



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 4 Tahun 2025 Page 9774-9789

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

## Perhitungan Daya Panas Dan Kapasitas Daya Pendingin Udara Ruang Operasi Rumah Sakit X Jakarta

Akhmad Sabillah<sup>1✉</sup>, Hugeng<sup>2</sup>, Endah Setyaningsih<sup>3</sup>

Universitas Tarumanagara

Email: [akhmad.525220009@stu.untar.ac.id](mailto:akhmad.525220009@stu.untar.ac.id)<sup>1✉</sup>

### Abstrak

Ruang operasi merupakan area kritis yang memerlukan pengendalian lingkungan secara ketat, terutama terkait suhu, kelembapan, tekanan udara, dan kebersihan udara. Sistem tata udara (HVAC) berperan penting dalam menjaga kondisi steril dan mencegah infeksi nosokomial. Laporan magang ini bertujuan untuk menghitung beban panas dan menentukan kapasitas pendingin yang diperlukan untuk ruang operasi di Rumah Sakit X Jakarta, berdasarkan standar Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dan ASHRAE Standard 170-2021. Perhitungan beban panas meliputi beban eksternal (dinding, atap, lantai), beban internal (peralatan medis, pencahayaan, aktivitas manusia), serta beban ventilasi akibat pertukaran udara luar. Hasil perhitungan menunjukkan total beban pendinginan sebesar 22.132,11 W atau sekitar 6,3 TR. Nilai ini menjadi acuan dalam pemilihan sistem pendingin yang sesuai untuk menjaga suhu dan kelembapan dalam rentang standar operasional.

Kata Kunci: *HVAC, Ruang Operasi, Beban Panas, Kapasitas Pendingin, Standar Permenkes, ASHRAE*

## Abstract

Operating rooms are critical areas that require strict environmental control, particularly in terms of temperature, humidity, air pressure, and air cleanliness. The *Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)* system plays a crucial role in maintaining sterile conditions and preventing nosocomial infections. This internship report aims to calculate the heat load and determine the appropriate cooling capacity for the operating room at Hospital X in Jakarta, based on the standards set by the Indonesian Ministry of Health and *ASHRAE Standard 170-2021*. The heat load calculation includes external loads (walls, roof, and floor), internal loads (medical equipment, lighting, and human activity), and ventilation loads due to outdoor air exchange. The results show a total cooling load of 22,132.11 W or approximately 6.3 *TR*, which serves as the basis for selecting a suitable cooling system to maintain temperature and humidity within operational standards. The analysis process was supported by software tools such as *Microsoft Excel*, *AutoCAD*, and *Revit*, which facilitated technical modeling and thermal simulation of the building. The results of this study are expected to serve as a technical reference in designing an efficient, safe, and regulation-compliant *HVAC* system for hospital operating rooms.

Keyword: *HVAC, Operating Room, Heat Load, Cooling Capacity, Ministry Of Health Standards, ASHRAE*

## PENDAHULUAN

Ruang operasi merupakan area yang memerlukan standar ruangan yang sangat ketat untuk mendukung keselamatan pasien dan keberhasilan prosedur medis. Salah satu aspek penting dalam ruang operasi adalah sistem tata udara, yang berperan dalam mengatur suhu, kelembapan, sirkulasi udara dan kualitas udara. Sistem tata udara yang baik tidak hanya memberi kenyamanan bagi tenaga medis, tetapi juga mengurangi risiko infeksi yang didapat dirumah sakit (infeksi nosokomial) dengan mengontrol kontaminan seperti partikel debu mikroorganisme dan gas berbahaya (Pramudhita, 2020).

Menurut peraturan menteri kesehatan Republik Indonesia, ruang operasi harus memenuhi standar tertentu, termasuk suhu ideal antara 20-24°C, kelembapan relatif 40-60%, serta tingkat pertukaran udara yang tinggi yaitu 20-25 kali per jam untuk memastikan udara tetap steril (Permenkes No. 40, 2022). Selain itu, sistem tata udara juga harus mempertahankan tekanan positif di ruang operasi untuk mencegah masuknya udara terkontaminasi dari area lain (Ashrae, 2022).

Sistem tata udara harus dirancang dengan cermat untuk memastikan efisiensi energi tanpa mengorbankan kualitas udara. Optimasi sistem tata udara di rumah sakit, khususnya diruang operasi, dapat mengurangi konsumsi energi secara signifikan (Alotaiby & Krenyácz, 2023). Hal ini dapat dicapai dengan penghitungan beban panyang akurat untuk

menentukan kapasitas pendingin yang tepat, serta penggunaan teknologi filtrasi udara yang canggih seperti filter High- Efficiency particulate Air (HEPA) dan sistem ultraviolet Germicidal irradiation (UVGI)

Perhitungan beban panas merupakan langkah penting dalam merancang sistem tata udara yang optimal. Beban panas terdiri dari beban eksternal seperti panas dari matahari, dinding, dan atap, serta beban internal seperti yang dihasilkan oleh peralatan medis, lampu, dan panas dari tubuh manusia. Dalam perhitungan beban panas ruang operasi rumah sakit x Jakarta, perhitungan ini perlu dilakukan secara detail untuk memastikan bahwa sistem tata udara dapat memenuhi kebutuhan ruang operasi, terutama selama kondisi beban puncak.

