



## Analisis Kualitas Udara Pada Ruang IGD RSI Sitti Maryam Kota Manado Sebagai Aspek Bangunan Gedung Hijau

Findi T. Tumbade<sup>#a</sup>, Roski R. I. Legrans<sup>#b</sup>, Aristotulus E. Tungka<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>finditumbade@gmail.com, <sup>b</sup>legransroski@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>aristungka@unsrat.ac.id

### Abstrak

Kualitas udara dalam ruang Instalasi Gawat Darurat (IGD) rumah sakit sangat penting untuk menjamin kesehatan pasien dan tenaga medis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi partikulat PM2.5 di ruang IGD Rumah Sakit Islam (RSI) Sitti Maryam, Kota Manado, serta mengevaluasi kesesuaian dengan standar kualitas udara berdasarkan konsep Bangunan Gedung Hijau. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui pengukuran langsung pada lima titik ruang IGD selama dua minggu menggunakan alat Edimax. Hasil pengukuran menunjukkan di titik 1C, ruang tindakan dan ruang poli gigi memiliki konsentrasi PM2.5 yang melebihi batas  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sesuai Permenkes No.2 Tahun 2023. Kondisi ini disebabkan oleh minimnya sistem ventilasi dan tingginya aktivitas di dalam ruangan. Rekomendasi perbaikan mencakup penerapan sistem ventilasi silang (cross ventilation) yang sesuai dengan standar Bangunan Gedung Hijau berdasarkan Permen PUPR No. 21 Tahun 2021 dan SNI 03-6572-2001. Penelitian ini menegaskan pentingnya sistem tata udara yang memadai di ruangan IGD guna mendukung kesehatan dan kenyamanan dalam fasilitas pelayanan kesehatan.

*Kata kunci:* kualitas udara, ventilasi, Bangunan Gedung Hijau

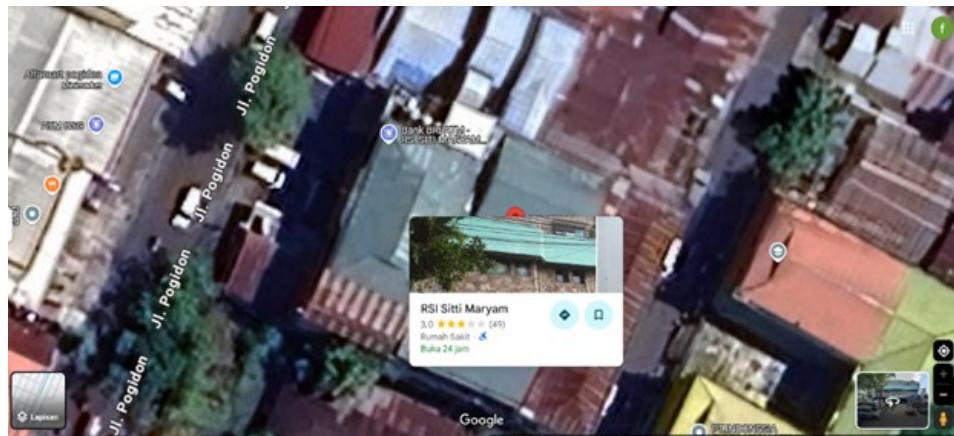
### 1. Pendahuluan

Pencemaran udara dalam ruang atau sering disebut dengan polusi udara dalam ruangan adalah masalah serius yang mengganggu kesehatan pernapasan manusia. Polusi ini terjadi ketika berbagai zat kimia dan partikel berbahaya tersebar di dalam ruang tertutup. Paparan jangka panjang dari polusi udara dalam ruang dapat menyebabkan masalah, seperti iritasi mata dan tenggorokan, serta meningkatkan resiko penyakit serius pada paru-paru.

