

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam perbandingan jenis desain ruang isolasi terhadap jumlah kuman udara di ruang isolasi penelitian dan pembahasannya sesuai dengan pernyataan permasalahan, yaitu :

1. Apakah terdapat perbedaan antara desain ruang isolasi tipe N dengan desain ruang isolasi tipe S dalam jumlah kuman udara?
2. Bagaimana signifikansi perbedaan jumlah kuman udara antara desain ruang isolasi tipe S tekanan standar atau alami dengan desain isolasi tipe N tekanan negatif?

Data-data yang telah dikumpulkan pada penelitian ini meliputi data suhu, kelembaban, tekanan, ACH, dan koloni kuman.

Tekanan ruang yang menjadi dasar klasifikasi desain ruang tipe S dan N, diamati melalui magnehelic yang terletak di dinding luar kamar menghadap koridor bangsal. Pada tabel V.1 merupakan tabulasi dari hasil pengamatan tekanan pada magnehelic setiap kamar.

KAMAR DESAIN TEKANAN (Pascal)		
1	N	-5Pa
2	N	-15Pa
3	N	-10Pa
4	S	0Pa
5	N	-13Pa
6	N	-10Pa
7	N	-15Pa
8	N	-9Pa
9	S	0Pa
10	S	0Pa
11	S	0Pa
14	S	0Pa
15	S	0Pa
16	S	0Pa

Tabel V.1
Tabel Hasil Pengamatan Tekanan Setiap Kamar di Ruang Kana
Sumber: Survei Lapangan

Dari tabel didapatkan bahwa tekanan udara ruang isolasi tekanan negatif bervariasi, ada yang sesuai dengan pedoman kamar isolasi dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia yaitu -15 pascal, namun ada yang kurang dari angka tersebut.

Adapun pengukuran temperatur di setiap ruang perawatan pada jam 10.00 di ruang isolasi Kana terangkum dalam tabel V.2 sebagai berikut

KAMAR	DESAIN	SUHU
1	N	27,4°C
2	N	24,1°C
3	N	26,2°C
4	S	22,0°C
5	N	27,1°C
6	N	25,9°C
7	N	27,1°C
8	N	28,0°C
9	S	24,2°C
10	S	25,9°C
11	S	23,6°C
14	S	24,2°C
15	S	24,3°C
16	S	24,1°C

Tabel V.2
Tabel Hasil Pengamatan Suhu Setiap Kamar di Ruang Kana
Sumber: Survei Lapangan

Pedoman ruang isolasi Kementerian Kesehatan mensyaratkan pengaturan suhu ruang perawatan pasien COVID-19 sebesar $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ atau dalam rentang 22°C hingga 26°C . Tampak dalam tabel, suhu di setiap ruang perawatan belum seluruhnya ada di dalam standar suhu tersebut.

Tingkat ACH yang dihasilkan disyaratkan oleh WHO sebesar 12 ACH baik untuk desain ruang isolasi tipe S maupun desain ruang isolasi tipe N. Tabel V.3 menunjukkan hasil pengukuran kecepatan aliran udara atau velocity dan ACH.

KAMAR	DESAIN	AIRFLOW (km/h)	AIRFLOW (m/s)	ACH
1	N	3,3 km/h	0,92 m/s	6,92x/jam
2	N	4,2 km/h	1,17 m/s	8,82x/jam
3	N	3,9 km/h	1,08 m/s	12,22x/jam
4	S	3,3 km/h	0,92 m/s	10,40x/jam
5	N	3,5 km/h	0,97 m/s	10,96x/jam
6	N	6,1 km/h	1,69 m/s	19,10x/jam
7	N	6,1 km/h	1,69 m/s	12,74x/jam
8	N	4,2 km/h	1,17 m/s	8,82x/jam
9	S	3,3 km/h	0,92 m/s	10,40x/jam
10	S	4,6 km/h	1,28 m/s	9,64x/jam
11	S	6,8 km/h	1,89 m/s	14,24x/jam
14	S	1,8 km/h	0,28 m/s	2,12x/jam
15	S	2,8 km/h	0,78 m/s	5,88x/jam
16	S	1,3 km/h	0,36 m/s	4,06x/jam

Tabel V.3

Tabel Hasil Pengamatan Aliran Udara Setiap Kamar di Ruang Kana
Sumber: Survei Lapangan

KAMAR	DESAIN	KELEMBABAN
1	N	58,1%
2	N	52,1%
3	N	58,5%
4	S	47,6%
5	N	52,8%
6	N	50,2%
7	N	53,5%
8	N	52,0%
9	S	55,4%
10	S	64,8%
11	S	62,9%
14	S	60,8%
15	S	53,1%
16	S	63,3%

Tabel V.4

Tabel Hasil Pengamatan Kelembaban Setiap Kamar di Ruang Kana
Sumber: Survei Lapangan

Temperatur ruangan dibuat $24 \pm 2^\circ\text{C}$ dengan kelembaban relative 60%, sesuai Pedoman Teknis Bangunan Dan Prasarana Ruang

Isolasi Penyakit Infeksi Emerging (PIE) dari Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2020 (Kementerian Kesehatan, 2020).