Selain itu sistem filtrasi udara juga menjadi komponen penting dalam menjaga kualitas udara di ruang operasi . Filter HEPA, misalnya, mampu menyaring partikel- partikel berbahaya dan mikroorganisme dengan efisiensi hingga 99,97% untuk partikel berukuran 0,3 mikron (Pereira, 2020). Dengan sistem filtrasi yang efektif, risiko infeksi nosokomial dapat diminimalisir, sehingga meningkatkan keselamatan pasien dan tenaga medis.

Pandemi COVID-19 juga telah mempengaruhi desain dari sistem tata udara di ruang operasi. pandemi ini telah mendorong peningkatan standar filtrasi udara dan penggunaan teknologi UVGI untuk memastikan keamanan dan kebersihan udara di runag operasi (Kolakowski, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa sistem tata udara dirumah sakit harus terus diperbaharui dan dioptimalkan untuk menghadapi tantangan kesehatan yang terus berkembang.

Oleh sebab itu perhitungan beban Panas Ruang Operasi Rumah Sakit X Di Jakarta , menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa sistem tata udara yang ada memenuhi standar kesehatan dan dapat memberikan lingkungan yang aman bagi pasien dan tenaga medis. Perhitungan beban panas mencakup beban internal dan beban eksternal, serta sistem filtrasi udara. Dengan melakukan perhitungan ini diharapkan dapat memastikan bahwa sistem AC dan ventilasi pada ruang operasi rumah sakit tersebut memenuhi peraturan kesehatan yang berlaku.

## METODE PENELITIAN

### Sumber dan Jenis Data

Sumber data berasal dari kegiatan magang di PT. Surya Marga Luhur, khususnya pada divisi estimasi yang menangani proyek-proyek instalasi AC dan tata udara di Rumah Sakit X Jakarta.

Jenis data yang digunakan meliputi:

1. Data teknis dari proyek (misal: gambar tender, parameter bangunan, dan parameter termal ruang operasi).
2. Data volume perangkat elektronik, elektrikal, dan kebutuhan sistem AC.
3. Informasi dan dokumen yang diberikan oleh konsultan proyek serta hasil pengamatan langsung selama magang.
4. Data hasil perhitungan beban panas dan beban pendingin.
5. Visualisasi dari denah dan diagram yang dibuat menggunakan perangkat lunak seperti Microsoft Excel, AutoCAD, dan Revit (Bhatia, 2025).

#### Aspek yang dianalisis

Laporan magang ini menganalisis aspek – aspek utama, antara lain:

1. Perhitungan beban panas dan pendingin untuk mendesain sistem HVAC ruang operasi rumah sakit sesuai standar Kementerian Kesehatan RI.
2. Kesesuaian desain sistem HVAC terhadap:
  - a Kebutuhan medis ruang operasi.
  - b Standar dan regulasi teknis (baik nasional maupun prinsip desain HVAC modern).
3. Efisiensi penggunaan perangkat lunak (Microsoft Excel, AutoCAD, Revit) untuk pengolahan dan visualisasi data teknis.
4. Tahapan perancangan yang dilakukan pada dua divisi: Divisi 1 (fokus volume elektronik/elektrikal) dan Divisi 2 (fokus desain sistem AC dan custom project termasuk pembuatan denah serta skema sistem AC).
5. Keluaran perancangan: Grafik, layout sistem, bill of quantity, dan surat penawaran sebagai dokumen proyek.

#### Metodologi Penelitian

Studi magang langsung di lingkungan kerja PT. Surya Marga Luhur (10 Februari–31 Juli 2025) dengan supervisi dari manajer masing-masing divisi. Langkah kerja pada penelitian ini terdiri dari:

1. Pengumpulan data teknis dari gambar tender dan konsultasi dengan pihak internal perusahaan.
2. Pengolahan data, termasuk pembacaan, pengurutan, hingga perhitungan volume dan beban panas serta pendingin.
3. Penyusunan bill of quantity, penawaran harga, dan dokumen lain sesuai kebutuhan proyek.
4. Perancangan sistem tata udara menggunakan software teknis untuk mendapatkan visualisasi grafik dan layout.
5. Analisis hasil untuk mengevaluasi kesesuaian dengan kebutuhan medis serta regulasi.

6. Evaluasi efisiensi perangkat lunak yang digunakan dalam menunjang proses perancangan.

Output pada penelitian ini lebih dari sekadar hasil desain, penelitian menghasilkan rekomendasi teknis untuk implementasi sistem HVAC ruang operasi rumah sakit yang optimal, aman, steril, dan sesuai regulasi (Sinar Sejahtera Inti, 2025).

