

# PERENCANAAN SISTEM TATA UDARA RUANG OPERASI DI RUMAH SAKIT IBU DAN ANAK PURI BUNDA TABANAN BALI

I Gusti Ngurah Kade Suwiherawan<sup>1</sup>, I Gede Dyana Arjana<sup>2</sup>, Cok Gede Indra Partha<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta 80361, Bali

Email : [suwiherawan@gmail.com](mailto:suwiherawan@gmail.com)<sup>1</sup> [dyanajarjana@ee.unud.ac.id](mailto:dyanajarjana@ee.unud.ac.id)<sup>2</sup> [cokindra@unud.ac.id](mailto:cokindra@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

Rumah Sakit Ibu dan Anak Puri Bunda Denpasar membuka cabang baru di Tabanan . Ruang operasi menjadi salah satu fokus yang diperhatikan dalam mewujudkan pelayanan yang berorientasi pada keselamatan pasien. Pemerintah dengan PMK No 24 tahun 2016 dan Pedoman Teknis Prasarana Rumah Sakit Sistem Instalasi tata Udara tahun 2012 mewajibkan ruang operasi memenuhi persyaratan seperti: temperatur ruangan berkisar antara 20°C - 24°C, kelembaban udara 40% - 60%, dilengkapi dengan HEPA filter dengan efisiensi 99,97%, bertekanan positif yaitu 15 pascal terhadap ruangan sekitarnya, dan dilengkapi dengan sistem pertukaran udara bersih. Hasil penelitian dan perhitungan dalam merencanakan sistem tata udara ruang operasi di Rumah Sakit Ibu dan Anak Puri Bunda Tabanan yang sesuai dengan standar diperoleh kapasitas AC *split duct* sebesar 60.000 btu/h, *heater* sebesar 7KW, *Booster fan* sebesar 1900 CFM, HEPA filter 120cm x 80cm sebanyak 2 unit untuk masing- masing ruangan, *ducting inlet outlet* 42cm x 42cm, *ducting* RAG dan FAG 20cm x 25cm, *exhaust fan* 380 CFM.

**Kata kunci:** Sistem tata udara ruang operasi, Perhitungan Beban Pendinginan, Pedoman Teknis Prasarana Rumah Sakit Sistem Instalasi Tata Udara.

## Abstract

*The Puri Bunda Mother and Child Hospital in Denpasar opened a new branch in Tabanan. The operating room is one of the focuses in realizing patient safety-oriented services. The government with PMK No. 24 of 2016 and Technical Guidelines for Hospital Infrastructure for Air System Installation Systems in 2012 requires operating rooms to meet requirements such as: room temperature ranges from 20°C - 24°C, humidity 40% - 60%, equipped with HEPA filter with 99.97% efficiency, positive pressure of 15 pascal to the surrounding space, and equipped with a clean air exchange system. the result research and calculations in planning the operating room air conditioning system at the Puri Bunda Tabanan Mother and Child Hospital according to the standards obtained a split duct capacity of 60,000 btu / h, a heater of 7KW, a Booster fan of 1900 CFM, a HEPA filter of 120cm x 80cm. 2 units for each room, 42cm x 42cm ducting inlet outlet, 20cm x 25cm RAG and FAG ducting, 380 CFM exhaust fan.*

**Keywords:** *Operating room air conditioning system, Cooling Load Calculation, Hospital Infrastructure Technical Guidelines for Air Conditioning Installation Systems.*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki dua musim yaitu musim kemarau yang memiliki suhu lebih tinggi dengan kelembaban udara relatif rendah dan musim hujan yang memiliki suhu lebih rendah dengan kelembaban tinggi. Suhu udara yang dianggap nyaman untuk orang Indonesia adalah 24°C - 26°C, untuk perkantoran berkisar antara 20°C -

26°C, sedangkan untuk suhu yang diwajibkan untuk ruang operasi adalah 20°C - 24°C dengan ketentuan kelembaban udara sebesar 40% - 60%, sesuai dengan PMK no 24 tahun 2016 dan Pedoman Teknis Prasarana Rumah Sakit Sistem Instalasi tata Udara tahun 2012. Untuk memenuhi persyaratan tersebut maka diperlukan sistem tata udara yang berbeda dari sistem

tata udara perkantoran ataupun industry. Ruang operasi pada rumah sakit *existing* masih belum sempurna terutama dalam mencapai kelembaban standar dan ruangan tidak bertekanan positif, untuk menjaga kelembaban ditambahkan *dehumidifier portable* di dalam ruangan, dimana alat tersebut akan mengganggu penampilan dan *lay out* ruangan.