Jika dilihat dari data dan gambar maka akan tergambar persamaan dan perbedaan dari semua kamar perawatan di ruang isolasi Kana. Persamaan dari setiap kamar:

1. Semua kamar memiliki sumber udara berupa AC dan *exhaust fan* yang letaknya satu bidang dengan jendela yang menjadi masuknya sinar matahari.
2. Bentuk pintu sama dengan desain kupu tarung lebar sebelah tanpa *automatic door closer*.
3. Setiap kamar dilengkapi satu kamar mandi yang dilengkapi satu *exhaust fan* ukuran 36x36 cm.

Persamaan yang dimunculkan pada setiap kamar ini bermanfaat dalam penelitian sehingga tidak ada perbedaan tajam pada faktor-faktor yang mempengaruhi.

Adapun perbedaan dari setiap kamar selain dari desain tipe S dan N, tentunya pada tekanan yang dihasilkan. Selain itu adanya faktor eksternal di sisi luar setiap kamar seperti pepohonan yang mana ada kamar dengan pohon ditanam dekat kamar dan menjadi faktor peneduh, namun di sisi lain ada kamar yang tidak tampak pohon jika dipantau dari jendela.

Pada penelitian ini, kuman dari udara yang tertangkap di media

pertumbuhan kuman berbentuk agar-agar, diinkubasi untuk menumbuhkan koloni kuman yang dihitung dalam satuan CFU (*Colony Forming Unit*).

Kamar	Desain	Σ Koloni Ujung masuk kiri (CFU/m ³)	Σ Koloni Ujung masuk kanan (CFU/m ³)	Σ Koloni Tengah (CFU/m ³)	Σ Koloni Ujung dalam kiri (CFU/m ³)	Σ Koloni Ujung dalam kanan (CFU/m ³)	Σ Koloni Koloni Total (CFU/m ³)
1	N	2	3	2	1	0	8
2	N	8	12	10	5	1	36
3	N	3	5	3	5	1	17
4	S	1	2	0	2	1	6
5	N	0	3	1	1	0	5
6	N	0	1	0	2	1	4
7	N	1	5	0	2	0	8
8	N	4	10	2	3	7	26
9	S	33	120	58	80	73	364
10	S	1	7	5	1	1	15
11	S	3	3	1	2	1	10
14	S	45	80	25	40	30	221
15	S	8	15	10	10	8	51
16	S	2	5	2	5	4	18

Tabel V.5
Tabel Hasil Pengamatan Koloni
Sumber: Survei Lapangan

Jumlah angka kuman di setiap titik ruang dapat secara deskriptif ditinjau dari denah ruang perawatan isolasi pada denah IV.7 dan IV.8. Dari gambaran tersebut tampak petri di ujung masuk sisi kanan mendekati pintu masuk lebih banyak angka kumannya dibandingkan sisi kiri yang terhalang dinding kamar mandi. Sehingga aliran udara yang bergerak akibat pembukaan dan penutupan pintu ruang akan lebih besar dibandingkan dengan sisi kiri yang terhalang dinding kamar mandi. Selain itu hembusan dari AC mengarah ke pintu masuk, sementara *exhaust fan* berada satu bidang dengan AC sehingga fungsinya sebagai pembuangan polutan tidak

efektif terutama pada desain tipe S yang hanya menjadi jalur keluar aliran udara tanpa ada penghisapan. Hal ini pula yang menyebabkan angka kuman di sisi kiri dekat *exhaust fan* relatif lebih tinggi dibandingkan sisi kanan yang berdekatan dengan AC yang memberikan dorongan aliran udara.

Sisi tengah memiliki jumlah kuman lebih rendah dibandingkan sisi kanan arah pintu masuk ruangan dan sisi kiri mendekati *exhaust fan*. Hal ini dapat merupakan konsekuensi dari aliran udara yang mengalir dari AC ke arah pintu masuk, namun ada aliran balik ke arah *exhaust fan* dan ada aliran dari arah pintu yang kemungkinan saling mendorong dan mempengaruhi aliran yang menuju ke tengah ruang, sehingga konsentrasi mikroorganisme yang terjatuh di media agar di tengah ruang relatif lebih sedikit dibandingkan kedua titik yang disebutkan sebelumnya.

Untuk kamar 9 dan 14 didapatkan angka kuman sangat tinggi. 364 CFU/m³ untuk kamar 9 dan pada kamar 14 didapatkan angka kuman sebesar 221 CFU/m³. Jika melihat desainnya, kedua kamar ini memiliki persamaan pada desain ruang isolasi tipe S dan tidak terpasang HEPA filter. Selain itu kedua kamar ini letaknya berdampingan dengan area kotor, dimana kamar 9 bersebelahan dengan *spoelhoek* atau kamar mandi limbah dan kamar 14 bersebelahan dengan ruang penyimpanan alat. Meskipun tidak menyatu, namun ketiadaan *automatic door closer* memberikan potensi

percampuran udara kotor ke ruang pasien semakin meningkat.

Letak ruang spoelhoek tidak terhubung dengan koridor kotor, tekanan udara dalam ruangan tidak negatif, dan total pertukaran volume udara tidak memenuhi persyaratan minimal 10 kali per jam. Sementara tempat penyimpanan alat, sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan Dan Prasarana Rumah Sakit memiliki ketentuan umum Bahan bangunan yang digunakan tidak boleh memiliki tingkat porositas yang tinggi sedangkan di RIK Kana bahan pintu dan kusen masih memakai kayu. Total pertukaran udara tidak memenuhi angka minimal 6 kali per jam. Tekanan udara dalam ruangan tidak positif dibandingkan dengan di koridor (Kementerian Kesehatan, 2016). Hal-hal tersebut yang secara desain berpotensi sebagai penyebab tingginya angka kuman di ruang 9 dan 14.

