

Analisis Perbedaan Ventilasi Alami dan Buatan terhadap Kualitas Udara untuk Mitigasi Gejala Sick Building Syndrome

Fatya Naja Najyah¹, Nani Yuningsih², Ade Suryatman Margana³, Neneng Nuryati⁴

^{1,2,3} Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail: fatya.naja.tptu421@polban.ac.id

²E-mail: nani.yuningsih@polban.ac.id

³E-mail: adesmargana@polban.ac.id

⁴ Jurusan Akuntansi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

⁴E-mail: neneng.nuryati@polban.ac.id

ABSTRAK

Ventilasi berperan penting dalam menjaga kualitas udara dengan mensirkulasikan udara segar ke dalam ruangan. Jenis ventilasi yang umum digunakan meliputi *cross ventilation*, *single-sided ventilation*, dan ventilasi buatan seperti *Air Conditioner*. Ventilasi yang tidak memenuhi standar dapat memicu gejala *Sick Building Syndrome* (SBS) seperti sakit kepala dan menurunnya konsentrasi. Penelitian ini bertujuan mengetahui perbedaan ventilasi alami dan buatan terhadap kualitas udara dan gejala SBS dengan metode kuantitatif deskriptif dan desain *cross sectional*. Data diukur menggunakan *anemometer* dan *hot wire anemometer*. Parameter yang diukur meliputi temperatur, kelembapan relatif, kecepatan udara, dan pencahayaan. Sampel penelitian ini dilakukan kepada 36 orang staf kantor di Rumah Sakit X, Kabupaten Bandung. Ventilasi dievaluasi berdasarkan standar ASHRAE 62.1-2022 dan SNI 03-6572-2001, serta kualitas udara mengacu pada Permenkes No. 2 Tahun 2023. Hasil menunjukkan *Office 1* dan *2* tidak memenuhi standar ventilasi alami, sedangkan *Office 3* sesuai. Uji *T-Independent* menunjukkan temperatur dan kelembapan berpengaruh signifikan ($p\text{-value} = 0.001$), sementara pencahayaan dan kecepatan udara tidak signifikan ($p\text{-value} > 0.05$). Gejala SBS dialami 36 responden (86.1%) pada ventilasi alami dan 29 responden (80.6%) pada ventilasi buatan.

Kata Kunci

Ventilasi Alami, Ventilasi Buatan, *Cross Ventilation*, *Single-sided Ventilation*, *Air Conditioner*, *Sick Building Syndrome*

Ventilation has an important role in maintaining indoor air quality by circulating fresh air into the room. Common types of ventilation include cross ventilation, single-sided ventilation, and mechanical ventilation such as air conditioning. Ventilation that does not meet standards can trigger Sick Building Syndrome (SBS) symptoms, such as headaches and decreased concentration. This study aims to determine the difference between natural ventilation and mechanical ventilation on air quality and SBS symptoms using a descriptive quantitative method with a cross-sectional study design. Data were measured using an anemometer and a hot wire anemometer. The parameters measured include temperature, relative humidity, air velocity, and illuminance. This research sample was conducted on 36 Office staff members at Hospital X in Bandung Regency. Ventilation was evaluated based on ASHRAE Standard 62.1-2022 and SNI 03-6572-2001, while air quality referred to the Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 of 2023. The results showed that Office 1 and 2 did not meet the standards, while Office 3 was compliant. Independent T-Test results indicated that temperature and humidity had a significant effect ($p\text{-value} = 0.001$), while illuminance and air velocity were not significant ($p > 0.05$). SBS symptoms were experienced by 86.1% of respondents under natural ventilation and 80.6% under mechanical ventilation.

Keywords

Natural Ventilation, Mechanical Ventilation, Cross Ventilation, Single-sided Ventilation, Air Conditioner, Sick Building Syndrome

1. PENDAHULUAN

Ventilasi berperan penting dalam menjaga kualitas udara dalam ruangan. Ventilasi mempengaruhi kenyamanan, kesehatan, dan produktivitas penghuni (1). Ada 2 jenis ventilasi yaitu ventilasi alami dan ventilasi buatan. Ventilasi alami bergantung pada kualitas udara luar, sehingga bila udara luar buruk, efektivitas ventilasi akan menurun (2). Ventilasi yang tidak memadai menyebabkan sirkulasi udara terganggu, sehingga udara menjadi lembap dan pengap (3). Meskipun udara luar baik, ventilasi buatan seperti AC tetap

diperlukan. Jenis ventilasi alami yang umum digunakan meliputi *cross ventilation* dan *single-sided ventilation*.

Kebutuhan ventilasi dipengaruhi jumlah penghuni. Di kantor rumah sakit, ventilasi harus mencegah paparan bahan kimia dan bau yang memicu Sick Building Syndrome (SBS), yaitu gejala akibat kualitas udara buruk serta desain dan pemeliharaan gedung yang kurang baik (4)(5). Gejala SBS seperti sakit kepala, kelelahan, dan iritasi biasanya mereda setelah meninggalkan ruangan (6) dan risikonya meningkat jika 20–50% penghuni mengeluh (7). Karena itu, penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit X Kabupaten Bandung

bertujuan menilai desain ventilasi, mengukur kualitas udara, menganalisis perbedaan ventilasi alami dan buatan, serta memberi rekomendasi mitigasi gejala SBS.

