Letak Bangunan : Jl.Padjajaran Indah V No. 97 Bogor, Jawa Barat
- Fungsi Bangunan : Bangunan difungsikan sebagai Rumah Sakit.
- Arah Bangunan : Bangunan menghadap ke arah Selatan.

2. Data Fisik Gedung

Dalam menghitung besarnya beban pendinginan yang diperlukan sebuah gedung maka perlu diketahui beberapa hal yang sangat berpengaruh dalam melakukan perhitungan tersebut .

3. Total Beban Pendinginan Lantai 1 Sampai Dengan 3

Dari hasil Perhitungan total *QSensible Heat*, *QLatent Heat*, *Room Sensible Heat (RSH)*, *Room Latent Heat (RLH)*, *Room Total Heat (RTH)*. Lantai 1 sampai 3 dapat dilihat pada tabel 3.19.

Tabel 1. Total beban pendinginan lantai 1 sampai dengan 3

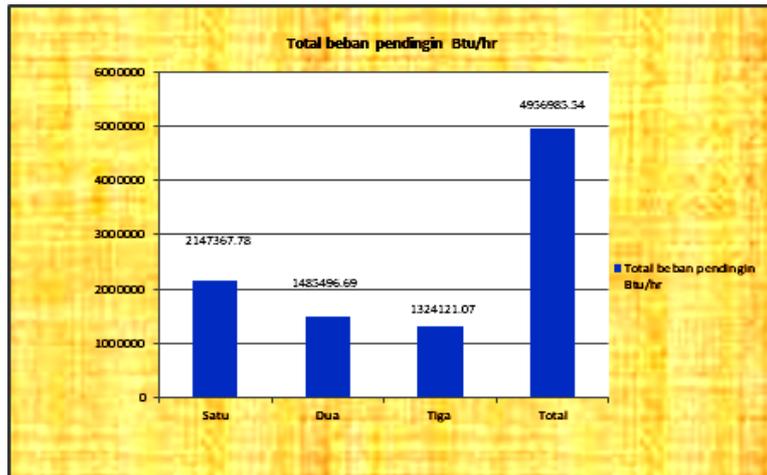
| No. | Lantai | Qs | Ql | RSH | RLH | RTH |
|-----|--------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | (Btu/hr) | (Btu/hr) | (Btu/hr) | (Btu/hr) | (Btu/hr) |
| 1 | Satu | 1066554.24 | 885598.29 | 1173209.66 | 974158.12 | 2147367.78 |
| 2 | Dua | 687987.08 | 662464.46 | 756785.79 | 728710.91 | 1485496.69 |
| 3 | Tiga | 668420.32 | 515332.48 | 735262.35 | 588858.72 | 1324121.07 |
| 4 | Total | 2422961.64 | 2063395.23 | 2665257.80 | 2291727.75 | 4956985.54 |

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa Perhitungan Beban Pendinginan

Dari hasil perhitungan beban pendinginan yang dilakukan pada gedung baru Rumah Sakit PMI Bogor, dapat dihitung beban pendinginan dari lantai 1 s/d 3, dengan beban yang didapat dari hasil perencanaan perancangan.

Setelah dilakukanya perhitungan beban pendinginan pada gedung baru Rumah Sakit PMI Bogor dengan menggunakan data-data didapat beban pendinginan sebesar 4956985.54 Btu/hr . Disajikan dengan gambar grafik dibawah ini.

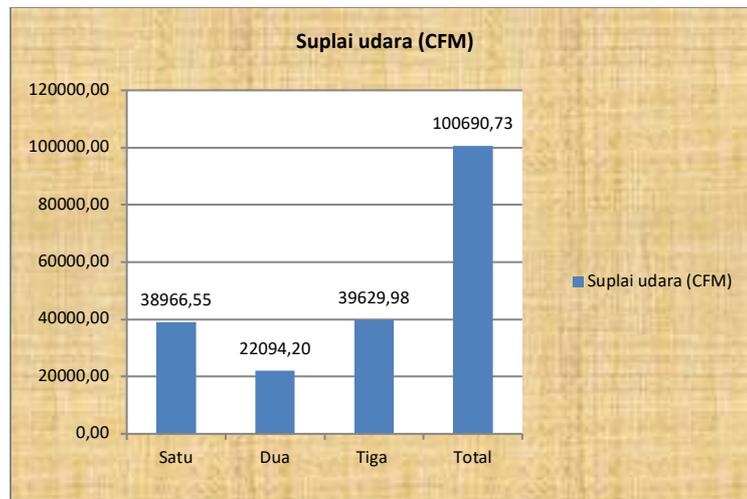


Gambar 3. Grafik Total Beban Pendingin

Dari gambar grafik, maka diperoleh, beban pendingin untuk lantai satu sebesar 2147367.78 Btu/hr. Untuk beban pendingin untuk lantai dua diperoleh beban untuk pendinginan sebesar 1485496.69 Btu/hr. Dan untuk lantai tiga diperoleh beban pendinginan sebesar 1324121.07 Btu/hr.