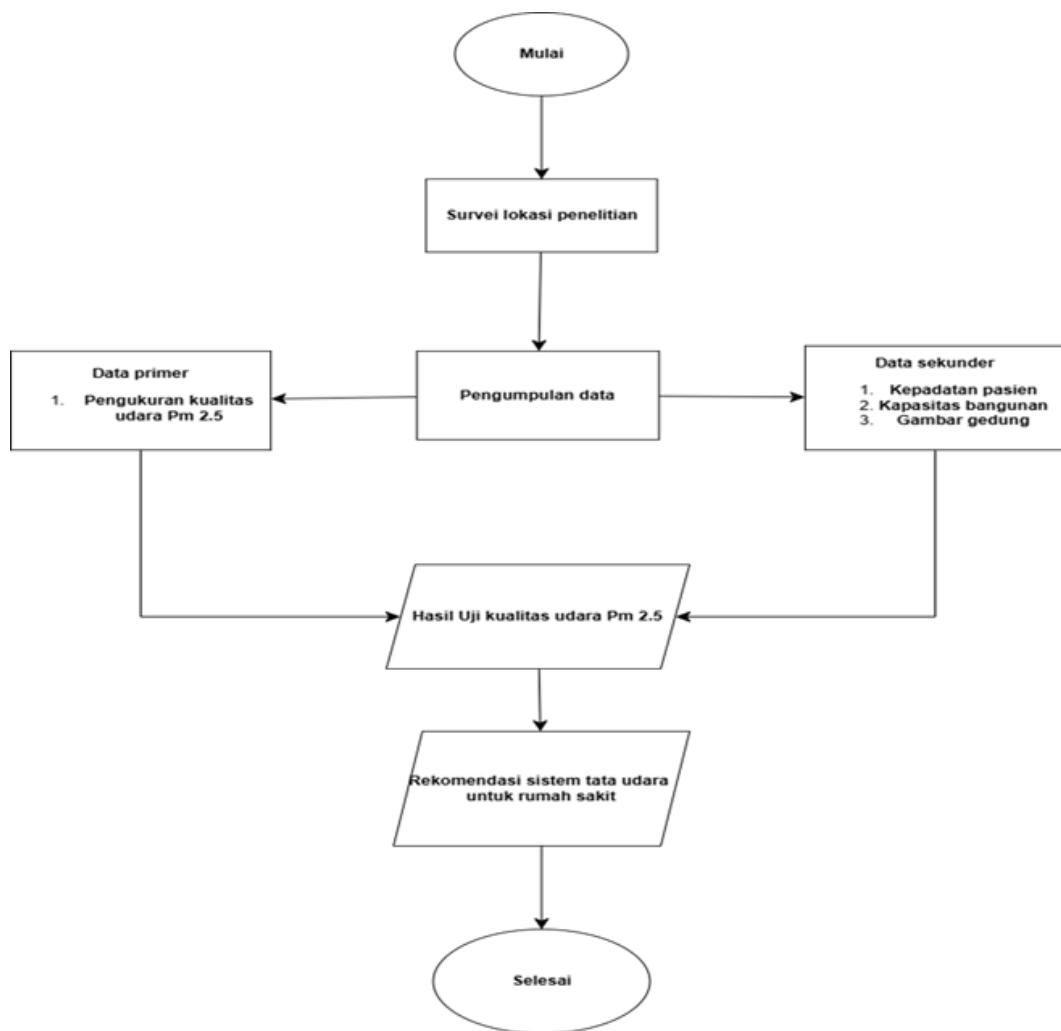
Rumah sakit sitti Maryam di kota manado merupakan salah satu rumah sakit yang terus berupaya meningkatkan kualitas layanan melalui berbagai aspek, termasuk tata kelola lingkungan bangunan. Salah satu komponen dalam konsep bangunan hijau adalah menjaga kualitas udara dalam ruang agar memenuhi standar kesehatan dan kenyamanan. IGD sebagai tempat dengan mobilitas tinggi dan pelayanan kritis menjadi prioritas utama dalam evaluasi kualitas udara karena disana sering terjadi konsentrasi pasien, tenaga medis, dan pengunjung dalam suatu area.