Dengan data berjumlah kurang dari 30 data maka dilakukan uji normalitas data menggunakan Shapiro Wilk.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Suhu	,215	14	,079	,935	14	,360
Kelembaban	,185	14	.200*	,943	14	,455
Airflow (km/h)	,150	14	.200*	,951	14	,576
Airflow (m/s)	,151	14	.200*	,948	14	,525
ACH	,130	14	.200*	,979	14	,967
Koloni	,378	14	,000	,549	14	,000

Tabel V.6
Tabel Hasil Uji Normalitas Data
Sumber: Olah Data Penelitian

Dari uji SPSS tersebut tampak bahwa seluruh data terdistribusi normal kecuali data koloni, karena nilai signifikan $<0,05$.

Distribusi dari data terdapat data yang terdistribusi tidak normal. Selain itu, variabel bebas dan terikat yang akan dianalisis merupakan variable-variabel dengan skala ordinal dan interval. Oleh karena itu dapat digunakan uji Mann Whitney dengan variable bebas jenis desain ruang isolasi yaitu desain tipe N dan desain tipe S serta variable tergantung berupa jumlah kuman (koloni). Pada penghitungan jika nilai p atau signifikansi menunjukkan $p < 0.05$, maka terdapat perbedaan yang signifikan. Pada hipotesis dinyatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara jumlah kuman udara di ruang isolasi pada desain tipe S dengan jumlah kuman udara isolasi pada desain tipe N.

Test Statistics^a						
	Suhu	Kelembaban	Airflow (km/h)	Airflow (m/s)	ACH	Koloni
Mann-Whitney U	5,000	12,000	13,000	13,000	15,000	13,000
Wilcoxon W	33,000	40,000	41,000	41,000	43,000	41,000
Z	-2,503	-1,597	-1,479	-1,479	-1,217	-1,471
Asymp. Sig. (2-tailed)	,012	,110	,139	,139	,224	,141
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.011 ^b	.128 ^b	.165 ^b	.165 ^b	.259 ^b	.165 ^b

Tabel V.7
Tabel Hasil Uji Mann Whitney
Sumber: Olah Data Penelitian

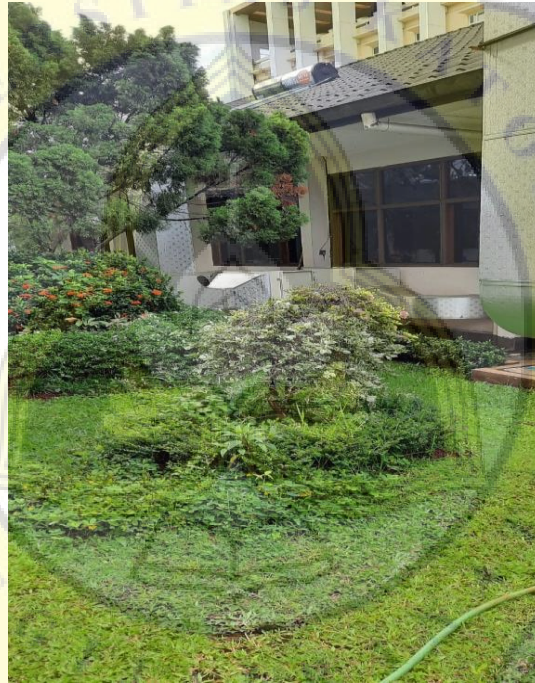
Hasil penghitungan statistik menggunakan SPSS mendapatkan hasil nilai $p= 0.141$ dan nilai ini lebih dari > 0.05 . Jadi dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara jumlah kuman udara di ruang isolasi pada desain tipe S dengan jumlah kuman udara isolasi pada desain tipe N.

Dalam analisis statistik, hasil tersebut menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan, adapun analisis deskriptif dapat dipaparkan sebagai berikut:

1. Perbedaan ruang isolasi desain tipe S dan desain tipe N terletak pada fungsi *exhaust fan* sebagai penarik aliran udara. Pada desain tipe S, *exhaust fan* tidak difungsikan sehingga aliran udara atau nilai ACH lebih lebar variasinya dibandingkan ACH pada desain tipe N. Nilai ACH desain tipe S berada dalam rentang 2,12x/jam sampai 14,24x/jam dengan rerata 8,10x/jam. Sedangkan pada desain tipe N nilai ACH terendah adalah 6,92x/jam dan tertinggi pada angka 19,10x/jam dengan nilai rata-rata 11,36x/jam. Dari kedua nilai rerata tersebut maka sesuai kaidah ACH yang lebih tinggi menurunkan risiko penyebaran mikroorganisme melalui udara, sehingga jumlah mikroorganisme pada desain tipe S cenderung lebih tinggi dibandingkan angka kuman yang didapatkan di desain tipe N ruang isolasi.