2. KAJIAN LITERATUR

Data dari *National International of Occupational Safety and Health* (NIOSH) menyebutkan faktor-faktor penyebab timbulnya masalah kualitas udara dapat diakibatkan oleh buruknya ventilasi udara (52%), adanya sumber kontaminan dari luar ruangan (10%), adanya mikroba (5%), bahan material suatu bangunan (4%), dan lain-lain (3%) (8). Kualitas udara dalam ruangan penting untuk diperhatikan karena hampir 90% penghuni bangunan menggunakan waktunya di dalam ruangan (9).

2.1 Sistem Ventilasi

Ventilasi alami mencakup *cross ventilation*, yakni bukaan udara yang saling berhadapan, dan *single sided ventilation*, yaitu bukaan hanya pada satu sisi ruangan sehingga aliran udara masuk dan keluar melalui celah yang sama. *Single sided ventilation* dinilai kurang efektif karena dapat menurunkan kualitas udara. Oleh karena itu, perancangan ventilasi alami wajib mengacu pada standar ASHRAE untuk memastikan kualitas udara tetap aman pada zona pernafasan penghuni (10).

$$V_{bz} = R_p P_z + R_a A_z$$

V_{bz} = aliran udara luar di zona pernafasan yang disyaratkan (L/s).

R_p = laju aliran udara luar per orang yang digunakan (L/s/orang) berdasarkan Tabel 1.

P_z = jumlah orang di dalam zona ventilasi.

R_a = laju aliran udara luar per satuan luas lantai (L/s.m²) berdasarkan Tabel 1.

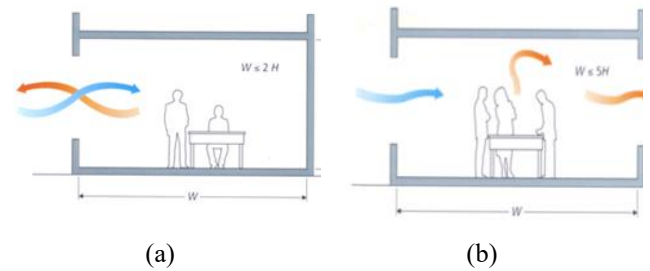
A_z = luas lantai zona (m²).

Laju aliran udara luar pada zona ditentukan berdasarkan kategori hunian sesuai Persamaan 1, sebagaimana tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Laju aliran ventilasi

Kategori Hunian	Laju aliran udara luar per orang, Rp		Laju aliran udara luar per satuan luas, Rs		Nilai standar kepadatan penghuni n	Kelas udara	Occupied Standby (OS)
	Cfm/orang	L/s/orang	Cfm/ft ²	L/s/m ²			
Bangunan gedung perkantoran	5	2,5	0,06	0,3	5	1	✓

Sebelum menghitung luas bukaan ventilasi sesuai ANSI/ASHRAE 62.1-2022, perlu dihitung luas lantai untuk single sided dan cross ventilation. Pada single sided, jarak bukaan (W) maksimal 2 kali tinggi langit-langit ($W \leq 2H$), seperti pada Gambar 1.a (2).



Gambar 1. Bukaan sisi tunggal (a) dan bukaan sisi ganda (b)

Pada *cross ventilation*, jarak antar bukaan (W) maksimal lima kali tinggi langit-langit ($W \leq 5H$), sesuai Gambar 2.b. Syarat luas bukaan ventilasi pada suatu ruangan dapat dihitung berdasarkan jenis ventilasi. Syarat luas bukaan jenis jendela *single sided* ditunjukkan pada Tabel 2 dan jenis *cross ventilation* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. syarat luas bukaan single sided ventilation

$V_{bz}/A_z \leq$ (L/s)/m	$V_{bz}/A_z \leq$ cfm/ft ²	Luas total bukaan dalam zona sebagai persentase dari A_z		
		$H_s/W_s \leq 0.1$	$0.1 < H_s/W_s \leq 1$	$H_s/W_s > 1$
1.0	0.2	4.0	2.9	2.5
2.0	0.4	6.9	5.0	4.4
3.0	0.6	9.5	6.9	6.0
4.0	0.8	12.0	8.7	7.6
5.5	1.1	15.5	11.2	9.8

Keterangan:

V_{bz} = laju aliran udara di zona pernafasan (L/s)

A_z = luas lantai (m²)

H_s = tinggi jendela (m)

W_s = lebar total jendela (m)

Tabel 3. Syarat luas bukaan double sided ventilation

$V_{bz}/A_z \leq$ (L/s)/m	$V_{bz}/A_z \leq$ cfm/ft ²	Luas total bukaan dalam zona sebagai persentase dari A_z					
		$H_{vs} \leq 2,5$ m (8,2 ft)		$2,5$ m (8,2 ft) < H_{vs} < 5m (16,4 ft)		5 m (16,4 ft) < H_{vs}	
		$A_s/A_1 \leq 0.5$	$A_s/A_1 > 0.5$	$A_s/A_1 \leq 0.5$	$A_s/A_1 > 0.5$	$A_s/A_1 \leq 0.5$	$A_s/A_1 > 0.5$
1.0	0.2	2.0	1.3	1.3	0.8	0.9	0.6
2.0	0.4	4.0	2.6	2.5	1.6	1.8	1.2
3.0	0.6	6.0	3.9	3.8	2.5	2.7	1.7
4.0	0.8	8.0	5.2	5.0	3.3	3.6	2.3
5.0	1.1	11.0	7.1	6.9	4.5	4.9	3.2