Untuk mengatasi masalah ini, perlu adanya sistem ventilasi yang memenuhi standar bangunan gedung hijau. Peraturan Menteri Pekerja Umum dan Perumahan Rakyat No. 21 tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau, Bangunan Gedung Hijau selanjutnya disingkat BGH adalah Bangunan Gedung yang memenuhi Standar Teknis Bangunan Gedung dan memiliki kinerja terukur secara signifikan dalam penghematan energi, air dan sumber daya lainnya melalui penerapan prinsip BGH sesuai dengan fungsi dan klasifikasi dalam setiap tahapan penyelenggarannya. Pada ayat 2 pasal 8 PERMEN PUPR No.21 tahun 2021 mencantumkan ketentuan perencanaan teknis BGH yang terdiri atas pengelolaan tapak, efisiensi penggunaan energi, efisiensi penggunaan air, kualitas udara dalam ruang, penggunaan material ramah lingkungan, pengelolaan sampah dan pengelolaan limbah.

Aspek kualitas udara dalam ruang bertujuan untuk menjaga sirkulasi udara, meningkatkan kualitas pencahayaan alami dan mencegah gangguan visual akibat pencahayaan yang minim, serta mengurangi kontaminasi emisi yang berbahaya bagi kesehatan. Menjaga sirkulasi udara menurut PERMEN PUPR No. 21 tahun 2021 harus memenuhi standar ventilasi yang ada pada SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengoksidasi Udara pada Bangunan Gedung. Dengan memenuhi acuan tersebut dan didukung oleh bentuk bangunan yang memudahkan udara keluar dan masuk menjadi langkah awal yang dapat dilakukan rumah sakit untuk menjaga kualitas udara yang baik dalam ruang IGD agar pasien dan staff medis dapat berada dalam lingkungan yang aman dan mendukung proses penyembuhan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

## 2. Metode Penelitian

Penelitian mengenai kualitas udara partikulat dalam Instalasi Gawat Darurat (IGD) dilakukan di Rumah Sakit Islam Sitti Maryam yang berlokasi di Jl. Pongidon No. 110, Mahawu, Kec. Tumiting, Kota Manado, Sulawesi Utara. Peta dapat dilihat pada Gambar 1. Pengukuran dilakukan selama dua minggu pada bulan Maret 2025 dengan interval waktu pukul 08.00 – 20.00 WITA setiap harinya.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk menganalisis kualitas udara dalam ruang IGD RSI Sitti Maryam Kota Manado. Proses penelitian ini dimulai dengan survei awal guna memahami kondisi lingkungan penelitian, diikuti dengan pengumpulan data primer dan sekunder. Analisis data melibatkan pengolahan data angin dari BMKG dan pengukuran partikulat menggunakan alat Edimax AirBox. Data partikulat akan dikelompokkan berdasarkan standar baku mutu kualitas lingkungan, sesuai dengan ketentuan dalam PERMENKES No.2 Tahun 2023. Dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara dalam ruangan, dan menghubungkannya dengan standar bangunan gedung hijau. Pengukuran partikulat PM 2.5 dilakukan di lima titik pengukuran yang mencangkup ruang IGD 1A, 1B, 1C, Ruang Poli Gigi dan Ruang Tindakan IGD.

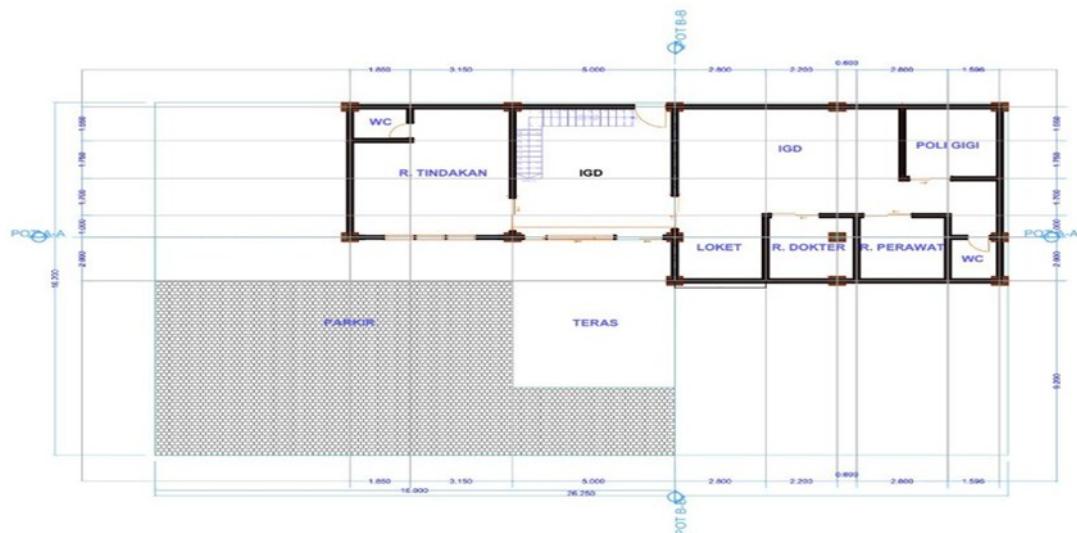
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil Pengukuran Konsentrasi PM 2,5