Berdasarkan pengamatan pada ruang operasi di rumah sakit *existing* maka dalam merencanakan sistem tata udara pada rumah sakit baru muncul permasalahan dalam merencanakan sistem tata udara ruangan operasi agar bertekanan positif dengan temperatur 20°C - 24°C, kelembaban udara pada nilai 40% sampai 60% dan jumlah partikel berukuran 0,3 mikron  $\leq 10.000$  partikel/feet<sup>2</sup> atau 107.643 partikel/m<sup>2</sup>.

Tujuan dari perencanaan sistem tata udara ruang operasi di Rumah Sakit Ibu dan Anak Puri Bunda Tabanan adalah untuk membuat ruang operasi bertekanan positif, suhu ruangan terjaga antara 20°C - 24°C, kelembaban udara 40% sampai 60% dan jumlah partikel dengan ukuran 0.3 mikron partikel/feet<sup>2</sup>

Batasan masalah dalam perencanaan ini meliputi:

1. Sistem Tata Udara Untuk Ruang Operasi sesuai dengan persyaratan yang disebutkan dalam Permenkes No 24 Tahun 2016.
2. Perencanaan tata udara ruang operasi bedah minor.
3. Perencanaan sistem tata udara yang akan dibuat untuk ruang operasi Rumah Sakit Ibu dan Anak Puri Bunda Tabanan Bali.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Mutakhir

Sistem tata udara ruang operasi merupakan salah satu faktor yang penting dalam perencanaan pembuatan sebuah ruang operasi karena disamping mempertimbangkan faktor kenyamanan seperti ruangan- ruangan yang lainnya tetapi juga menitik beratkan pada faktor keamanan terutama bagi pasien agar terhindar dari infeksi luka operasi. Pemerintah mengeluarkan peraturan dan pedoman mengenai persyaratan ruang operasi lengkap dengan sistem tata udara agar ruang operasi yang dimiliki oleh rumah

sakit mengacu pada standar dan ketentuan yang ditetapkan oleh pemerintah.

## 2.2 Tinjauan Pustaka

### 2.2.1 Persyaratan tata udara ruang operasi

Persyaratan tata udara untuk ruang operasi sudah diatur dalam Permenkes No 24 Tahun 2016 tentang Persyaratan Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit.

Persyaratan tersebut terdiri dari beberapa poin penting antara lain adalah:

1. Suhu harus dijaga pada kisaran 20°C sampai 24°C setiap hari selama 24 jam
2. Kelembaban udara berkisar dari 40% sampai 60%
3. Kebersihan udara dengan cara filtrasi/ penyaringan terhadap partikel ukuran  $\geq 0,3$  mikron dengan HEPA filter.
4. Tekanan udara positif terhadap ruangan yang berada disekitarnya dan dilengkapi dengan *fresh air* minimum 20% untuk sistem resirkulasi.
5. Udara yang dihasilkan oleh sistem pendingin didistribusikan keseluruh bagian ruangan untuk mendapatkan kondisi yang sama pada setiap bagian ruangan

### 2.2.2 Air Conditioning (AC)

*Air conditioning* (AC) merupakan alat yang digunakan untuk mengatur suhu ruangan sesuai dengan kebutuhan. Berdasarkan proses pendinginan udara AC dibedakan menjadi dua yaitu Sistem pendinginan langsung terdiri dari: AC window, AC *Split*, AC *central*, dan sistem pendinginan tidak langsung biasanya digunakan untuk AC *central* dengan kapasitas besar. Kapasitas AC ditentukan oleh volume dan kondisi ruangan yang akan didinginkan.

### 2.2.3 Menentukan beban pendinginan ruangan.

Beban pendinginan ruangan digunakan untuk menentukan besarnya pendingin (AC) yang akan digunakan. Beban pendinginan terdiri dari:

#### 2.2.3.1 Beban pendinginan dari luar (eksternal)

Beban kalor dari luar ruangan meliputi:

1. Beban kalor melalui dinding luar, atap dan kaca.

Beban kalor melalui dinding luar, atap dan kaca dipengaruhi oleh luas permukaan dan

koefisien perpindahan panas (U) nilai U dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$U = \frac{1}{Rt} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

U = koefisien perpindahan panas dinding, atap, kaca (btu/hft<sup>2</sup>)

R = Tahanan total dinding, atap, kaca perpindahan panas dinding, atap, kaca (hr.ft<sup>2</sup>F/Btu)

Rt = R1 + Rsi + Rso

R1 = tahanan kalor dan kapasitas kalor dari bahan bangunan

Rsi = tahanan perpindahan kalor dari lapisan permukaan dalam dinding.