#### Pengolahan Data

Pengolahan data mencakup pembacaan dan pengurutan data parameter termal, pemrosesan parameter bangunan, perhitungan nilai beban pendingin. Hasil dari proses ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik dan layout sistem untuk dianalisis kesesuaiannya terhadap kebutuhan medis dan standar regulasi. Selain itu, aspek penggunaan sumber daya perangkat lunak juga diperhatikan guna menilai efisiensi komputasi dari masing-masing alat bantu yang digunakan. Setelah melalui tahapan ini, hasil dari penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai acuan teknis untuk implementasi sistem HVAC ruang operasi rumah sakit yang aman, steril, dan sesuai regulasi.

#### Sistem HVAC di Ruang Operasi Rumah Sakit

Sistem *HVAC* (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) merupakan salah satu sistem vital dalam mendukung pelayanan kesehatan, khususnya pada ruang operasi yang memiliki persyaratan lingkungan yang sangat ketat [3]. Sistem ini tidak hanya bertugas menjaga kenyamanan termal, tetapi juga memiliki peran penting dalam pengendalian infeksi nosokomial. Dalam ruang operasi, *HVAC* mengatur suhu, kelembapan relatif, tekanan udara, dan filtrasi udara secara ketat untuk memastikan lingkungan yang bersih, aman, dan sesuai dengan standar medis.

Berdasarkan *ASHRAE Standard 170-2021* dan pedoman teknis dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, suhu ruang operasi harus dijaga pada rentang 20°C hingga 24°C, dan untuk beberapa prosedur khusus seperti bedah ortopedi atau transplantasi organ, suhu dapat diturunkan hingga 18°C. Kelembapan relatif (RH) diatur pada kisaran 40% hingga 60% untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan menjaga kenyamanan pengguna ruang.

Selain itu, tekanan udara dalam ruang operasi harus dijaga tetap positif terhadap ruangan di sekitarnya, dengan nilai minimal +2.5 Pa dan rekomendasi umum antara 5 hingga 10 Pa. Hal ini penting untuk memastikan bahwa udara dari ruang yang lebih bersih tidak tercemar oleh udara dari ruang sekitarnya. Jumlah pergantian udara per jam (*ACH*) juga menjadi indikator penting dalam desain *HVAC* ruang operasi. Standar minimalnya adalah 20 *ACH*, namun disarankan lebih dari 25 *ACH* untuk operasi umum dan lebih dari 30 *ACH* untuk operasi khusus. Standar kebersihan udara mengikuti klasifikasi ISO 14644, di

mana ruang operasi harus memenuhi standar minimal ISO 7 (maksimal 10.000 partikel  $\geq 0.5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ ), dengan peningkatan hingga ISO 6 atau bahkan ISO 5 pada operasi yang sangat sensitive (ISO, 2015)

Ruang operasi juga wajib menerapkan sistem aliran udara laminar satu arah (*unidirectional laminar flow*) dari filter *HEPA* yang ditempatkan di langit-langit langsung ke area meja operasi. Sistem ini mencegah turbulensi udara yang dapat membawa kontaminan ke luka terbuka pasien [2]. Penerapan sistem *HVAC* yang efektif terbukti mampu mengurangi risiko infeksi luka operasi atau *Surgical Site Infection (SSI)*, menjaga hasil sterilisasi, serta memastikan lingkungan tetap dalam parameter yang diizinkan sepanjang prosedur berlangsung.

#### *Air Changes per Hour (ACH)*

*Air Changes per Hour (ACH)* adalah ukuran seberapa sering seluruh volume udara dalam suatu ruangan digantikan dengan udara baru dalam waktu satu jam. Konsep ini penting dalam desain *HVAC* karena berkaitan langsung dengan kemampuan sistem ventilasi untuk membuang kontaminan dari dalam ruangan dan menggantinya dengan udara bersih. Dalam konteks ruang operasi, minimal 4 *ACH* diperlukan untuk menjaga kualitas udara agar tetap steril dan bebas dari mikroorganisme [3]. *ACH* yang lebih tinggi menghasilkan pencairan kontaminan lebih cepat dan efektif.

#### Standar ISO untuk Kebersihan Udara

Standar ISO 14644 menetapkan klasifikasi kebersihan udara berdasarkan jumlah maksimum partikel per meter kubik pada ukuran tertentu. Untuk ruang operasi, standar minimal adalah ISO 7, yang berarti tidak boleh lebih dari 10.000 partikel berukuran  $0.5 \mu\text{m}$  per meter kubik udara. Untuk prosedur yang lebih kritis seperti operasi transplantasi atau ortopedi kompleks, digunakan standar ISO 6 hingga ISO 5 [10]. Pemenuhan standar ini memerlukan sistem filtrasi udara bertekanan tinggi dan pengaturan ventilasi yang sangat terkontrol.

#### Unidirectional Laminar Flow

*Unidirectional laminar flow* adalah sistem aliran udara yang bergerak dalam satu arah tanpa turbulensi, biasanya dari atas ke bawah. Sistem ini menghasilkan aliran udara yang konstan dan bersih langsung ke area steril, seperti meja operasi (Scaccia, et al, 2021) . Dengan desain ini, kontaminan dari udara di sekitar ruangan tidak akan menyentuh luka operasi atau peralatan steril karena langsung tersapu ke bawah dan keluar dari ruang melalui saluran exhaust. Teknologi ini krusial dalam mencegah infeksi silang.