Penelitian ini dilaksanakan dan dilakukan secara langsung pada 5 titik bagian di Instalasi Gawat Darurat yang dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tabel tersebut terdapat hasil pengukuran konsentrasi dari partikulat PM 2.5 di 5 titik pada ruang Instalasi Gawat Darurat RSI Sitti Maryam Kota Manado.

### 3.2. Analisis Konsentrasi PM 2,5

Dari hasil pengambilan sampel yang telah dilakukan, didapatkan hasil sampling yang terdapat pada tabel 1 dan dilakukan proses analisis konsentrasi particulat matter (PM) 2.5 di IGD RSI Sitti Maryam Kota Manado dengan menggunakan Standar Baku Mutu Kualitas Lingkungan (SBMKL) partikulat udara Dalam Ruang Fasilitas Pelayanan Kesehatan yang sudah ditetapkan oleh PERMENKES No. 2 tahun 2023 dilakukan dengan proses estimasi nilai konsentrasi partikulat (PM 2.5) dari 1 jam ke konsentrasi selama 24 jam agar dapat dilakukan perbandingan dengan aturan yang berlakupada PERMENKES No.2 tahun 2023. Untuk kategori aman PM 2.5 adalah  $<25\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Gambar 3. Denah IGD RSI Sitti Maryam Kota Manado

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran konsentrasi PM 2.5

<b>Hari/ Tanggal</b>		<b>Ruangan</b>	<b>Hasil Sampling PM 2.5 (mg/m<sup>3</sup>)</b>	
Senin, 03/03/2025			Pagi (08.25 - 09.25)	
		Ruang IGD 1A	15	13
		Ruang IGD 1B	12	12
		Ruang IGD 1C	11	56
Selasa, 04/03/2025			Pagi (08.25 - 09.25)	
		Ruang IGD 1A	14	17
		Ruang IGD 1B	12	12
		Ruang IGD 1C	33	24
Rabu, 05/03/2025			Pagi (08.25 - 09.25)	
		Ruang IGD 1A	23	20
		Ruang IGD 1B	18	17
		Ruang IGD 1C	14	16
Kamis, 06/03/2025			Pagi (08.25 - 09.25)	
		Ruang IGD 1A	3	16
		Ruang IGD 1B	8	6
		Ruang IGD 1C	40	18
Jumat, 07/03/2025			Pagi (08.25 - 09.25)	
		Ruang IGD 1A	8	4
		Ruang IGD 1B	4	3
		Ruang IGD 1C	19	11
Senin, 10/03/2025			Pagi (08.25 - 09.25)	
		R. T. IGD	14	71
		R. Poli gigi	20	13
			Sore (17.30 - 18.30)	
Selasa, 11/03/2025			Pagi (08.25 - 09.25)	
		R. T. IGD	51	26
		R. Poli gigi	21	15
			Sore (17.30 - 18.30)	
Rabu, 12/03/2025			Pagi (08.25 - 09.25)	
		R. T. IGD	13	29
		R. Poli gigi	22	21
			Sore (17.30 - 18.30)	
Kamis, 13/03/2025			Pagi (08.25 - 09.25)	
		R. T. IGD	23	20
		R. Poli gigi	8	17
			Sore (17.30 - 18.30)	
Jumat, 14/03/2025			Pagi (08.25 - 09.25)	
		R. T. IGD	8	7
		R. Poli gigi	61	34