Keterangan:

V_{bz} = laju aliran udara (L/s)

A_z = luas lantai (m²)

H_{vs} = tinggi jendela (m)

A_s = luas bukaan terkecil dari jendela (m)

A_1 = luas bukaan terbesar jendela (m)

2.2. Kualitas Udara

Kualitas udara dalam ruangan dikatakan baik jika bebas dari zat berbahaya dan memberikan kenyamanan. Karena sebagian besar aktivitas dilakukan di dalam ruangan, menjaga *Indoor Air Quality* (IAQ) penting untuk kesehatan (11). Kualitas udara yang diukur pada penelitian ini meliputi

temperatur, kelembapan relatif, kecepatan udara, dan pencahayaan.

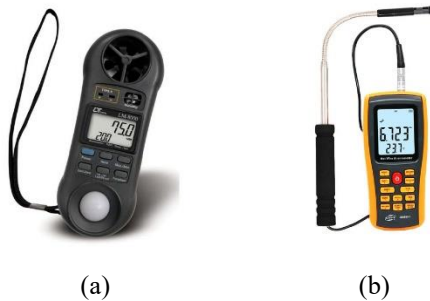
2.3. Sick Building Syndrome (SBS)

Sick Building Syndrome (SBS) adalah gejala non-spesifik seperti sakit kepala, kelelahan, dan iritasi yang dialami penghuni gedung akibat kualitas udara dalam ruangan yang buruk (12). Penyebab utama SBS adalah ventilasi, suhu, dan kelembapan yang tidak sesuai standar (4,5). Pencegahan gejala SBS meliputi perbaikan sistem ventilasi, pemasangan filter udara, dan pengendalian suhu ruangan (13).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan desain cross sectional di tiga ruang Office lantai 1 dari gedung perawatan di Rumah Sakit di Kabupaten Bandung. Office 1 dan 2 menggunakan ventilasi alami *single-sided*, sedangkan Office 3 *cross ventilation*. Jumlah penghuni berturut-turut 13 orang, 15 orang, dan 11 orang. Pengambilan data dilakukan enam hari pada Februari–Maret 2025 pukul 09.00–14.45 WIB.

Pengukuran kualitas udara menggunakan *anemometer Lutron LM-8000A* (Gambar 2.a) dan *hot wire anemometer Benetech GM8903* (Gambar 2.b). Parameter yang diukur meliputi temperatur, kelembapan relatif, kecepatan udara, dan pencahayaan pada dua kondisi: ventilasi alami dibuka dengan buatan dimatikan, dan ventilasi alami ditutup dengan buatan dinyalakan.

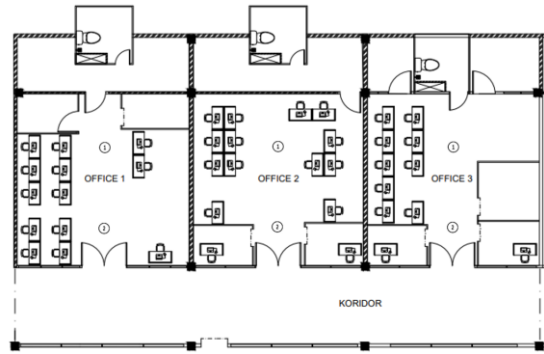


Gambar 2. (a) *anemometer Lutron LM-8000A* (b) *hot wire anemometer Benetech GM8903*

Analisis gejala SBS dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada 36 responden yang merupakan sampel dari total 39 orang staf, dengan menggunakan Rumus *Slovin* (14). Variabel yang diteliti mencakup jenis kelamin, umur, status gizi, dan lama kerja. Data dianalisis menggunakan Uji *T-Independent* melalui *software* SPSS untuk mengetahui perbedaan kualitas udara antara kedua kondisi ventilasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dimulai dengan penentuan titik pengukuran di setiap ruangan yang akan diteliti. Titik-titik pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Penentuan titik pengukuran

Pengukuran data ruang diambil setelah melakukan analisis ruangan. Tabel 4 menunjukkan data semua ruangan *Office*.

Tabel 4. Data ruang Office di Rumah Sakit X lantai 1

Volume setiap ruangan ($p \times l \times t$)	8m × 5m × 3.5m
Volume koridor ($p \times l \times t$)	8m × 3m × 3.5m
Luas jendela koridor Office 1 dan Office 3 ($p \times t$)	2.4m × 0.6m
Luas jendela koridor Office 2 ($p \times t$)	1.5m × 0.6m
Ventilasi buatan Office 1	Satu buah AC brand Daikin jenis wall mounted kapasitas 2 PK
Ventilasi buatan Office 2 dan Office 3	Dua buah AC brand Daikin jenis wall mounted, masing-masing kapasitas 1.5 PK

4.1 Ruang Office 1

4.1.1. Perhitungan Syarat Luas Lantai

Ventilasi *single-sided* mensyaratkan kedalaman ruangan tidak melebihi 2H (Gambar 1.a). Dengan tinggi ruangan 3.5 m, maka kedalaman maksimum yang dipersyaratkan adalah 7 m, sedangkan kondisi aktual 8 m, sehingga tidak memenuhi syarat luas lantai.