2. Pada pengamatan suhu, tercatat suhu tertinggi adalah 28,0°C dan suhu terendah 22,0°C. Suhu tertinggi tersebut ada di ruang desain tipe N dan suhu terendah ditemukan pada desain tipe S. Berbeda dengan ACH, angka kuman yang dihasilkan tidak ada kecenderungan jumlahnya menyesuaikan dengan capaian suhu. Jika dibandingkan dari sisi desain ruang S dan ruang tipe N, tidak ditemukan faktor yang mempengaruhi suhu. Dari ukuran ruang, bentuk pintu dan jendela, serta peletakkan *exhaust fan* dan AC juga sama.
3. Dari angka suhu di kedua jenis tipe desain ruang isolasi tampak tidak sesuai teori, dimana jika suhu meningkat maka ada kenaikan kelembaban dan angka kuman meningkat.
4. Menurut asumsi peneliti, ketidaksesuaian angka kuman yang muncul dapat disebabkan hal lain dalam ruangan yaitu tingkat pencahayaan dan jumlah personel dalam ruangan. Pencahayaan yang didapat langsung dari sinar matahari, dengan paparan sinar *ultraviolet* dari matahari yang tinggi dapat menyebabkan kematian pada mikroorganisme. Ruang isolasi ini dikelilingi tanaman di beberapa bagian luar kamar. Lanskap dapat mempengaruhi lingkungan dalam ruangan dengan menaungi dinding yang terkena sinar

matahari. Sehingga ada perbedaan pendinginan suhu ruang. Jumlah personel juga berperan penting dalam pertumbuhan bakteri, ruangan yang sangat dipenuhi orang baik itu tenaga kesehatan, pasien, ataupun pengunjung, akan menjadi tempat berkembang biak bagi kuman di udara dikarenakan suhu tubuh manusia rata-rata 37°C , dimana pada suhu tersebut, kuman udara dapat berkembang.



Gambar V.1
Lanskap tanaman di luar ruang isolasi Kana
Sumber: Survei lapangan

Dengan pengamatan hasil pengukuran tersebut, maka untuk mengetahui hubungan antara suhu, ACH, dan kelembaban terhadap koloni secara statistik, maka dilakukan penghitungan metode regresi.

Penghitungan dilakukan secara terpisah untuk kamar isolasi desain tipe S dan kamar isolasi desain tipe N.

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.321							
R Square	0.103							
Adjusted R Square	-0.794							
Standard Error	187.509							
Observations	7.000							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	3.000	12112.471	4037.490	0.115	0.946			
Residual	3.000	105478.386	35159.462					
Total	6.000	117590.857						
<i>Coefficients</i>		<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-427.984	1781.676	-0.240	0.826	-6098.073	5242.105	-6098.073	5242.105
Suhu	42.785	94.642	0.452	0.682	-258.407	343.977	-258.407	343.977
ACH	-4.232	18.485	-0.229	0.834	-63.061	54.597	-63.061	54.597
Kelembaban	-8.041	16.782	-0.479	0.665	-61.447	45.366	-61.447	45.366

Tabel V.8 Tabel Hasil Regresi Ruang Isolasi Desain Tipe S
Sumber: Olah Data Penelitian

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.800
R Square	0.641
Adjusted R Square	0.282
Standard Error	10.294
Observations	7.000

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	3.000	566.973	188.991	1.784	0.323
Residual	3.000	317.884	105.961		
Total	6.000	884.857			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	241.857	117.379	2.060	0.131	-131.696	615.410	-131.696	615.410
Suhu	-5.158	3.356	-1.537	0.222	-15.840	5.524	-15.840	5.524
ACH	-2.217	1.187	-1.868	0.159	-5.994	1.560	-5.994	1.560
Kelembaban	-1.204	1.492	-0.807	0.479	-5.953	3.545	-5.953	3.545

Tabel V.9 Tabel Hasil Regresi Ruang Isolasi Desain Tipe N
 Sumber: Olah Data Penelitian

Pada tabel V.7, nilai p untuk suhu=0,682, sehingga disimpulkan bahwa suhu tidak berpengaruh terhadap jumlah koloni di ruang S. Nilai p untuk ACH sebesar 0,834 sehingga ACH tidak berpengaruh terhadap jumlah koloni di ruang isolasi desain tipe S. Begitu pula kelembaban yang nilai p melebihi 0,05 yaitu 0,665.

Hasil penghitungan yang serupa juga didapatkan pada nilai statistik ruang isolasi desain tipe N, sebagaimana tercantum pada tabel V.8. Nilai p=0,222 untuk suhu, nilai p untuk ACH sebesar 0,159 dan untuk kelembaban p=0,479. Dengan nilai lebih dari 0,05 maka suhu, ACH, dan kelembaban tidak berpengaruh terhadap jumlah koloni yang tumbuh di ruang isolasi desain tipe N.

Hal ini sesuai dengan penelitian Samuel Fekadu Hayleeyesus, Amanuel Ejeso, dan Fikirte Aklilu Derseh Kavita Naruka dimana baik temperatur maupun kelembaban secara statistik tidak memberikan efek secara signifikan terhadap konsentrasi bio aerosol di dalam udara ruang (Hayleeyesus, Ejeso dan Derseh, 2015). Hampir serupa dengan hasil penelitian tersebut, sebuah penelitian yang menilai hubungan antara transmisi influenza dengan faktor suhu dan kelembaban dalam ruang rumah sakit di Hong Kong, hal ini disampaikan oleh Julian W Tang dalam jurnalnya yang berjudul *The effect of environmental parameters on the survival of airborne infectious agents*, dimana sebuah studi baru-baru ini meneliti korelasi antara kejadian influenza dan faktor iklim luar ruangan, termasuk suhu dan kelembaban, di Hong Kong

tidak menemukan korelasi yang lebih kuat dengan kelembaban absolut daripada variabel iklim lainnya (Tang, 2009).