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

**Tabel 2.** Hasil Analisis Perhitungan 24 Jam

<b>Hari/ Tanggal</b>	<b>Ruangan</b>	<b>Hasil Sampling PM 2.5 (mg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>Rata- rata Titik 24 Jam (mg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>Jumlah Rata-rata 24 Jam (mg/m<sup>3</sup>)</b>
		Pagi (08.25 - 09.25)	Sore (17.30 - 18.30)	Pagi	Sore	
Senin, 03/03/2025	Ruang IGD 1A	15	13	8,33	7,22	15,55
	Ruang IGD 1B	12	12	6,66	6,66	13,32
	Ruang IGD 1C	11	56	6,11	31,1	37,4
Selasa, 04/03/2025	Ruang IGD 1A	14	17	7,77	9,44	17,21
	Ruang IGD 1B	12	12	6,66	6,66	13,32
	Ruang IGD 1C	33	24	18,33	13,33	31,66

Rabu, 05/03/2025		Pagi (08.25 - 09.25)	Sore (17.30 - 18.30)			
	Ruang IGD 1A	23	20	12,77	11,1	23,87
	Ruang IGD 1B	18	17	9,99	9,44	19,43
	Ruang IGD 1C	14	16	7,77	8,88	16,65
Kamis, 06/03/2025		Pagi (08.25 - 09.25)	Sore (17.30 - 18.30)			
	Ruang IGD 1A	3	16	1,66	8,88	10,54
	Ruang IGD 1B	8	6	4,44	3,33	7,77
	Ruang IGD 1C	40	18	22,21	9,99	32,2
Jumat, 07/03/2025		Pagi (08.25 - 09.25)	Sore (17.30 - 18.30)			
	Ruang IGD 1A	8	4	4,44	2,22	6,66
	Ruang IGD 1B	4	3	2,22	1,66	3,88
	Ruang IGD 1C	19	11	10,55	6,11	16,66
Senin, 10/03/2025		Pagi (08.25 - 09.25)	Sore (17.30 - 18.30)			
	R. T. IGD	14	71	7,77	39,43	47,2
	R. Poli gigi	20	13	11,1	7,22	18,32
Selasa, 11/03/2025		Pagi (08.25 - 09.25)	Sore (17.30 - 18.30)			
	R. T. IGD	51	26	28,32	14,44	42,76
	R. Poli gigi	21	15	11,66	8,33	19,99
Rabu, 12/03/2025		Pagi (08.25 - 09.25)	Sore (17.30 - 18.30)			
	R. T. IGD	13	29	7,22	16,1	23,32
	R. Poli gigi	22	21	12,22	11,66	23,88
Kamis, 13/03/2025		Pagi (08.25 - 09.25)	Sore (17.30 - 18.30)			
	R. T. IGD	23	20	12,77	11,1	23,87
	R. Poli gigi	8	17	4,44	9,44	13,88
Jumat, 14/03/2025		Pagi (08.25 - 09.25)	Sore (17.30 - 18.30)			
	R. T. IGD	8	7	4,44	3,88	8,32
	R. Poli gigi	61	34	33,88	18,88	52,76

Sumber: Hasil Analisis Data, 2025

Dari hasil analisis baku mutu yang kemudian dirata-ratakan selama 24 jam dalam 2 minggu di bulan maret 2025, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan dibuat perbandingan nilai baku mutu PERMENKES No.2 tahun 2023 tentang partikulat udara dalam ruang di fasilitas kesehatan dibeberapa titik seperti ruang IGD 1C, Ruang Tindakan IGD dan Ruang Poli Gigi melebihi kategori baku mutu yaitu  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  untuk PM 2.5 yang berarti ruangan tersebut telah tercemar dan bisa mengakibatkan dampak negatif bagi pasien dan tenaga medis.