4.1.2. Perhitungan Laju Aliran Udara di Zona Pernafasan

Diketahui nilai laju aliran, sebagaimana tercantum pada Tabel 1 dan Tabel 4 dengan jumlah penghuni 13 orang.

$$\begin{aligned} V_{bz} &= R_p P_z + R_a A_z \\ &= (2.5 \times 13) + (0.3 \times 40) \\ &= 32.5 + 12 \\ &= 44.5 \text{ L/s} \end{aligned}$$

4.1.3. Perhitungan Syarat Luas Bukaannya Ventilasi

$$\begin{aligned} \text{Luas jendela aktual} &= (0.6 \text{ m} \times 2.4 \text{ m}) \times 2 \text{ unit} \\ &= 2.88 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk menghitung syarat luas bukaannya ventilasi, maka:

$$\frac{V_{bz}}{A_z} = \frac{44.5}{40} = 1.11 \text{ L/s/m}^2 \text{ dan } \frac{H_s}{W_s} = \frac{0.6}{2.4} = 0.52$$

Berdasarkan Tabel 2, maka luas bukaannya yang dipersyaratkan yaitu:

$$\text{Luas bukaannya} = 5\% \times 40 \text{ m}^2 = 2 \text{ m}^2$$

Luas bukaan aktual sebesar 2.88 m² lebih kecil dari syarat standar 2 m², sehingga tidak memenuhi ketentuan ANSI/ASHRAE 62.1-2022.

4.2 Ruang Office 2

4.2.1 Perhitungan Syarat Luas Lantai

Dengan melakukan perhitungan yang sama seperti pada 4.1, maka didapatkan bahwa ruangan Office 2 yang berukuran 8 meter, telah melewati batas maksimum yang diizinkan yaitu 7 meter.

4.2.2 Perhitungan Laju Aliran Udara di Zona Pernafasan

Diketahui nilai laju aliran, sebagaimana tercantum pada Tabel 1 dan Tabel 4 dengan penghuni berjumlah 15 orang.

$$\begin{aligned} V_{bz} &= R_p P_z + R_a A_z \\ &= (2.5 \times 15) + (0.3 \times 40) \\ &= 37.5 + 12 \\ &= 49.5 \text{ L/s} \end{aligned}$$

4.2.3 Perhitungan Syarat Luas Bukaan Ventilasi

Luas jendela pada kondisi aktual sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas jendela aktual} &= (0.6\text{m} \times 1.5\text{m}) \times 1 \text{ unit} \\ &= 0.9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk menghitung syarat luas bukaan ventilasi, maka:

$$\frac{V_{bz}}{A_z} = \frac{44.5}{40} = 1.11 \text{ L/s/m}^2 \text{ dan } \frac{H_s}{W_s} = \frac{0.6}{1.5} = 0.4$$

Berdasarkan Tabel 2, maka luas bukaan yang dipersyaratkan yaitu:

$$\text{Luas bukaan} = 5\% \times 40\text{m}^2 = 2\text{m}^2$$

Luas bukaan aktual sebesar 0.9 m² lebih kecil dari syarat standar 2m², sehingga tidak memenuhi ketentuan ANSI/ASHRAE 62.1-2022.

4.3 Ruang Office 3

4.3.1 Perhitungan Syarat Luas Lantai

Ruang Office 3 menggunakan *cross ventilation* dimana mensyaratkan kedalaman ruangan tidak melebihi 5H (Gambar 1.b). Dengan tinggi ruangan 3.5 m, maka kedalaman maksimum yang dipersyaratkan adalah 17.5 meter, sedangkan kondisi aktual 8 meter, sehingga memenuhi syarat luas lantai.

4.3.2 Perhitungan Laju Aliran Udara di Zona Pernafasan

$$\begin{aligned} V_{bz} &= R_p P_z + R_a A_z \\ &= (2.5 \times 11) + (0.3 \times 40) \\ &= 27.5 + 12 \\ &= 39.5 \text{ L/s} \end{aligned}$$

4.3.3 Perhitungan Syarat Luas Bukaan Ventilasi

Luas jendela pada kondisi aktual sebagai berikut:

$$\text{Luas jendela} = (0.6\text{m} \times 2.4\text{m}) \times 2 \text{ unit} = 2.88 \text{ m}^2$$

Untuk menghitung syarat luas bukaan ventilasi, maka:

$$\frac{V_{bz}}{A_z} = \frac{39.5}{40} = 0.987 \text{ L/s/m}^2 \text{ dan } \frac{A_s}{A_1} = \frac{1}{1} = 1$$

Berdasarkan Tabel 3, maka luas bukaan yang dipersyaratkan yaitu:

$$\text{Luas bukaan} = 1.3\% \times 40\text{m}^2 = 0.52 \text{ m}^2$$

Luas bukaan aktual (2,88 m²) lebih besar dari yang dipersyaratkan (0,52 m²), sehingga jendela ruang Office3 memenuhi standar ANSI/ASHRAE 62.1-2022.