Berlawanan dengan hasil penelitian ini dan kedua penelitian lainnya, penelitian oleh Zewudu Andualem pada ruang sekolah menunjukkan adanya korelasi antara temperatur dan angka hitung kuman udara. Hal yang menarik dari penelitian tersebut, hasil penelitian berhubungan pada saat suhu ruang berada pada rentang temperatur 15-26°C pada siang hari, sedangkan di luar rentang tersebut tidak ditemukan hubungan bermakna. Pengukuran kelembaban dengan jumlah hitung koloni kuman juga menunjukkan adanya hubungan positif dimana semakin meningkat kelembaban maka akan meningkat jumlah koloni kuman (Andualem, Gizaw, Bogale dan Dagne, 2019). Titik perbedaan penelitian ini, yang pertama terletak pada kondisi saat pengambilan sampel udara pada pukul 06.30 dalam kondisi sebelum ada aktifitas dan pukul 17.00 dimana kondisi setelah aktifitas selesai. Pada dua kondisi tersebut, ruang dalam keadaan kosong tanpa manusia. Waktu yang diambil pada penelitian di RIK COVID-19 adalah pukul 10.00 dengan pertimbangan lalu lintas tenaga kesehatan dalam memberikan terapi sudah selesai, namun ruangan tetap ada tenaga kesehatan dan pasien yang pastinya mempengaruhi jumlah kuman. Hal ini yang menyebabkan penelitian di ruang isolasi COVID-19 tidak hanya terkait suhu dan kelembaban semata sebagaimana penelitian Andualem.

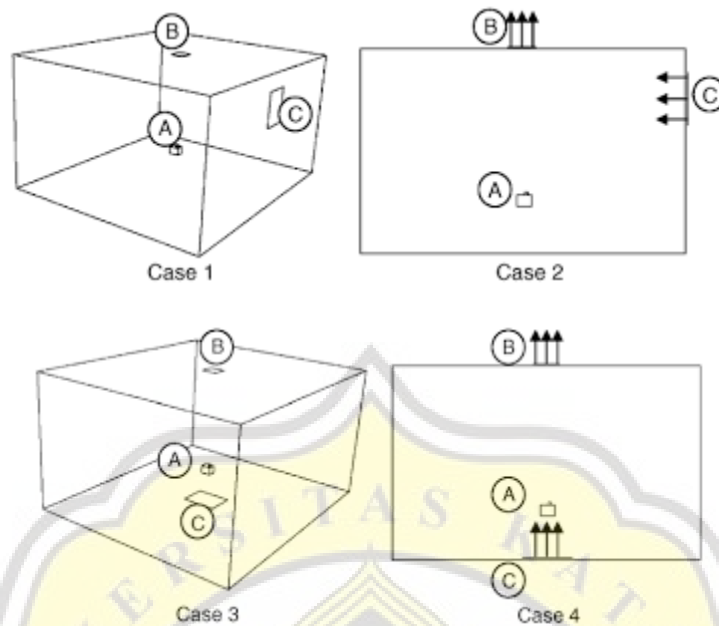
Begitu pula penelitian di I Ruang Rawat Inap Kelas III RSUD DR. Moewardi Surakarta, dimana suhu berkorelasi dengan jumlah angka kuman

udara ruang rawat inap, demikian juga kelembaban berhubungan secara statistik dengan kenaikan angka kuman dimana angkanya melebihi rentang 40% hingga 60% yang menjadi persyaratan baku dari Kementerian Kesehatan RI (Agus Nugroho, Budiyo dan Nurjazuli, 2021). Penelitian di RS Moewardi mengambil lokasi ruang rawat inap non isolasi dimana kejadian interaksi antara pasien dengan petugas kesehatan maupun pasien dengan pengunjung lebih leluasa dan sering. Tentunya berbeda dengan ruang isolasi yang merupakan unit khusus dimana pengunjung hanya dapat menjenguk pasien dari jendela yang sudah disediakan tanpa kontak fisik. Tenaga kesehatan yang masuk ke ruang isolasi pun merupakan tenaga kesehatan yang memiliki kepentingan dan termasuk dalam tim ruang isolasi. Jumlah personal inilah yang mempengaruhi angka kuman di ruang isolasi COVID-19 tidak hanya terkait suhu dan kelembaban semata sebagaimana penelitian di bangsal Melati untuk kelas III.

Khusus suhu atau temperatur ruang, Julian W. Tang dalam review terhadap beberapa jurnal penelitian didapatkan hasil yang bervariasi dan keseluruhan penelitian menunjukkan bahwa suhu mempengaruhi jumlah kuman di udara. Kesimpulan review tersebut adalah penurunan koloni bakteri di udara pada ruang bersuhu di atas 24°C. Ruang-ruang yang digunakan dalam berbagai penelitian tersebut tidak meliputi ruang isolasi (Tang, 2009). Hasil penelitian di Pakistan justru menunjukkan sebaliknya, kenaikan jumlah koloni jamur pada setiap kenaikan suhu. Penelitian ini dilakukan di luar ruang dan bangunan (Afzal, Mehdid dan Siddiqui, 2004).