### 3.3 Ventilasi Menurut Acuan Bangunan Gedung Hijau

Dari hasil rata-rata PM 2.5 dalam 24 jam selama 2 minggu, terdapat 3 titik yang tidak memenuhi standar baku mutu PM 2.5 sesuai dengan PERMENKES No.2 tahun 2023. Maka direkomendasikan ventilasi yang mengikuti standar bangunan gedung hijau parameter kesehatan udara dalam ruang sesuai dengan PERMEN PUPR No.21 tahun 2021 dan bukaan Ventilasi berdasarkan SNI03-6572-2001. Untuk standar ventilasi berdasarkan SNI 03-6572-2001 diambil poin pertama dan mengikuti kelas bangunan layanan kesehatan dimana Instalasi Gawat Darurat RSI Sitti Maryam Kota Manado termasuk di kelas 9, dimana aturannya:

*“Jendela, bukaan, pintu atau sarana lainnya dengan luas ventilasi tidak kurang dari 5% terhadap luas lantai dari ruang yang akan diventilasi, diukur tidak lebih dari 3,6 meter diatas lantai”*

Desain ventilasi yang digunakan adalah cross ventilation, dimana cross ventilation merupakan ventilasi dengan sirkulasi udara yang bekerja menggunakan dua jalur bukaan udara dalam suatu ruangan. Cross ventilation sangat baik untuk sistem pertukaran udara karena dapat meningkatkan kualitas udara dalam ruangan dan dapat menghemat penggunaan energi untuk pendingin ruangan (AC).

### 3.4 Rekomendasi

Pihak RSI Sitti Maryam Kota Manado diharapkan untuk memperhatikan kondisi dan bentuk setiap bangunan di rumah sakit. Tidak hanya berfokus pada kesembuhan tapi juga kualitas udara yang juga mempengaruhi kepada proses kesembuhan pasien. keadaan kondisi Ruang tindakan IGD, ruang IGD 1, ruang loket, ruang dokter, ruang perawat, WC 2, ruang poli gigi dan ruang IGD 2 telah memiliki ventilasi yang menghadap ke arah angin terbanyak yaitu timur tenggara dan bergerak menuju barat laut berdasarkan data BMKG 2024. Berikut ini adalah rekomendasi pengendalian kualitas udara pada ruangan-ruangan di area IGD.

- Ruang Tindakan IGD
  1. Menggunakan Athmospher sky
  2. Kipas
  3. Membuka ventilasi yang ada atau mengikuti desain ventilasi yang sesuai dengan aturan SNI 03-6572-2001. Saran bukaan total ventilasi  $1,10 + 0,35 + 0,24 = 1,69 \text{ m}^2$ . Kebutuhan ventilasi:  $5\% \times 30 \text{ m}^2 = 1,5 \text{ m}^2$ . Dimana angka tersebut didapatkan dari luas ruangan  $30 \text{ m}^2$ .
- Ruang IGD 1
  1. Menggunakan Athmospher sky
  2. Kipas
  3. Membuka ventilasi yang ada atau mengikuti desain ventilasi yang sesuai dengan aturan SNI 03-6572-2001. Saran bukaan ventilasi  $0,7 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,35 \text{ m}^2$  (4 buah)  $\rightarrow 0,35 \times 4 = 1,40 \text{ m}^2$  dan  $1,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,65 \text{ m}^2$  (1 buah atas pintu). Kebutuhan ventilasi  $1,5 \text{ m}^2$ . Dimana angka tersebut didapatkan dari luas ruangan  $30 \text{ m}^2$ .
- Ruang Loket
  1. Menggunakan Athmospher sky
  2. Kipas
  3. Membuka ventilasi yang ada atau mengikuti desain ventilasi yang sesuai dengan aturan SNI 03-6572-2001. Saran bukaan ventilasi  $1,4 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,70 \text{ m}^2$  dan kebutuhan ventilasi  $0,05 \times 8,4 = 0,42 \text{ m}^2$ . Dimana angka tersebut didapatkan dari luas ruangan  $8,4 \text{ m}^2$ .
- Ruang Dokter
  1. Menggunakan Athmospher sky
  2. Kipas
  3. Membuka ventilasi yang ada atau mengikuti desain ventilasi yang sesuai dengan aturan SNI 03-6572-2001. Saran bukaan ventilasi  $1,4 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,70 \text{ m}^2$  dan kebutuhan ventilasi  $0,05 \times 8,4 = 0,42 \text{ m}^2$ .
- Ruang Perawatan
  1. Menggunakan Athmospher sky
  2. Kipas
  3. Membuka ventilasi yang ada atau mengikuti desain ventilasi yang sesuai dengan aturan SNI 03-6572-2001. Saran bukaan ventilasi  $1,4 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,70 \text{ m}^2$  dan kebutuhan ventilasi  $0,05 \times 8,4 = 0,42 \text{ m}^2$ .
- WC 2
  1. Menggunakan Athmospher sky
  2. Kipas
  3. Membuka ventilasi yang ada atau mengikuti desain ventilasi yang sesuai dengan aturan SNI 03-6572-2001. Saran bukaan ventilasi  $0,6 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} = 0,24 \text{ m}^2$  dan kebutuhan ventilasi  $0,05 \times 3,1 = 0,155 \text{ m}^2$ .
- Ruang Poli Gigi
  1. Menggunakan Athmospher sky
  2. Kipas