Rso = tahanan perpindahan kalor dari lapisan permukaan luar dinding.

Besar beban pendinginan melalui dinding, atap dan kaca dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q = U \times A \times CLTD_{corr} \dots\dots\dots (2)$$

$$CLTD_{corr} = CLTD + LM + (78 - T_r) + (T_a - 85) \dots (3)$$

Dimana:

Q = *Cooling load* (Btu/h).

U = koefisien perpindahan panas dinding (Btu/h.ft<sup>2</sup>.F)

A = luas permukaan dinding, luas permukaan kaca (ft<sup>2</sup>)

CLTD corr = *Cooling Load Temperature Difference Correction*

CLTD corr = CLTD table + (78 - indoor) + (outdoor - 85) (F),

2. Beban kalor melalui partisi, langit-langit, dan lantai.

Besarnya beban kalor yang melalui partisi atau langit- langit atau lantai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = U \times A \times TD \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

U = koefisien perpindahan panas pada partisi atau langit-langit atau lantai (Btu/h.ft<sup>2</sup>.F)

A = luas partisi atau langit-langit atau lantai (ft<sup>2</sup>).

TD = *temperature difference* (°F).

3. Beban Ventilasi

➤ Beban sensibel ventilasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_s = CFM \times 1.1 \times TC \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

Q<sub>s</sub> = Beban *sensible ventilasi*

CFM = *Cubic Feet Minute* / Volume udara suplai (ft<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>)

TC = Selisih temperature dalam dan luar ruangan.

➤ Beban *latent* ventilasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q_l = CFM \times 0,68 \times (w_i - w_o) \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

Q<sub>l</sub> = Beban *laten ventilasi*

CFM = *Cubic Feet Minute* / Volume udara suplai (ft<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>)

W<sub>i</sub> = *Humidity ratio* ruangan tertinggi

W<sub>o</sub> = *Humidity ratio* luar ruangan terendah

2.2.3.2 Beban kalor Dari dalam ruangan (*Internal*)

Beban kalor dari dalam ruangan terdiri dari:

1. Penghuni ruangan.

Beban kalor penghuni ruangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q_s = n \times Q_s \times CLF \dots\dots\dots (7)$$

$$Q_l = n \times Q_l \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

Q<sub>s</sub> = Beban panas *sensibel* orang (Btu/hr)

Q<sub>l</sub> = Beban panas laten orang (Btu/hr)

CLF = *Cooling load factor* untuk orang

n = jumlah orang

2. Beban panas yang dihasilkan oleh lampu penerangan.

Beban kalor dari lampu penerangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q = 3,4 \times W \times BF \times CLF \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

Q = *Cooling load from lighting* (Btu/hr)

W = *Lighting capacity* (Watts)

BF = *Ballast factor*

CLF = *Cooling Load factor for lighting*.

3. Beban panas dari peralatan.

Beban dari peralatan kerja dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_e = n_e \times CLF_{eq} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

Q<sub>e</sub> = *Cooling load* peralatan (Btu/hr)

n<sub>e</sub> = Jumlah peralatan yang digunakan.

CLF<sub>eq</sub> = *Cooling load factor*, untuk peralatan

Beban pendinginan total sebuah ruangan adalah jumlah dari beban eksternal dan internal.

$$Q_{total} = Q_{eksternal} + Q_{interna} \dots (11)$$

### 2.2.4 Kelembaban Udara.

Kelembaban udara adalah jumlah atau konsentrasi uap air yang terkandung didalam udara. Semakin tinggi suhu udara semakin banyak jumlah uap air yang bisa dikandungnya. Secara umum kelembaban udara dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Kelembaban udara mutlak (*Absolut*) adalah jumlah massa uap air yang terkandung dalam setiap 1 meter kubik udara.