Adapun untuk ACH, pada penelitian ini baik pada desain tipe S maupun tipe N sesuai dengan penelitian pada ruang operasi Rumah Sakit Siena Italia, dimana terdapat 15 ruang operasi aliran udara tertata secara turbulen nilai $p=0,002$ sehingga tidak terdapat pengaruh ACH pada jumlah koloni (Vonci et al., 2019).

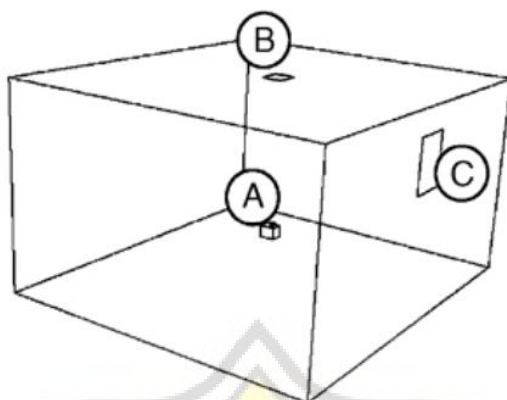
Sesuai hasil penelitian ini dibandingkan dengan penelitian-penelitian yang lain, angka kuman ditemukan dengan jumlah yang berbeda-beda terhadap faktor-faktor suhu, kelembaban, dan ACH. Pada simulasi komputer menggunakan perangkat lunak komputer dinamika fluida atau Computational Fluid Dynamics (CFD), terlihat pada simulasi bahwa jumlah serta transmisi mikroorganismenya melalui udara tidak ditentukan semata-mata oleh suhu, kelembaban, dan ACH, namun juga harus melihat arah aliran udara yang melibatkan sumber udara, sumber kontaminan dan exhaust fan sebagaimana tergambar pada gambar V.1



Gambar V.2
Empat skenario peletakan sumber kontaminan (A), exhaust fan (B), dan sumber udara (C)

Sumber: Memarzadeh dan Xu, 2011

Penelitian Farhad Memarzadeh dan Weiran Xu menggunakan 16 perlakuan terhadap ruang atau kamar. Empat kamar sebagai kasus konfigurasi sederhana dengan tujuan pengamatan terhadap prinsip dasar transmisi kontaminasi melalui udara. Ukuran kamar ini Panjang 4,32 meter, lebar 4,90 meter, dan tinggi 2,72 meter. Pada kamar terpasang suplai ventilasi dengan ukuran panjang 55 cm dan lebar 70 cm, dan exhaust fan berukuran 30 cm X 30 cm. Obyek yang terpapar berukuran 20 cm X 15 cm X 15 cm, sedangkan sumber kontaminan berbentuk bujur sangkar dengan panjang sisi 4 cm.

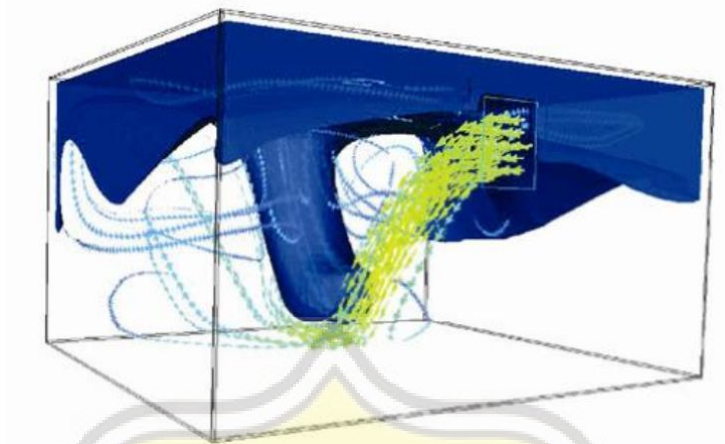


Gambar V.3

Skenario kamar 1 dengan sumber kontaminan (A), *exhaust fan* (B), dan sumber udara (C)

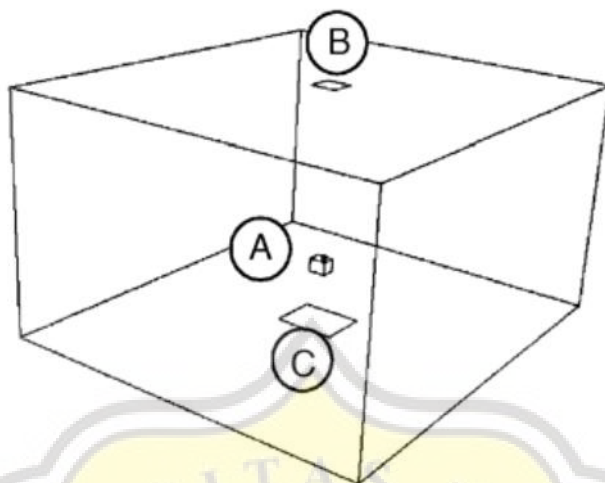
Sumber: Memarzadeh dan Xu, 2011

Pada kamar 1 dengan peletakan sumber udara di dinding samping, arah aliran menuju jalur hisap kontaminasi ke *exhaust fan* dengan tipe aliran udara steady state dan ACH 4 x/jam. Letak *exhaust fan* tepat di atas sumber kontaminasi. Kondisi awal diilustrasikan di gambar V.2. Gas sulfur hexafluoride (SF_6) digunakan sebagai zat pelacak yang berfungsi sebagai simulasi droplet. Saat udara, yang diilustrasikan berwarna hijau, dihembuskan ke sumber kontaminan di dalam ruangan, maka konsentrasi kontaminan akan mengalir melebar ke seluruh ruang sebagaimana tergambar warna biru pada gambar V.3. Seluruh ruang akan dipenuhi mikroorganisme sebagai kontaminan.