3. Membuka ventilasi yang ada atau mengikuti desain ventilasi yang sesuai dengan aturan SNI 03-6572-2001. Saran bukaan ventilasi  $1,4 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,70 \text{ m}^2$  dan kebutuhan ventilasi  $0,05 \times 9,9 = 0,495 \text{ m}^2$ .
  - Ruang IGD 2
    1. Menggunakan Athmospher sky
    2. Kipas
    3. Membuka ventilasi yang ada atau mengikuti desain ventilasi yang sesuai dengan aturan SNI 03-6572-2001. Saran bukaan ventilasi  $2,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 1,10 \text{ m}^2$  (2 buah)  $\rightarrow 2,20 \text{ m}^2$  dan  $1,4 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,70 \text{ m}^2$  (1 buah). Kebutuhan ventilasi  $0,05 \times 41 = 2,05 \text{ m}^2$ .
- Gambar berikut merupakan kondisi eksisting sesudah perbaikan, serta sebagai rekomendasi teknis terhadap sistem ventilasi di IGD RSI Sitti Maryam.



**Gambar 4.** Desain Bangunan Pengoksidasi Udara

Penempatan ventilasi di beberapa ruang IGD RSI Sitti Maryam telah disesuaikan dengan arah angin dominan tersebut. Berikut ini adalah analisis penempatan bukaan ventilasi berdasarkan arah masuk dan buangan udara.

**Tabel 3.** Analisis Bukaan Ventilasi

No.	Nama Ruangan	Arah Bukaan Utama (Inlet)	Arah Buangan (Outlet)	Jenis Sirkulasi	Keterangan Efektivitas
1	Ruang Tindakan	Timur Tenggara	Barat Laut	Ventilasi Silang	<input checked="" type="checkbox"/> Efektif – sirkulasi lancar
2	IGD 1	Timur Tenggara	Barat Laut	Ventilasi Silang	<input checked="" type="checkbox"/> Efektif – bukaan saling berhadapan
3	Loket	Barat Laut	–	Satu Arah	⚠ Kurang optimal – tidak ada jalur masuk dari arah angin
4	Ruang Dokter	Barat Laut	–	Satu Arah	⚠ Kurang optimal – udara terperangkap

No.	Nama Ruangan	Arah Bukaan Utama (Inlet)	Arah Buangan (Outlet)	Jenis Sirkulasi	Keterangan Efektivitas
5	Ruang Perawat	Barat Laut	—	Satu Arah	 Kurang optimal – aliran udara terbatas
6	WC 2	Barat Laut	—	Satu Arah	<input checked="" type="checkbox"/> Cukup – ventilasi memadai untuk ruangan kecil
7	Poli Gigi	Timur Tenggara	—	Satu Arah	 Kurang optimal – perlu outlet tambahan
8	IGD 2	Timur Tenggara	Barat Laut	Ventilasi Silang	<input checked="" type="checkbox"/> Efektif – kombinasi 3 bukaan di dua sisi