2. Kelembaban udara Relatif ( Nisbi) adalah banyaknya uap air yang terdapat dalam udara pada suhu tertentu dengan jumlah uap air maksimum yang dapat dikandung oleh udara dalam suhu yang sama (dalam persen).

$$\text{Kelembaban nisbi} = \frac{\text{Jumlah uap air dalam tiap } 1\text{m}^3 \text{ udara pada suhu } t \text{ derajat}}{\text{Jumlah uap air maksimum tiap } 1\text{m}^3 \text{ udara pada suhu } t \text{ derajat}} \times 100\%$$

3. Kelembaban udara spesifik adalah jumlah berat uap air dalam satu kilogram udara yang biasanya dinyatakan dalam gram /kg.

### 2.2.5 Filter Udara

Filter udara merupakan suatu alat yang digunakan untuk menyaring atau menangkap partikel- partikel yang tidak diinginkan dalam udara. Untuk sistem penyaringan udara pada HVAC pada umumnya menggunakan tiga jenis filter yaitu:

- i. *pre-filter* (efisiensi penyaringan: 35%).
- ii. *medium filter* (efisiensi penyaringan: 95%).
- iii. *High Efficiency Particulate Air (HEPA) filter* (efisiensi penyaringan: 99,997%).

### 2.2.6 Ducting

*Ducting* merupakan saluran udara yang dibuat untuk mengalirkan udara dari unit AHU menuju ruangan yang didinginkan. Ukuran *ducting* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$A = C_{fmsa} / V_u \dots (12)$$

Dimana:

A = Luas *ducting* (m<sup>2</sup>)

$V_u$  = Kecepatan aliran udara (m/s)

$C_{fmsa}$  = Jumlah udara suplai (m<sup>3</sup>/s)

### 2.2.7 Ruang bertekanan

Ruangan bertekanan merupakan keadaan suatu ruangan yang sengaja dibuat memiliki tekanan udara baik positif ataupun negatif. Ruang bertekanan positif biasanya dibuat dengan menambahkan udara luar kedalam ruangan sedangkan ruangan bertekanan negatif dibuat dengan membuang keluar/ menghisap udara yang berada dalam ruangan secara terus menerus. Ruang bertekanan bisa dibuat sistem resirkulasi dan *full fresh air sistem*, tergantung kebutuhan dan fungsinya.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam analisis ini bersumber dari:

1. Data primer yaitu pengamatan langsung dengan melakukan observasi berupa pengukuran langsung pada ruang operasi Rumah Sakit Ibu dan Anak Puri Bunda Denpasar.
2. Data Sekunder berupa gambar denah bangunan baru, dan literasi dari beberapa buku, jurnal dan internet.

### 3.2 Analisis Data

Data yang didapat lalu dianalisis secara deskriptif dengan urutan sebagai berikut:

1. Melakukan pengamatan dan pengukuran parameter yang ada di ruang operasi RSIA Puri Bunda Denpasar.
2. Melakukan perbandingan hasil pengukuran dengan perhitungan dengan mengacu pada standar yang ditetapkan pemerintah melalui PMK No 24 tahun 2016 dan Pedoman Teknis Prasarana Rumah Sakit Sistem Instalasi Tata Udara Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2012
3. Merencanakan dan menghitung nilai elemen- elemen pembentuk sistem tata udara mulai dari beban pendinginan, heater, HEPA *filter*, *ducting* dan merancang gambar instalasi.
4. Rekomendasi

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum

Rumah Sakit Ibu dan Anak Puri Bunda berlokasi di jalan Gatot Subroto VI no

19 Denpasar Bali. Rumah Sakit ini berdiri pada tanggal 15 November 2003 dengan nama Rumah Sakit Bersalin Puri Bunda dengan memiliki 31 kamar yang diberi nama dengan tokoh- tokoh wayang. Rumah Sakit Bersalin Puri Bunda awalnya hanya melayani pasien *obgyn* dan persalinan ibu saja. Rumah Sakit Bersalin Puri Bunda mengembangkan bidang layanan menjadi Rumah Sakit Ibu dan Anak Puri Bunda sejak tahun 2006.