#### Surgical Site Infection (SSI)

*Surgical Site Infection (SSI)* adalah infeksi yang terjadi di lokasi operasi setelah

prosedur bedah dilakukan (Budi & Listijono, 2024) . SSI dapat menimbulkan komplikasi serius, memperpanjang masa rawat inap, dan meningkatkan biaya perawatan. Salah satu penyebab utama *SSI* adalah kualitas udara yang buruk di ruang operasi. Oleh karena itu, sistem *HVAC* harus dirancang untuk menekan risiko ini melalui kontrol suhu, kelembapan, tekanan udara, filtrasi, dan ventilasi yang sesuai standar.

#### Perhitungan Beban Panas

Perhitungan beban panas merupakan komponen krusial dalam desain sistem *HVAC*. Tujuannya adalah untuk menentukan kapasitas pendinginan yang diperlukan agar ruangan tetap dalam kondisi suhu dan kelembapan yang sesuai dengan standar operasional. Untuk menghitung beban panas diperlukan parameter dasar seperti dimensi ruangan, temperatur luar, suhu target ruangan, kelembapan relative target, material dinding dan jendela. Untuk kondisi suhu luar ruangan di Jakarta dapat dilihat pada gambar:

Lokasi			Cooling DB/MCWB (°C)					
			0.4%		1%		2%	
Kabupaten/ Kota	Koordinat	Stasiun Cuaca	DB	MC WB	DB	MC WB	DB	MC WB
Jakarta Pusat	6.183S, 106.833E	Jakarta Observatory	34,2	25,7	33,7	25,7	33,3	25,7

Gambar 3.2 Kondisi udara luar ruangan di Jakarta Pusat (BSN, 2020)

Beban panas ini terdiri dari:

#### Beban eksternal

Beban eksternal yaitu yang berasal dari radiasi matahari dan perpindahan panas melalui atap, dinding dan lantai. Beban panas radiasi matahari adalah panas radiasi matahari yang melewati kaca, karena ruang operasi merupakan ruang steril dan tidak terdapat jendela maka perhitungan ini tidak dilakukan.

Beban konduksi melalui atap, dinding dan lantai adalah beban panas yang diinduksi dalam sistem melalui konduktivitas termal dinding, atap dan lantai yang juga dikenal sebagai perpindahan panas keadaan tetap yang disebabkan oleh perbedaan suhu dalam/ luar ruangan.

Dinding ruang operasi rumah sakit umumnya terbuat dari batu bata, lantai dan atap terbuat dari beton. Koefisien konduktivitas termal bahan yang digunakan pada ruang operasi di tunjukan pada tabel-

Tabel 1 Koefisien konduktivitas termal bahan bangunan (ASHRAE, 2021)

Bahan	Konduktivitas termal (W/m <sup>2</sup> °C)
Batu bata dengan lapisan plester	0,807
Beton	0,303

Beban panas melalui dinding dihitung menggunakan persamaan dibawah ini.

$$Q = k \times Aw \times \Delta T \text{ (Watt)} \quad (3.1)$$

Dimana :

k : koefisien konduktivitas termal (W/m<sup>2</sup> °C)

Aw : luas permukaan (m<sup>2</sup>)

ΔT : perbedaan suhu luar dan suhu dalam (°C)

Beban internal

Yaitu beban yang dihasilkan oleh peralatan medis, pencahayaan, dan metabolisme tubuh manusia (dokter, perawat, dan pasien). Panas yang dihasilkan dari tenaga medis

Tabel 2 Panas yan dihasilkan manusia [14]

<i>Degree of activity</i>	<i>Heat rate : BTU/h</i>		
	<i>Sensible</i>	<i>Laten</i>	<i>Total</i>
<i>anding, light work; walking</i>	275	200	475
<i>'alking; standing</i>	250	200	250
<i>ght bench work</i>	275	475	750

Untuk menghitung total panas yang dihasilkan dari tenaga medis menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Qp = \text{Heat rate} \times Qty \text{ Person (Btu)}$$

Dimana :

*Heat rate* : panas manusia

*Qty person* : Total manusia

Panas yang dihasilkan dari pencahayaan menggunakan persamaan:

$$Qp = W \times BF \times [13]$$

Dimana;

W : Daya lampu

BF : *Ballast Factor* (Diasumsikan 1)

CLF : *Cooling Load Factor* (Diasumsikan 1)

### Beban Ventilasi

Beban ventilasi yaitu panas dan kelembapan yang terbawa oleh udara luar yang masuk ke dalam ruangan. Untuk menghitung beban panas ventilasi udara dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Qv = m \times \Delta h$$

Dimana :

$m$  : laju aliran massa udara

$\Delta h$  : perbedaan enthalpy

$$m = V' \times \rho$$

dimana;

$V'$  : laju aliran volume udara

$\rho$  : Densitas udara : 1.2 kg/m<sup>3</sup> (Ahmed, 2010)