Tabel 5 menunjukkan hasil kesesuaian ventilasi alami, yang selanjutnya digunakan untuk menilai ventilasi buatan sesuai SNI 03-6572-2001 (15), dituliskan pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil perhitungan ventilasi alami dengan standar baku

Keterangan	Kesesuaian		
	Office 1	Office 2	Office 3
Luas Lantai	×	×	✓
Luas Bukaan Ventilasi	×	×	✓

Tabel 6 Hasil kesesuaian ventilasi buatan dengan standar baku

Keterangan	Kesesuaian		
	Office 1	Office 2	Office 3
Sistem ventilasi mekanis perlu diterapkan jika ventilasi alami yang memenuhi syarat tidak memadai.	✓	✓	×
Penempatan fan harus dirancang agar dapat mengoptimalkan pelepasan udara serta memungkinkan masuknya udara segar dengan efektif	✓	✓	×

4.4 Persyaratan Kualitas Udara

Data hasil pengukuran dirata-ratakan pada masing-masing kondisi desain ventilasi di pagi hari dan siang hari yang disesuaikan dengan persyaratan menurut Peraturan Menteri Kesehatan No.2 Tahun 2023. Hasil pengambilan data disajikan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

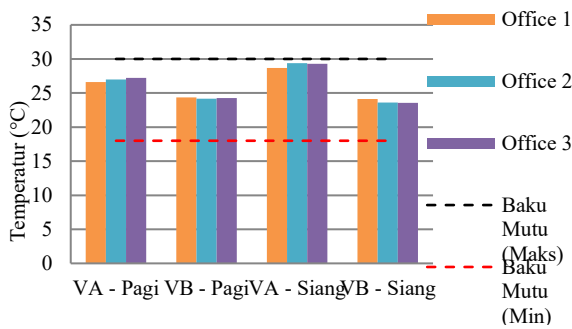
Tabel 7. Hasil rata-rata data pengukuran pagi hari

Office	Ventilas	Temperat ur (°C)	Kelembap an Relatif (%)	Kecepatan Angin (m/s)	Pencahayaan (Lux)
1	Alami	26.60	61.23	0.06	154.53
	Buatan	24.36	58.23	0.06	115.83
2	Alami	27.00	63.77	0.03	152.87
	Buatan	24.15	57.01	0.07	160.74
3	Alami	27.20	60.73	0.23	163.93
	Buatan	24.26	59.10	0.18	166.55

Tabel 8. Hasil rata-rata data pengukuran siang hari

Office	Ventilasi	Temperat ur (°C)	Kelembap an Relatif (%)	Kecepatan Angin (m/s)	Pencahayaan (Lux)
1	Alami	28,77	59,99	0,12	127,44
	Buata n	24,10	61,31	0,00	117,93
2	Alami	29,43	58,45	0,06	156,81
	Buata n	23,60	60,47	0,03	161,62
3	Alami	29,32	55,73	0,08	165,01
	Buata n	23,58	62,34	0,23	162,14

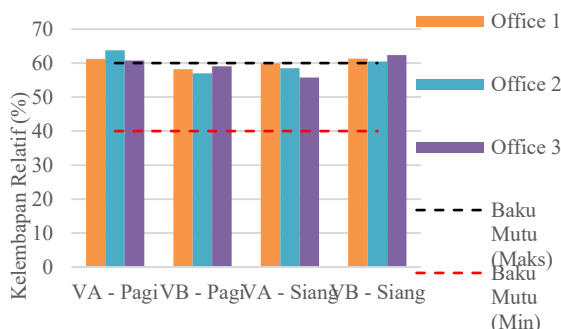
4.4.1 Analisis Temperatur



Gambar 4. Diagram perbedaan temperature ventilasi alami (VA) dan ventilasi buatan (VB) pagi dan siang hari

Gambar 4 menunjukkan temperatur pagi hari kondisi VA berkisar 26.6–27.2 °C lebih tinggi dibanding VB 24.15–24.36 °C, meski selisihnya tidak terlalu signifikan. Penurunan terbesar terjadi di *Office 3*, dari 27.2 °C menjadi 24.26 °C, dipengaruhi cuaca cerah berawan. Kemudian siang hari, temperatur VA berkisar 28.77–29.67 °C, lebih tinggi dibanding VB pada 23.58–24.1 °C. Temperatur tertinggi VA tercatat di *Office 2* karena cuaca cerah berawan, sedangkan pada VB tertinggi di *Office 1* akibat frekuensi keluar-masuk staf. Seluruh suhu tetap memenuhi standar Permenkes No. 2 Tahun 2023.