RSIA Puri Bunda membuka rumah sakit baru di jalan by pass I Gusti Ngurah Rai Desa Banjar Anyar Kediri Tabanan Bali yang pembangunannya dimulai pada pertengahan tahun 2018. RSIA Puri Bunda Tabanan dibangun diatas tanah seluas 4080 m<sup>2</sup> dengan bentuk gedung bertingkat seluas 8448,59 m<sup>2</sup> dengan kapasitas yang direncanakan memiliki 100 tempat tidur dan berbagai fasilitas penunjang lain seperti Poliklinik *obgyn* dan Anak, UGD, Ruang Operasi, Ruang perawatan Intensif anak dan dewasa ( PICU dan ICU ) serta penunjang yang sifatnya non medis.. Gedung dibuat dalam 5 lantai terdiri dari 3 *basement* dan 2 lantai diatasnya. Rumah sakit yang dibangun berupa Rumah sakit khusus yang melayani ibu dan anak yang biasa disebut RSIA.

#### 4.2 Ruang Operasi RSIA Puri Bunda Tabanan.

Ruang operasi yang direncanakan adalah ruang operasi minor yang hanya digunakan untuk tindakan operasi *Caesaria* atau operasi melahirkan, laparoscopy, operasi laparatomi dan operasi yang berkaitan dengan organ kandungan dan anak. Ukuran dari ruang operasi minor adalah 6m x 6m x 3m. Lantai dan dinding dilapisi dengan *vinyl*. Ruangan operasi direncanakan berada di lantai I dengan posisi berdempetan mulai dari Ruang OK1, OK2, dan OK3.

#### 4.3 Menghitung Kebutuhan dan Nilai Elemen- Elemen Pendukung.

Elemen- elemen pendukung sangat penting untuk diperhitungkan agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan.

##### 4.3.1 Menghitung beban pendinginan

- Beban pendinginan eksternal:
  - Beban panas melalui atap.

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh data seperti pada tabel 1

**Tabel 1** Perhitungan beban pendinginan melalui atap.

Posisi	Ruang	A	Q
		(feet <sup>2</sup> )	Btu/h
Atap	OK1	388,1	2929,38
Atap	OK2	388,1	2929,38
Atap	OK3	388,1	2929,38
Total beban kalor atap			<b>8788,14</b>

- Beban panas melalui dinding

Perhitungan beban pendinginan melalui dinding dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2** Perhitungan beban pendinginan melalui dinding.

Posisi	Ruang	Luas	Q
		(feet <sup>2</sup> )	Btu/h
BARAT	OK1	158,52	8917,73
	OK2	158,52	8917,73
	OK3	158,52	8917,73
TIMUR	OK1	193,85	9352,91
	OK2	193,85	9352,91
	OK3	193,85	9352,91
UTARA	OK1	193,85	6248,21
	OK2	156,07	5030,48
	OK3	193,85	6248,21
SELATAN	OK1	156,07	8155,00
	OK2	193,85	10129,1
	OK3	156,07	8155,00
TOTAL			<b>98777.92</b>

- Beban panas melalui lantai

Perhitungan beban pendinginan melalui lantai dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3** Perhitungan beban pendinginan melalui lantai.

Posisi	Ruang	A	Q
		(feet <sup>2</sup> )	Btu/h
Lantai	OK1	388,1	2929,38
Lantai	OK2	388,1	2929,38
Lantai	OK3	388,1	2929,38
Total beban kalor atap			<b>18505,86</b>

- Beban pendinginan ventilasi

Perhitungan beban pendinginan ventilasi dapat dilihat pada tabel 4

**Tabel 4** Perhitungan beban pendinginan ventilasi.

RUANG	CFM	QS	QL
-------	-----	----	----

		Btu/h	Btu/h
OK 1	317,82	6292,84	2,161
OK 2	317,82	6292,84	2,161
OK 3	317,82	6292,84	2,161
Total		<b>18878,52</b>	<b>6,483</b>

➤ Beban Pendinginan internal.  
 - Beban pendinginan penerangan  
 Perhitungan beban penerangan dapat dilihat pada tabel 5.  
 Tabel 5 Perhitungan beban pendinginan dari penerangan.

RUANG	JENIS	DAYA watt	Q Btu/h
OK 1	TL	320	1360
	Halogen	150	637,5
OK 2	TL	320	1360
	Halogen	150	637,5
OK 3	TL	320	1360
	Halogen	150	637,5
Total			<b>5992,5</b>

- Beban pendinginan manusia/ orang.  
 Perhitungan beban pendinginan manusia/ orang dapat dilihat pada tabel 6.  
 Tabel 6 Perhitungan beban pendinginan manusia/ orang.