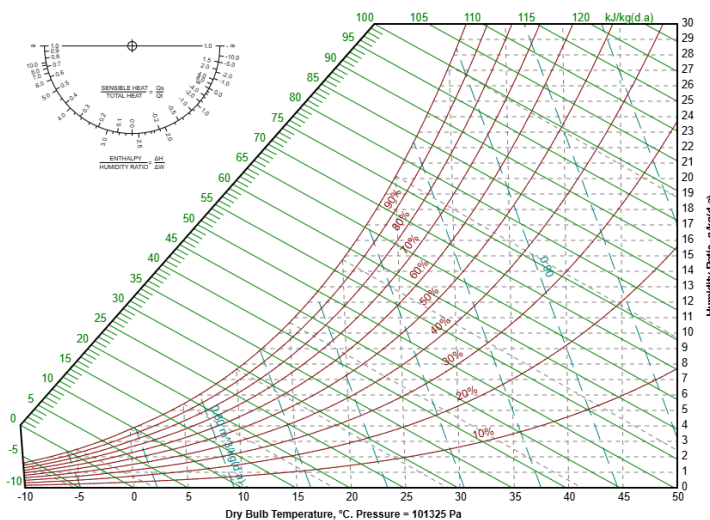
$$V' = CMH / 3600 \quad (3)$$

$$CMH = ACH \times \text{volume ruangan} \quad (3)$$

Perhitungan ini dapat dilakukan secara manual atau menggunakan perangkat lunak seperti Revit dan EnergyPlus, yang memungkinkan simulasi termal bangunan dan analisis beban puncak tahunan secara akurat. Pemodelan menggunakan Revit dapat meningkatkan ketelitian dalam perencanaan HVAC pada bangunan rumah sakit, terutama dalam mempertimbangkan orientasi bangunan dan luas bukaan kaca.

### Psikrometrik Chart

Psikrometrik chart adalah alat bantu grafis yang digunakan untuk menganalisis kondisi termodinamika udara. Grafik ini mencakup parameter seperti suhu kering, suhu basah, kelembapan relatif, entalpi, dan titik embun (G. Liu et al, 2017) . Dalam perencanaan HVAC, psikrometrik chart membantu insinyur untuk menentukan titik kerja sistem pendingin dan kebutuhan pengkondisian udara secara presisi.



Gambar 3.2 Psikrometrik Chart (FlyCarpet, 2025)

## Software Desain

Untuk menunjang proses perencanaan sistem HVAC yang kompleks, digunakan berbagai software desain, antara lain (Rijomac, 2025):

### AutoCAD

*AutoCAD* adalah perangkat lunak *Computer-Aided Design (CAD)* yang digunakan untuk menggambar desain teknik secara dua dimensi maupun tiga dimensi. Dalam desain HVAC, AutoCAD berguna untuk menggambarkan tata letak sistem seperti saluran udara (ducting), pipa refrigeran, jalur instalasi listrik HVAC, serta posisi peralatan utama seperti AHU (Air Handling Unit), kipas, dan chiller (Ahyadi, 2024). Gambar-gambar teknis dari AutoCAD dapat dijadikan referensi dalam proses instalasi sistem HVAC di lapangan. AutoCAD juga kompatibel dengan berbagai software lain seperti Revit, sehingga gambar 2D dapat dikonversi ke model BIM secara lebih efisien.

### HEPA Filter

*High Efficiency Particulate Air (HEPA)* filter adalah komponen penting dalam sistem HVAC rumah sakit. Filter ini memiliki efisiensi minimum 99.97% untuk partikel berukuran  $\geq 0.3$  mikron, sehingga sangat efektif dalam menyaring bakteri dan virus yang ada di udara [16]. Dalam ruang operasi, HEPA filter biasanya dipasang pada supply duct dan ceiling diffuser untuk memastikan bahwa udara yang masuk benar-benar bersih.

### Standar Nasional Kesehatan (Permenkes)

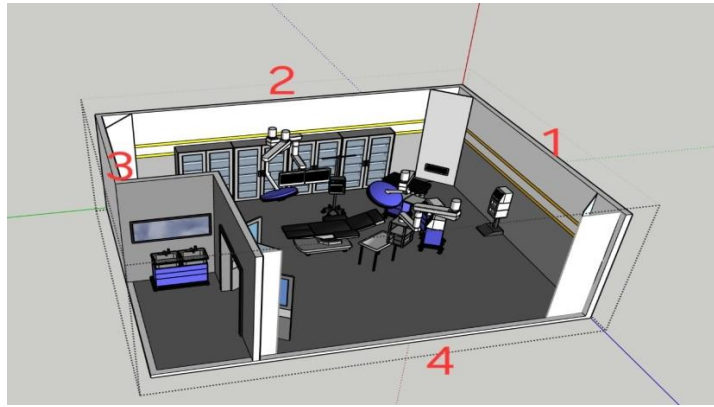
Permenkes No. 40 Tahun 2020 merupakan regulasi resmi dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia yang mengatur persyaratan teknis bangunan dan prasarana rumah sakit. Dalam konteks ruang operasi, Permenkes ini menetapkan bahwa ruang operasi harus menggunakan sistem tekanan udara positif, dilengkapi dengan filter *HEPA*, serta memiliki sistem kontrol otomatis untuk suhu dan kelembapan. Ventilasi minimal yang diwajibkan adalah 12 *ACH*. dan dalam perhitungan ini ventilasi yang dihitung adalah 20 *ACH* Regulasi ini disusun dengan mempertimbangkan praktik internasional dan kondisi iklim tropis Indonesia.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Kondisi Ruangan