Hasil Analisa Perhitungan Suplai udara

Hasil perhitungan suplai udara dapat dilihat pada gambar grafik . Dari hasil perhitungan sebelumnya di bab tiga pada sumplai udara maka didapat kebutuhan udara untuk gedung.



Gambar 4. Grafik Total Suplai Udara

Dari perhitungan suplai udara pada lantai satu sampai lantai tiga, memiliki hasil perhitungan total masing - masing. Untuk kebutuhan suplai udara pada lantai satu didapat hasil perhitungan sebesar 38966.55 CFM, lantai dua sebesar 22094.20 dan lantai tiga sebesar 39629.98 CFM. Total suplai udara yang dibutuhkan sebesar 100690.73CFM.

5. KESIMPLAN DAN SARAN

Beberapa hal yang dapat ditarik kesimpulan dari pembahasan di bab IV sebelumnya dari hasil perencanaan beban pendingin sistem VRV (*Variable Refrigerant Volume*), maka penulis dapat menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- 1) Dari perhitungan beban pendinginan lantai 1 s/d 3. Diperoleh *Room Total Head* (RTH) pada lantai 1 sebesar 2147367,78 Btu/hr, Lantai 2 sebesar 1485496,69 Btu/hr, Lantai 3 sebesar 1324121,07 Btu/hr. Dengan total beban pendingin keseluruhan sebesar 4956985,54 Btu/hr.
- 2) Dari perhitungan *supply* udara pada lantai 1 diperoleh kapasitas udara sebesar 38966,55 CFM . Pada lantai 2 sebesar 220494,20 CFM. Pada lantai 3 sebesar 39629,98 CFM. Dengan total *supply* udara sebesar 100690.73 CFM.
- 3) Dari hasil perhitungan dapat ditentukan kapasitas *Outdoor Unit system VRV*:
 Pada lantai 1, Ou-1.A = 537196.56 Btu/hr Ou-1.B = 534212.32 Btu/hr Ou-1.C = 538642.65 Btu/hr Ou-1.D = 552941 Btu/hr . Pada lantai 2, Ou-2.A = 492853.77 Btu/hr Ou-2.B = 504365.54 Btu/hr Ou-2.C = 488277.38 Btu/hr . Pada lantai 3, Ou-3.A = 505004.50 Btu/hr Ou-3.B = 439181.72 Btu/hr Ou-3.C = 379934.85 Btu/hr. Jadi Bangunan dari lantai 1 s/d 3 *diback up* menggunakan 10 *Unit Outdoor System VRV*.
- 4) Pada Lantai 1 untuk *Outdoor* Ou.1.A mem-*back up* 18 *Indoor Unit Type Ceiling Cassate* , Untuk Ou.1.B mem-*back up* 20 *Indoor Unit Type Ceiling Cassate*, Untuk Ou.1.C mem-*back up* 27 *Indoor Unit Type Ceiling Cassate*, Untuk Ou.1.D mem-*back up* 15 *Indoor Unit Type Ceiling Cassate*. Pada lantai 2 untuk *Outdoor* Ou.2.A mem-*back up* 30 *Indoor Unit Type Ceiling Cassate* , Untuk Ou.2.B mem-*back up* 20 *Indoor Unit Type Ceiling Cassate*, Untuk Ou.2.C mem-*back up* 17 *Indoor Unit Type Ceiling Cassate*, Pada lantai 3, untuk *Outdoor* Ou.3.A mem-*back up* 20 *Indoor Unit Type Ceiling Cassate* , Untuk Ou.3.B mem-*back up* 30 *Indoor Unit Type Ceiling Cassate*, Untuk Ou.3.C mem-*back up* 18 *Indoor Unit Type Ceiling Cassate*.

REFERENCES

- Ashrae Handbook 2009, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc, Atlanta. Inch-Pound Edition
- Arismunandar, Wiranto & Heizo Saito, *Penyegaran Udara*, Cetakan Ke-7, Pradnya Paramita, Jakarta. 2005
- Carrier Air Conditioning Company, *Handbook of Air Conditioning System Design*, McGraw Hill Company, New York. A Mei Ya Taiwan Edition.
- Rudoy, William. 1980, *Cooling and Heating Load Calculation Manual*. Washington D.C : Departement of Housing and Urban Development.
- Stoecker, Wilbert F & Jerold W. Jones, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Edisi Ke-2, Erlangga. Jakarta. 1994.
- Syamsuri, Hasan & Sapto Widodo, *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara*, Edisi Ke-1, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta. 2008
- Mohamad Azwar Amat, *Perancangan Sistem Utilitas Bangunan*, Universitas Indonesia, Departemen Teknik Mesin.