RUANG	JML ORANG	QS Btu/h	QL Btu/h
OK 1	9	292,5	1800
OK 2	9	292,5	1800
OK 3	9	292,5	1800
TOTAL		<b>877,5</b>	<b>5400</b>

- Beban pendinginan *equipment/* peralatan.  
 Perhitungan beban pendinginan peralatan dapat dilihat pada tabel 7.  
 Tabel 7 Perhitungan beban pendinginan *equipment/* peralatan.

Ruang	Jml	Mini komputer	Motor 0,5 HP	Total
		Btu/h	Btu/h	Btu/h
OK 1	1	7500	2120	9620
OK 2	1	7500	2120	9620
OK 3	1	7500	2120	9620
TOTAL		<b>22500</b>	<b>6360</b>	<b>28860</b>

Jumlah total beban pendinginan dari perhitungan yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 8.

**Tabel 8** Jumlah total beban pendinginan ruang operasi.

RUANG	Q total	Safety factor	Diversity	Refrigerant load
OK 1	55.434,85	<b>0,10</b>	<b>0,90</b>	<b>54.880,5</b>
OK 2	56.191,22	<b>0,10</b>	<b>0,90</b>	<b>55.629,3</b>
OK 3	55.434,85	<b>0,10</b>	<b>0,90</b>	<b>54.880,5</b>

**4.3.2 Mengatur kelembaban udara.**

Kelembaban udara diatur dengan menggunakan atau menambahkan elektrik *heater*. Berdasarkan perhitungan untuk mencapai kelembaban udara 40% - 60% diperlukan elektrik *heater* sebesar 7 KW.

**4.3.3 Filter/ Saringan udara**

Filter/ saringan udara diperlukan untuk menjaga kebersihan udara dalam ruang operasi terdiri dari *pre-filter* dan *medium filter* yang dipasang pada *return air fresh air* serta HEPA *filter* dengan efisiensi 99,97% yang dipasang pada *Laminar air flow* yang menempel di langit-langit ruangan.

**4.3.4 Ducting**

*Ducting* yang direncanakan dibuat dari bahan *Polyurethane duct board* yang sering dikenal dengan PU, dengan pertimbangan mudah dibentuk, ringan dan dapat menjaga higienitas sistem. Berdasarkan perhitungan diperoleh ukuran penampang *ducting* induk baik inlet dan outlet sebesar 42cm x 42cm. dan ukuran penampang *ducting return air* dan *fresh air* masing masing adalah 37,5cm x 37,5cm dan 20cm x 20cm.

Hasil dari perencanaan dan perhitungan elemen-elemen pendukung dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Kapasitas elemen-elemen penunjang sistem tata udara yang direncanakan.

No	Description	Kapasitas	Sat	Ket
1	AC	60.000	Btu/h	Setiap ruangan
2	Booster fan	1900	CFM	Setiap ruangan
3	Heater	7000	watt	Setiap ruangan
4	HEPA filter	2	unit	Setiap

	120 x 80cm			ruangan
5	Ducting outlet 42 x 42 cm	1	unit	Setiap ruangan
6	Ducting RAG 37,5cm x 37,5cm	2	unit	Setiap ruangan
7	Ducting FAG 25x20 cm	2	unit	Setiap ruangan
8	Ekshaust fan 380 CFM	1	unit	Setiap ruangan

= Rp 495.728

$$\% \text{ PHE} = \frac{\text{Rp } 495.728}{\text{Rp } 3.625.015} \times 100 = 13,67 \%$$

Perbandingan penghematan energi AC dengan menggunakan teknologi AC inverter 1,5 PK dan AC low watt dengan AC split standar 1,5 PK disajikan pada tabel 8.

Tabel 8 Perbandingan AC [7]

Sistem AC	Satuan	AC Split Standar 1.5 PK	AC Inverter 1,5 PK	AC Low Watt 1,5 PK
Jumlah AC	Buah	50	50	50
Konsumsi Daya per AC	W	1170	1010	1034
Penggunaan AC dalam setahun (8 x 264 hari)	Jam	2.112	2.112	2.112
Konsumsi Energi per Tahun	kWh	123.552	106.656	109.190,4
Penghematan Energi per Tahun	kWh	-	16.896	14.361,6
Tarif Listrik	Rp/kWh	1.467	1.467	1.467
Biaya Konsumsi per Tahun	Rp	181.250.784	156.464.352	160.182.316
Penghematan per Tahun	Rp	-	24.786.432	21.068.468
Penghematan (%)		-	13,67 %	11,62 %
Simple Payback Period	Tahun	-	1,1	0,75
	Bulan	-	13	9

Hasil perbandingan yang ditunjukkan oleh table 8, bahwa dengan mengganti AC menjadi AC *Inverter* atau *Low Watt* maka akan terjadi penghematan berturut-turut sebesar 13,67% dan 11,62% dari konsumsi energi yang sekarang.