### Jenis Keterangan Ruangan

Ruangan yang akan dirancang adalah ruang operasi rumah sakit x Jakarta . bangunan rumah sakit berada di Jakarta pusat. Memiliki ukuran  $12 \times 8 \times 3 = 288 \text{ m}^3$ . Ruang operasi berada di lantai 2 rumah sakit dan rumah sakit memiliki 4 lantai.



Gambar 1. Ruang operasi rumah sakit x Jakarta

Dari gambar 4.1 dapat dilihat dinding 1 bersebelahan langsung dengan luar ruangan sedangkan dinding 2,3, dan 4 bersebelahan dengan ruangan lain yang memiliki suhu 22 - 24 °C.

Temperature Udara Luar dan Temperature Udara Dalam

Berdasarkan data pada tabel 3.2 suhu udara luar dari kota Jakarta pusat yaitu 33,7 °C dan untuk suhu udara dalam ruangan atau suhu udara yang dicapai adalah 20 °C.

Perhitungan Beban Pendingin Eksternal

Beban melalui Dinding

Perhitungan beban panas dinding 1

$$\begin{aligned}
 Q &= k \times A_w \times \Delta T \text{ (Watt)} \\
 Q &= 0,807 \times (8 \times 3) \times (33,7 - 20) \\
 Q &= 0,807 \times 24 \times 13,7 \\
 Q &= 265,34 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban panas dinding 2

$$\begin{aligned}
 Q &= k \times A_w \times \Delta T \text{ (Watt)} \\
 Q &= 0,807 \times (12 \times 3) \times (24 - 20) \\
 Q &= 0,807 \times 36 \times 4 \\
 Q &= 116,21 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban panas dinding 3

$$\begin{aligned}
 Q &= k \times A_w \times \Delta T \text{ (Watt)} \\
 Q &= 0,807 \times (8 \times 3) \times (24 - 20) \\
 Q &= 0,807 \times 24 \times 4 \\
 Q &= 77,47 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban panas dinding 4

$$\begin{aligned}
 Q &= k \times A_w \times \Delta T \text{ (Watt)} \\
 Q &= 0,807 \times (12 \times 3) \times (24 - 20) \\
 Q &= 0,807 \times 36 \times 4 \\
 Q &= 116,21 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Total beban panas melalui dinding adalah

$$\begin{aligned}
 Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \\
 Q &= 265,34 + 116,21 + 77,47 + 116,21 \\
 Q &= 575,23 \text{ W}
 \end{aligned}$$

### Beban melalui Atap

Untuk menghitung beban melalui atap digunakan persamaan yang sama dengan menghitung beban melalui dinding karena lokasi ruangan berada di lantai 2 dan rumah sakit terdiri dari 4 lantai.

$$\begin{aligned}Q_a &= k \times A_w \times \Delta T \text{ (Watt)} \\Q_a &= 1,448 \times (12 \times 8) \times (24 - 20) \\Q_a &= 1,448 \times 96 \times 4 \\Q_a &= 556,03 \text{ W}\end{aligned}$$

### Beban Melalui Lantai

$$\begin{aligned}Q &= k \times A_w \times \Delta T \text{ (Watt)} \\Q &= 1,448 \times (12 \times 8) \times (24 - 20) \\Q &= 1,448 \times 96 \times 4 \\Q &= 556,03 \text{ W}\end{aligned}$$

### Perhitungan Beban Internal

#### Beban Orang

Untuk menghitung beban orang diasumsikan jumlah orang dalam ruangan 7 orang dan heat rate diambil dari nilai paling tinggi dari tabel 2 yaitu 750 Btu maka dapat dimasukkan dalam persamaan dibawah.

$$\begin{aligned}Q_p &= \text{Heat rate} \times \text{Qty Person (Btu)} \\Q_p &= 750 \text{ Btu} \times 7 \\Q_p &= 5250 \text{ Btu} \\Q_p &= 1539,59 \text{ W}\end{aligned}$$

#### Beban *Lighting*

<i>General Light</i>	
Parameter	Nilai
Panjang ruangan	12 m
Lebar Ruangan	8 m
Tinggi Ruangan	3 m
Luas area	$12 \times 8 = 96 \text{ m}^2$
Pencahayaan min.	1000 lux (BSN, 2020)
Jenis Lampu	LED
CRI LED	90 (standar ruang operasi) (BSN, 2020)
Efisiensi LED	Diasumsikan 120 lumen / watt