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dalam tugas akhir ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi kualitas udara di ruang IGD RSI Sitti Maryam Kota Manado, secara spesifik pada titik 1C, ruang tindakan, dan ruang poli gigi menunjukkan konsentrasi partikulat PM 2.5 yang melebihi batas standar  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sesuai dengan PERMENKES No. 2 Tahun 2023. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas udara di area-area tersebut belum optimal dan berpotensi menimbulkan risiko kesehatan.
2. Kualitas udara di ruang IGD RSI Sitti Maryam belum sepenuhnya memenuhi kriteria bangunan gedung hijau, terutama dalam aspek standar kualitas udara dalam ruang. Tingginya konsentrasi PM 2.5 yang melebihi batas, menunjukkan bahwa salah satu prinsip bangunan gedung hijau, yaitu menciptakan lingkungan internal yang sehat dan nyaman, belum tercapai secara optimal.
3. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi dan menyebabkan buruknya kualitas udara (tingginya konsentrasi PM2.5) di ruang IGD adalah minimnya sistem ventilasi yang efektif dan tingginya tingkat aktivitas di dalam ruangan. Kurangnya sirkulasi udara yang memadai menghambat pembuangan kontaminan dan masuknya udara segar, sementara aktivitas yang padat meningkatkan produksi partikulat.

#### Ucapan terima kasih

*Ucapan terima kasih kepada seluruh pihak terkait dalam proses penelitian yang telah mengizinkan penelitian untuk melakukan penelitian di RSI Sitti Maryam Kota Manado.*

#### Referensi

- Airunnisa, N., & Herzanita, A. "Analisis sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada konsep green building di Gedung Fakultas Teknik Universitas Pancasila".
- ASHRAE. (2016). ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment.
- America Society of Heating, refrigerating, and Air-Conditioning Engineeris (ASHRAE). (2002). Indoor Air Quality-A guide to Understanding ASHRAE Standars 62-2001
- Boutet, T. (1987). Controlling Airborne Contaminants in Buildings. McGraw-Hill.
- Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2018). Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- EPA. (1995). The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality. United States Environmental Protection Agency.
- EPA. (2023). Indoor Air Quality. Environmental Protection Agency.
- Harrison, R. M., & Yin, J. (2000). Particulate matter in the atmosphere: Which particle properties are important for its effects on health? *Science of The Total Environment*, 249(1-3), 85–101.

- IPCC. (2019). Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kamal, M. (2015). Penilaian Kualitas Udara di Lingkungan Perkotaan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kerlinger, F. N. (1973). Foundations of Behavioral Research. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Nazir, M. (1988). Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Permenkes RI No. 2 Tahun 2023. Tentang Standar Baku Mutu Kualitas Lingkungan (SBMKL) Partikulat Udara Dalam Ruang di Fasilitas Pelayanan Kesehatan.
- Permenkes RI No. 70 Tahun 2016. Tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit.
- Permenkes RI No. 1077/MENKES/PER/V/2011. Tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang.
- Permenkes RI No. 7 Tahun 2019. Tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit.
- Permen LHK No. 14 Tahun 2020. Tentang Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU).
- Permen PUPR No. 21 Tahun 2021. Tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau.
- SNI 03-6572-2001. Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung.
- Soemirat, J. (2011). Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Liberty.
- Stern, A. C. (1976). Air Pollution. Volume 1-4. New York: Academic Press.
- Sundell, J., Levin, H., Nazaroff, W. W., et al. (2011). Ventilation rates and health: multidisciplinary review of the scientific literature. *Indoor Air*, 21(3), 191–204.
- Syafaati, A., Utami, S., & Arifin, S. (2023). “Analisis Kualitas Udara Parameter PM2,5 di Wilayah Kota Sorong Berbasis ISPU”
- Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. (2006). Atmospheric Science: An Introductory Survey (2nd ed.). Academic Press.
- WHO. (2021). Air Pollution. World Health Organization.