Gambar V.4
 Hasil konsentrasi *isosurface* dari ruang 1
 Sumber: Memarzadeh dan Xu, 2011

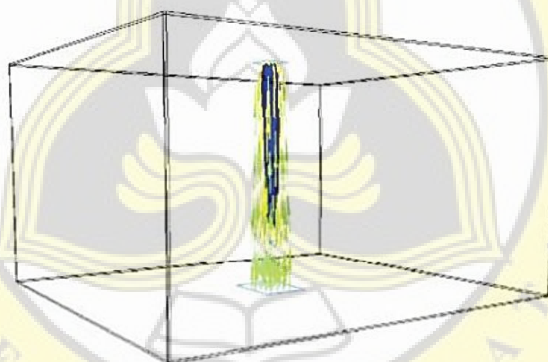
Letak sumber ventilasi pada kamar 3 di lantai, sejajar jalur hisap kontaminasi ke exhaust fan. Letak exhaust fan tepat di atas sumber kontaminasi dengan tipe aliran udara steady state dan ACH 4 x/jam. Pada pengamatan tampak aliran kontaminan mengalir dalam formasi selubung sempit yang seakan terbentuk dari jalur sumber udara ke arah exhaust fan. Di sini kontaminasi minimal memenuhi ruang. Area di atas pasien yang menjadi jalur hisap merupakan area kontaminasi terbanyak.



Gambar V.5

Skenario kamar 3 dengan sumber kontaminan (A), *exhaust fan* (B), dan sumber udara (C)

Sumber: Memarzadeh dan Xu, 2011

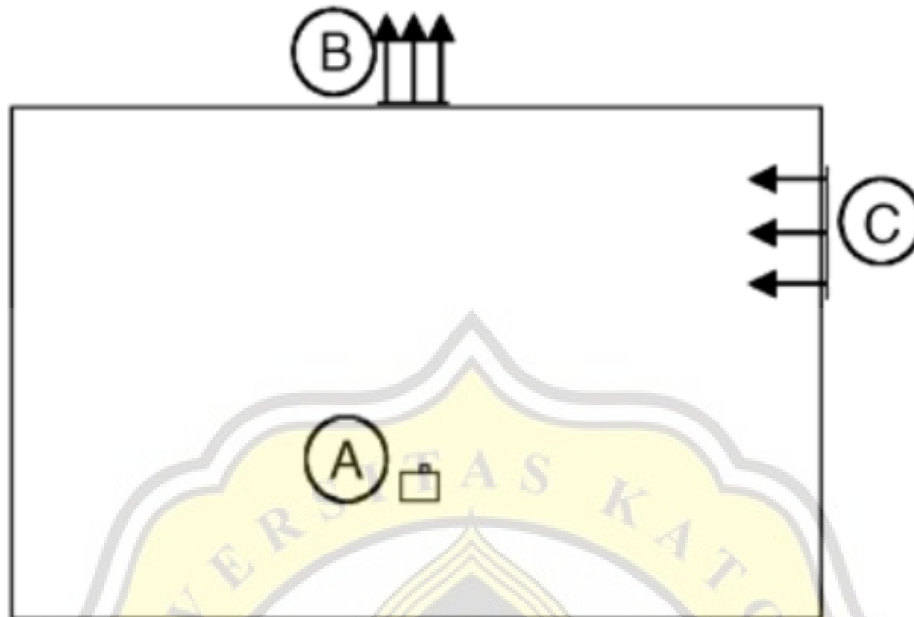


Gambar V.6

Hasil konsentrasi *isosurface* dari ruang 3

Sumber: Memarzadeh dan Xu, 2011

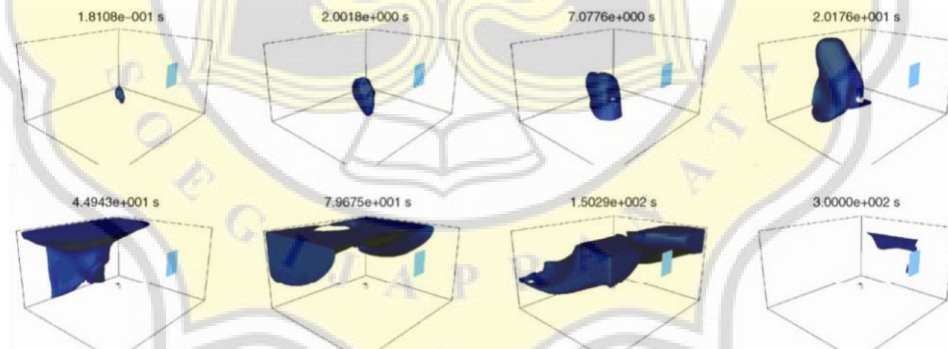
Hasil pengolahan CFD pada ruang kedua menunjukkan sebaran kontaminasi yang terpola dari setiap detik menyebar ke semua bidang ruangan. Pada ruang 2 ini sumber udara mengalir *transient* menempel di dinding dan transmisi kontaminan akan bergerak melebar ke seluruh ruang.