Hitung lumen yang diperlukan

$$\begin{aligned}\text{Total lumen} &= \text{Lux target} \times \text{Luas ruangan} \\ \text{Total lumen} &= 1000 \text{ lux} \times 96 \text{ m}^2 \\ \text{Total lumen} &= 96000 \text{ lumen}\end{aligned}$$

Dari perhitungan total lumen dapat menghitung kebutuhan lampu, misalkan pakai LED panel 60 × 60 cm 40 W, output 4800 lumen, efisiensi 120 lumen/W maka:

$$\text{Jumlah lampu} = 96000 / 4800 = 20 \text{ unit LED panel 40 W}$$

Maka :

$$Qp = W \times BF \times CLF$$

$$Qp = (20 \times 40) \times 1 \times 1$$

$$Qp = 800 W$$

### *Surgical Light*

Diasumsikan lampu yang dipakai dalam perhitungan ini adalah serenity ST LED 70s dengan daya 180 W. dalam ruang operasi terdapat 2 surgical light maka  $180 \times 2 = 360 W$  maka:

$$Qp = W \times BF \times CLF$$

$$Qp = (180 \times 2) \times 1 \times 1$$

$$Qp = 360 W$$

### Beban Peralatan

Tabel peralatan

Peralatan	Jumlah	Daya (W)
Monitor pasien	2	150
Mesin anestesi	1	200
Infusion pump	1	50
Electrosurgical unit	1	400
Suction unit	1	60
Mobile Workstation	1	200
C- arm (x-ray system)	1	600

Perhitungan monitor pasien

$$Q = W \times BF \times CLF$$

$$Q = 150 \times 2 \times 1$$

$$Q = 300 W$$

Perhitungan mesin anestesi

$$Q = W \times BF \times CLF$$

$$Q = 200 \times 1$$

$$Q = 200 W$$

Perhitungan infusion pump

$$Q = W \times BF \times CLF$$

$$Q = 50 \times 1$$

$$Q = 50 W$$

Perhitungan electrosurgical unit

$$Q = W \times BF \times CLF$$

$$Q = 400 \times 1$$

$$Q = 400 W$$

Perhitungan suction unit

$$Qp = W \times BF \times CLF$$

$$Qp = 60 \times 1$$

$$Qp = 60 W$$

Perhitungan mobile Workstation

$$Qp = W \times BF \times CLF$$

$$Q_p = 200 \times 1$$

$$Q_p = 200 \text{ W}$$

Perhitungan C- arm (xray system)

$$Q_p = W \times BF \times CLF$$

$$Q_p = 600 \times 1$$

$$Q_p = 600 \text{ W}$$

Total Beban Panas peralatan = 1.810 W

Beban Ventilasi

Untuk menghitung beban ventilasi gunakan persamaan

$$Q_v = m \times \Delta h$$

Dimensi ruang operasi adalah  $12 \times 8 \times 3 = 288 \text{ m}^3$

Pertukaran udara dalam dengan udara luar ruang operasi adalah 4 ACH

$$CMH = \text{volume} \times ACH$$

$$CMH = 288 \times 4$$

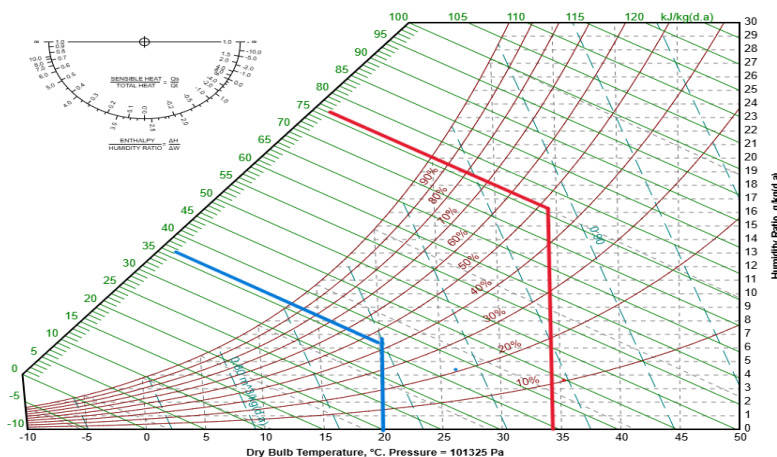
$$CMH = 1152 \text{ m}^3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \Rightarrow V' = 1152 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,32 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$m = V' \times \rho$$

$$\text{dengan densitas udara} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 0,32 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 0,384 \text{ kg/s}$$



$$Q_v = m \times \Delta h$$

$$Q_v = 0,384 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times \left( 76,7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 36,7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$Q_v = 0,384 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 40 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_v = 15,36 \text{ kW}$$