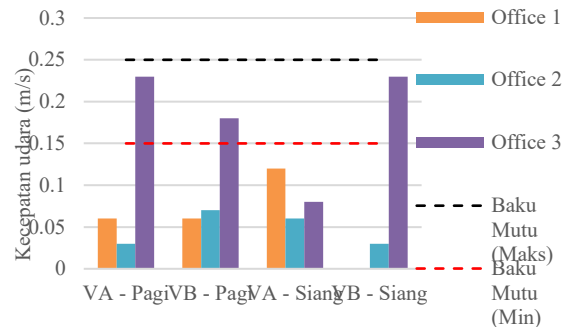
4.4.2 Kelembapan Relatif



Gambar 5. Diagram perbedaan kelembapan relatif ventilasi alami (VA) dan ventilasi buatan (VB) pagi dan siang hari

Gambar 5 menunjukkan kelembapan relatif VA berkisar 60.73–63.77%, lebih tinggi dibanding VB yaitu 57.01–59.10%, akibat penggunaan AC. Kelembapan tertinggi tercatat di *Office 2* yaitu 63.77% saat penggunaan VA karena cuaca berawan dan hujan. Umumnya kelembapan masih sesuai standar, kecuali *Office 2* yang sedikit melebihi batas karena cuaca yang hujan pada hari pertama dan kedua. Kemudian pada kondisi siang memperlihatkan kelembapan VA berkisar 55.73–59.9%, masih di bawah batas maksimum 60%. Namun, VB meningkat menjadi 60.47–62.34%, khususnya di *Office 1* dan *Office 3* berturut-turut yaitu 61.31% dan 62.34% yang melampaui ambang batas, dipengaruhi cuaca berawan dan aktivitas rapat mendadak di *Office 3*.

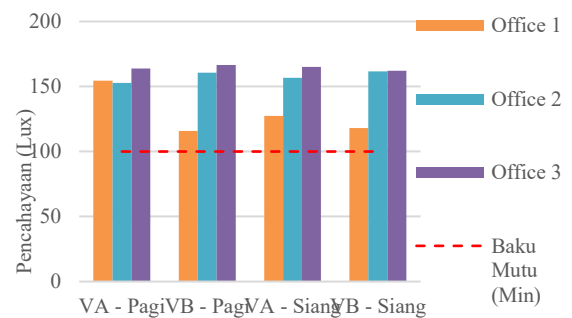
4.4.3 Analisis Kecepatan Udara



Gambar 6. Diagram perbedaan kecepatan udara ventilasi alami (VA) dan ventilasi buatan (VB) pagi dan siang hari

Gambar 6 menunjukkan pada pagi hari kecepatan udara berkisar 0.03–0.23 m/s dengan nilai tertinggi pada *Office 3* karena *cross ventilation*, sementara *Office 1* dan *2* rendah akibat desain ventilasi kurang optimal dan terhalang koridor. Kemudian kecepatan udara siang hari, VA berkisar 0.06–0.12 m/s, sedangkan ventilasi buatan 0.0–0.23 m/s. Rendahnya kecepatan pada VB disebabkan posisi AC yang tidak optimal dan kecepatan *fan* menurun. Hanya *Office 3* pada VB (0.23 m/s) yang memenuhi standar Permenkes No. 2 Tahun 2023 berkat dua AC berkapasitas 1.5 PK.

4.4.4 Analisis Pencahayaan



Gambar 7. Diagram perbedaan pencahayaan ventilasi alami (VA) dan ventilasi buatan (VB) pagi dan siang hari

Gambar 7 menunjukkan pencahayaan pagi hari berkisar 152.87–163.93 lux dengan paling tinggi pada *Office 3* karena cuaca cerah berawan, sedangkan *Office 1* dan *2* lebih rendah akibat desain *single-sided ventilation*. Seluruh ruangan tetap memenuhi standar minimum. Kemudian siang hari memperlihatkan pencahayaan VA 124.4–165 lux dan VB 117.93–162.14 lux. Cuaca cerah pada hari keempat hingga keenam mendukung pencahayaan sesuai standar. Secara keseluruhan, kedua kondisi memenuhi baku mutu Permenkes No. 2 Tahun 2023.

4.5 Karakteristik Individu

Berdasarkan hasil penelitian, karakteristik individu yang diteliti antara lain jenis kelamin, umur, status gizi, dan lama bekerja di ruangan. Hasil data karakteristik individu ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Karakteristik Individu

Karakteristik Individu	Frequency (n=36)	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Jenis Kelamin				
Perempuan	25	69.4	69.4	69.4
Laki-Laki	11	30.6	30.6	100.0
Umur				
21-30 tahun	10	27.8	27.8	27.8
31-40 tahun	11	30.6	30.6	58.3
41-50 tahun	12	33.3	33.3	91.7
>50 tahun	3	8.3	8.3	100.0
Status Gizi				
Kekurangan berat badan tingkat tinggi	1	2.8	2.8	2.8
Normal	20	55.6	55.6	58.3
Kelebihan berat badan tingkat rendah	6	16.7	16.7	75.0
Kelebihan berat badan tingkat tinggi	9	25.0	25.0	100.0
Lama bekerja				
<5 jam	1	2.8	2.8	2.8
5-8 jam	34	94.4	94.4	97.2
>8 jam	1	2.8	2.8	100.0

Berdasarkan Tabel 9, responden terdiri dari 25 laki-laki (69,4%) dan 11 perempuan (30,6%). Usia terbanyak 41–50 tahun (12 responden, 33,3%), yang dapat memengaruhi kesehatan karena terkait kinerja. Status gizi normal dimiliki 20 responden (55,6%), kelebihan berat badan tingkat rendah 6 responden (16,7%), dan tingkat tinggi 9 responden (25,0%). Penelitian sebelumnya menyebutkan status gizi berpengaruh terhadap kerentanan gejala SBS (5,16). Sebanyak 34 responden (94,4%) bekerja 5–8 jam, di mana durasi kerja menjadi faktor risiko SBS karena staf banyak menghabiskan waktu di dalam ruang kerja.