Selain AC, penggunaan lampu juga bisa menghemat energi. Sebagian besar ruangan pada Gedung Sekretariat Daerah Kota Denpasar menggunakan lampu TL dan LED. Jenis lampu sudah termasuk hemat energi. Ini berarti hanya perlu mengatur kapan dan berapa lama lampu harus

dinyalakan. Solusinya adalah pemasangan *timer* ataupun sensor pada lampu. Salah satu contoh *timer* dan sensor yang umum digunakan serta harga yang relatif terjangkau yaitu *Timer Analog Theben* dan *Photocell Sensor Cahaya Selcon Photo Controls*.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

Perencanaan ruang operasi minor dengan ukuran 6m x 6m x 3m yang memenuhi standar PMK no 24 tahun 2016 dan pedoman teknis prasarana rumah sakit sistem instalasi tata udara tahun 2012 diperlukan AC *central* dengan kapasitas 60.000 btu/h, dilengkapi dengan *heater* dengan daya 7 KW, *filter* yang terdiri dari *pre filter*, *medium filter* dan HEPA *filter*, dan ditambahkan *fresh air grill* dan *return air grill*.

Ekshaust fan berfungsi untuk membuang udara dari dalam ruang operasi pada saat udara di dalam ruangan terkontaminasi oleh zat kimia atau oleh penyakit menular.

*Damper* yang terpasang pada ekshaust fan berfungsi untuk membuang udara saat ekshaust fan beroperasi dan menutup saluran pembuangan udara pada saat ekshaust fan tidak dioperasikan sehingga menghindari kebocoran udara dingin dari dalam ruang operasi.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan yaitu:

Udara yang dibuang oleh ekshaust fan sebaiknya di *filter* terlebih dahulu dengan HEPA filter agar udara yang terbuang aman bagi lingkungan dan manusia.

Pemasangan unit indoor / AHU sebaiknya diluar ruangan steril dan area yang sering dilalui oleh pasien agar dalam pemeliharaan tidak mengganggu kegiatan dalam ruangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASHRAE. 2013. *Ashrae Handbook Fundamentals Inch-Pound System*. USA: ASHRAE
- [2] Dossat. J. Roy " *Principle Of Refrigeration* ", edisi ke-4, penerbit Prentice Hall International,

- [3] Engineering ToolBox, (2004).  
*Persamaan Pendinginan dan Pemanasan.*  
[https://www.engineeringtoolbox.com/cooling-heating-equations-d\\_747.html](https://www.engineeringtoolbox.com/cooling-heating-equations-d_747.html). diakses 28 Desember
- [4] Kementerian Kesehatan. 2012  
*Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara pada Bangunan Rumah Sakit.* Jakarta : Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [5] Kementerian Kesehatan. 2016.  
*Persyaratan Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit.* Jakarta : Kementerian Kesehatan Republik
- [6] Pita, G.Edward. 2002. *Air Conditioning Principles and Systems fourth edition.* USA: Pearson Education.
- [7] Putra,Setu Kurnianto dkk. 2015.  
*Perancangan dan control mode operasi tata udara ruang bedah.* Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [8] Setiawan, Andri dkk. 2014.  
*Perhitungan Beban Pendinginan Instalasi Tata Udara Sistem Fan Coil Chilled Water di Gedung Showroom Mobil Jakarta.* Riau: Universitas Pasir Pengaraian.
- [9] Wardoyo. 2015. *Penggunaan Water Heating Pada mesin Pengkondisian Udara Sebagai Alat Pengendali Kelembaban Udara di Dalam Ruang Operasi Rumah Sakit.* Yogyakarta : Universitas Proklamasi 45
- [10] Zaman, Badiuz, M. 2009. *Perhitungan ulang sistem pengkondisian udara pada ruang operasi GBPT Rumah Sakit Dr. Sutomo.* Surabaya : ITS