Jadi untuk beban panas yang diperoleh dari ventilasi adalah 15,36 kW

BEBAN TOTAL = BEBAN INTERNAL + BEBAN EKTERNAL + BEBAN VENTILASI

$$\text{BEBAN TOTAL} = 2262,52 \text{ W} + 4509,59 \text{ W} + 15,36 \text{ kW}$$

$$\text{BEBAN TOTAL} = 22.132,11 \text{ W} \text{ atau } 22,13 \text{ Kw}$$

## SIMPULAN

1. Perhitungan total daya panas ruang operasi yang mencakup beban eksternal (melalui dinding, atap, dan lantai), beban internal (aktivitas manusia, pencahayaan, dan peralatan medis), serta beban ventilasi menghasilkan nilai total sebesar 22.132,11 W atau sekitar 6,3 TR (Ton Refrigerasi). Nilai ini menjadi dasar dalam menentukan kapasitas pendingin yang diperlukan untuk menjaga suhu ruang operasi dalam kisaran standar 20–24°C.
2. Berdasarkan hasil perhitungan beban daya panas dari ruang operasi rumah sakit X Jakarta maka unit AHU yang memenuhi kebutuhan adalah Daikin UAHMS200BZY1EC5 dengan kapasitas pendingin 24,41 kw.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Pramudhita And R. Hermawan, "Perancangan Sistem Tata Udara Pada Ruang Nicu Di Lantai 3 Rumah Sakit 'X,'" *Jurnal Teknologi Terapan*) /, Vol. 6, No. 2, 2020.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2022 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan, Prasarana, Dan Peralatan Kesehatan Rumah Sakit*. Jakarta, 2022. [Online]. Available: [Www.Peraturan.Go.Id](http://www.peraturan.go.id)
- Ashrae, *Ansi/Ashrae/Ashe Addendum H To Ansi/Ashrae/Ashe Standard 170-2021: Ventilation Of Health Care Facilities*. 2022. [Online]. Available: [Www.Ashrae.Org/Continuous-Maintenance](http://www.ashrae.org/Continuous-Maintenance)
- R. Alotaiby And É. Krenyácz, "Energy Efficiency In Healthcare Institutions," *Society And Economy*, Vol. 45, No. 4, Pp. 494–511, Nov. 2023, Doi: 10.1556/204.2023.00013.
- M. L. Pereira, R. Vilain, P. R. Kawase, A. Tribess, And L. Morawska, "Impact Of Filtration Conditions On Air Quality In An Operating Room," *Int J Environ Res*, Vol. 14, No. 6, Pp. 685–692, Dec. 2020, Doi: 10.1007/S41742-020-00286-X.
- M. M. Shepley, H. Kolakowski, N. Ziebarth, And E. Valenzuela-Mendoza, "How Covid-19 Will Change Health, Hospitality And Senior Facility Design," Sep. 29, 2021, *Frontiers Media S.A*. Doi: 10.3389/Fbuil.2021.740903.
- A. Bhatia, "Cooling Load Calculations And Principles Course No: M06-004 Credit: 6 Pdh." [Online]. Available: [Www.Cedengineering.Com](http://www.cedengineering.com)
- Sinar Sejahtera Inti, "Design Tata Udara / Sistem Hvac Ruang Ok." Accessed: Jun. 13, 2025. [Online]. Available: [Https://Www.Sinarsejahterainti.Co.Id/Artikel/Design-Tata-Udara-Sistem-Hvac-Ruang-Ok](https://www.sinarsejahterainti.co.id/artikel/design-tata-udara-sistem-hvac-ruang-ok)
- Rijomac, "Pedoman Teknis Hvac Ruang Operasi Minor Pada Rumah Sakit." Accessed: Jun. 14, 2025. [Online]. Available: [Http://Www.Rijomac.Com/](http://www.rijomac.com/)

- International Organization For Standardization, *Iso 14644-1:2015 - Cleanrooms And Associated Controlled Environments – Part 1: 14 Classification Of Air Cleanliness By Particle Concentration*,. <https://www.iso.org/standard/53394.html> , 2015.
- Scaccia And Anthony, "Infection Control Guide On Hvac For Health Care Facilities Managers," 2021.
- I. J. Budi And H. Listijono, "Standard Dan Tata Cara Yang Baik (Good Practice) Sistem Tata Udara Di Rumah Sakit."
- Bsn, *Standar Nasional Indonesia Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung*. 2020. [Online]. Available: [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Ashrae, *Ashrae Handbook Fundamentals*. Ashrae, 2021.
- S. Ahmed, "Wind Energy As A Potential Generation Source At Ras Benas, Egypt," *Renewable And Sustainable Energy Reviews* 14(8):2167-2173, 2010.
- G. Liu *Et Al*, "A Review Of Air Filtration Technologies For Sustainable And Healthy Building Ventilation," Jul. 01, 2017, *Elsevier Ltd*. Doi: 10.1016/j.scs.2017.04.011.
- Flycarpet Inc, "Interactive Psychrometric Chart.," [Flycarpet.Net](http://flycarpet.net). Accessed: May 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.flycarpet.net/en/psyonline>
- H. Ahyadi And T. Aghna, "Perancangan Sistem Tata Udara Ruang Isolasi Rumah Sakit X Yogyakarta," 2024.
- Bsn, "Standar Nasional Indonesia Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan," 2020, [Online]. Available: [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)