4.6 Uji T-Independent

Uji *T-Independent* dilakukan untuk mengetahui nilai perbedaan yang signifikan antara kedua kondisi ventilasi, yaitu kondisi ventilasi alami dan buatan. Perbedaan dianggap signifikan apabila *p-value* memiliki nilai kurang dari 0.05 (<0.05).

4.6.1 Uji T-Independent pada pagi hari

Pada Tabel 10 ditunjukkan hasil Uji *T-Independent* pada pagi hari di setiap parameter kualitas udara.

Tabel 10. Hasil uji T-independent pada pagi hari

Parameter	Jenis Ventilasi	N	Mean	Standar Deviasi	<i>p value</i> (sig. 2 tailed)
Temperatur	Ventilasi Alami	9	26.93	0.097	<0.001
	Ventilasi Buatan	9	24.25	0.256	<0.001
Kelembapan Relatif	Ventilasi Alami	9	61.91	2.01	0.008
	Ventilasi Buatan	9	58.11	3.17	0.009

Kecepatan Udara	Ventilasi Alami	9	0.153	0.1137	0.964
	Ventilasi Buatan	9	0.1030	0.0992	0.964
Pencahayaannya	Ventilasi Alami	9	157.11	10.02	0.220
	Ventilasi Buatan	9	145.71	27.44	0.257

Berdasarkan Tabel 10, terdapat perbedaan signifikan pada nilai temperatur dan kelembapan relatif di setiap kondisi ventilasi, dengan *p-value* temperatur < 0.001. Kelembapan relatif menunjukkan *p-value* sebesar 0,008 pada ventilasi alami dan 0.009 pada ventilasi buatan. Sementara itu, kecepatan udara dan pencahayaan tidak menunjukkan perbedaan signifikan (*p-value* > 0.005). Hal ini disebabkan oleh desain ventilasi *single-sided* pada ruangan *Office 1* dan *Office 2*, yang menghambat pergerakan udara secara optimal. Selain itu, pencahayaan alami harus melalui koridor terlebih dahulu sebelum mencapai ruangan, sehingga tidak terjadi perbedaan pencahayaan yang signifikan.

4.6.2 Uji T-Independent pada siang hari

Pada Tabel 11 ditunjukkan hasil Uji *T-Independent* pada siang hari di setiap parameter kualitas udara.

Tabel 11. Hasil uji T-independent pada siang hari.

Parameter	Jenis Ventilasi	N	Mean	Standar Deviasi	<i>p value</i> (sig. 2 tailed)
Temperatur	Ventilasi Alami	9	29.17	0.601	<0.001
	Ventilasi Buatan	9	23.76	0.572	<0.001
Kelembapan Relatif	Ventilasi Alami	9	58.06	3.73	0.037
	Ventilasi Buatan	9	61.37	2.29	0.040
Kecepatan Udara	Ventilasi Alami	9	0.086	0.583	0.979
	Ventilasi Buatan	9	0.087	0.118	0.979
Pencahayaannya	Ventilasi Alami	9	149.75	21.04	0.812
	Ventilasi Buatan	9	147.23	23.13	0.812

Tabel 11 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada nilai temperatur dan kelembapan relatif di setiap kondisi ventilasi, dengan *p-value* temperatur < 0.001. Kelembapan relatif menunjukkan *p-value* sebesar 0.037 pada ventilasi alami dan 0.040 pada ventilasi buatan. Sementara itu, kecepatan udara dan pencahayaan tidak menunjukkan perbedaan signifikan (*p-value* > 0.005). Hal ini disebabkan oleh desain ventilasi *single-sided* pada ruangan *Office 1* dan *Office 2*, yang menghambat pergerakan udara secara optimal. Selain itu, pencahayaan alami harus melalui koridor terlebih dahulu sebelum mencapai ruangan, sehingga tidak terjadi perbedaan pencahayaan yang signifikan.

4.7 Gejala Sick Building Syndrome

Analisis data SBS didapat dari hasil sebar kuesioner. Suatu bangunan dapat dikategorikan sebagai penyebab gejala SBS apabila 20%-50% dari seluruh pegawai yang menempatnya mengalami gejala-gejala SBS secara bersamaan (7). Pada

tabel 12 ditunjukkan hasil dari responden yang terkena gejala SBS pada kedua kondisi ventilasi.

Tabel 11 Sick Building Syndrome

Parameter	Kategori		Total
	Mengalami SBS	Tidak Mengalami SBS	
SBS saat ventilasi alami	31 responden (86.1%)	5 responden (11.9%)	36 responden (100%)
SBS saat ventilasi buatan	29 responden (80.6%)	7 responden (19.4%)	36 responden (100%)

Hasil menunjukkan bahwa pada kondisi ventilasi alami, 31 dari 36 responden (86.1%) mengalami gejala SBS, sedangkan pada ventilasi buatan, 29 responden (80.6%) mengalami gejala serupa. Kedua kondisi menunjukkan prevalensi gejala SBS yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh desain ventilasi *single-sided* yang kurang optimal, sehingga sirkulasi udara terbatas karena hanya mengandalkan satu bukaan. Selain itu, penempatan ventilasi buatan yang tidak tepat turut memperburuk sirkulasi udara, memicu gejala seperti sakit tenggorokan, kantuk, dan sakit kepala.

5. KESIMPULAN

Ruang *Office 1* dan *Office 2* tidak memenuhi syarat ventilasi alami menurut ANSI/ASHRAE 62.1-2022. Kemudian penggunaan ventilasi buatan pada ruang *Office 1* dan *Office 2* telah memenuhi syarat ventilasi buatan berdasarkan SNI 03-6572-2001, sedangkan *Office 3* tidak memenuhi. Kualitas udara di dalam ruangan dari parameter temperatur dan kelembapan relatif memiliki perbedaan signifikan ($p\text{-value} < 0.05$), sedangkan kecepatan udara dan pencahayaan tidak memiliki perbedaan signifikan ($p\text{-value} > 0.05$). Kualitas udara perlu disesuaikan dengan Peraturan Menteri Kesehatan No.2 tahun 2023. Gejala SBS dirasakan pada 31 responden (86.1%) pada kondisi ventilasi alami dan 29 responden pada kondisi ventilasi buatan (80.6%) dari total 36 responden. Hal ini dikarenakan sistem ventilasi alami *single sided* yang kurang optimal untuk sirkulasi udara di dalam ruangan.

Rekomendasi yang dapat diberikan untuk Rumah Sakit yaitu perlu adanya sistem ventilasi alami yang lebih optimal, salah satu langkahnya yaitu penggunaan ventilasi jenis *cross ventilation*. Kemudian penggunaan ventilasi buatan pada ruangan *Office 3* tidak menjadi suatu keharusan untuk efisiensi.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung dan pihak Rumah Sakit di Kabupaten Bandung serta berbagai pihak yang telah memfasilitasi dan terlibat dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ba'amir ABY, Diyanah KC, Pawitra AS. Hubungan Kualitas Udara Dalam Ruangan Dan Faktor Individu Dengan Sick Building Syndrome (Sbs) Di Pt Len Industri (Persero). *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*. 2024;20(2).
2. Rasya'Murran A. Pengaruh Ventilasi Alami dan Buatan Untuk Mengantisipasi Kejadian Sick Building Syndrome (Studi Kasus: Laboratorium Gedung Fakultas Farmasi Universitas Airlangga). Universitas Brawijaya; 2021.
3. Wimala M, Winardo K. Kajian Kebutuhan Ventilasi Alami Ruangan pada Bangunan Gedung. *Rekayasa Sipil*. 2023;17(2):122–9.
4. Murniati N. Hubungan Suhu dan Kelembaban dengan Keluhan Sick Building Syndrome pada Petugas Administrasi Rumah Sakit Swasta X. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*. 2018;7(3):148–54.
5. Ridwan AM, Nopiyanti E, Susanto AJ. Analisis Gejala Sick Building Syndrome Pada Pegawai Di Unit OK Rumah Sakit Marinir Cilandak Jakarta Selatan. *JUKMAS: Jurnal Untuk Masyarakat Sehat*. 2018;2(1):116–33.
6. Hefnita H, Budiyo B, Suhartono S. Hubungan Antara Kualitas Udara Dengan Gejala Sick Building Syndrome, Bagaimana Penanggulangannya?: Literature Review. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*. 2023;15(2):528–40.
7. Nimlyat PS, Inusa YJ, Nanfel PK. A literature review of indoor air quality and sick building syndrome in office building design environment. *Green Building & Construction Economics*. 2023;1–18.
8. Savanti F, Hardiman G, Setyowati E. Pengaruh Ventilasi Alami Terhadap Sick Building Syndrome. *Arsitektura*. 2019;17(2):211–20.
9. Ardian AE. Faktor Yang Memengaruhi Sick Building Syndrome di ruangan Kantor. *Kesehatan Lingkungan*. 2013;7(1):107–17.
10. ASHRAE. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022, and Acceptable Ventilation Indoor Air Quality. ASHRAE Standard. 2022. In 2022. p. 1–90.
11. Mannan M, Al-Ghamdi SG. Indoor air quality in buildings: a comprehensive review on the factors influencing air pollution in residential and commercial structure. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(6):3276.
12. Karlina PM, Maharani R, Utari D. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Gejala Sick Building Syndrome (SBS). *Jurnal Ilmiah Kesehatan Masyarakat: Media Komunikasi Komunitas Kesehatan Masyarakat*. 2021;13(1):46–55.
13. Saputri YE. Pengaruh Lingkungan Kerja Fisik Terhadap Sick Building Syndrome (Sbs) Pada Karyawan Di Pt. Inka Multi Solusi Service Madiun. *Stikes Bhakti Husada Mulia Madiun*; 2021.
14. Santoso A. Rumus slovin: panacea masalah ukuran sampel? *Suksma: Jurnal Psikologi Universitas Sanata Dharma*. 2023;4(2):24–43.
15. BSN. Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung. 2001 p. 1–55.
16. Miqdaddiati M, Andayani NLN, Primayanti I, Adiputra L. Hubungan antara indeks massa tubuh (imt) dengan kebugaran jasmani pada siswi sma negeri 2 tabanan. *Majalah Ilmiah Fisioterapi Indonesia*. 2021;9(1).