Gambar V.7

Skenario kamar 2 dengan sumber kontaminan (A), *exhaust fan* (B), dan sumber udara (C)

Sumber: Memarzadeh dan Xu, 2011

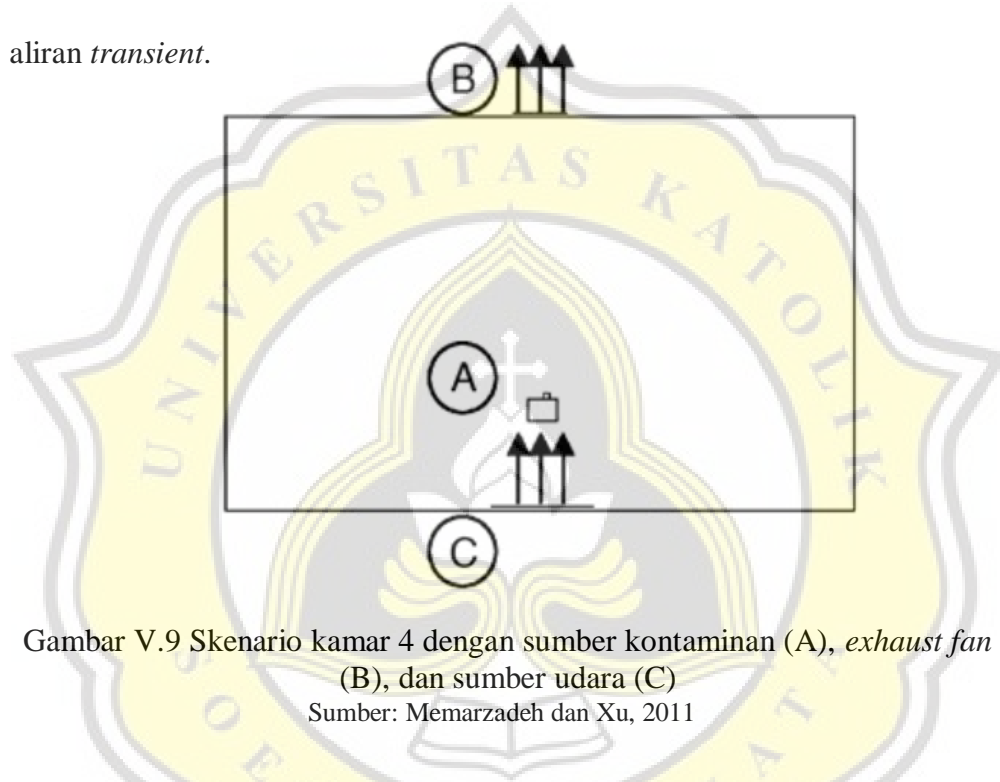


Gambar V.8

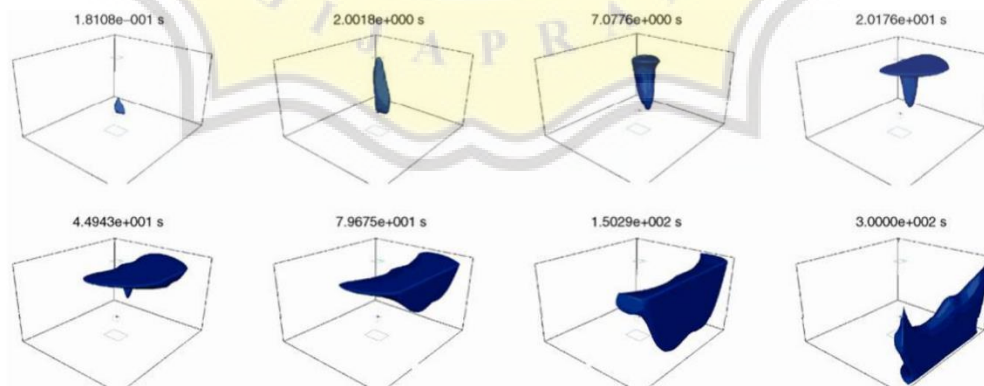
Hasil konsentrasi *isosurface* dari ruang 2

Sumber: Memarzadeh dan Xu, 2011

Seperti halnya kamar nomer 3, kamar keempat juga meletakkan sumber udara di bawah sumber kontaminan dan sejalur dengan exhaust fan. Pada desain ini kontaminasi udara lebih minimalis dan mudah dikendalikan sebagaimana diilustrasikan dalam gambar V.7 dan V.8. Perbedaan kamar keempat dengan kamar ketiga terletak pada aliran udara yang digunakan, yaitu aliran *transient*.



Gambar V.9 Skenario kamar 4 dengan sumber kontaminan (A), *exhaust fan* (B), dan sumber udara (C)
 Sumber: Memarzadeh dan Xu, 2011



Gambar V.10 Hasil konsentrasi *isosurface* dari ruang 4
 Sumber: Memarzadeh dan Xu, 2011

Dari hasil pengamatan menggunakan CFD tersebut, disimpulkan untuk desain maka penempatan *exhaust fan* di atas obyek yang dilindungi dari paparan kontaminan dalam hal ini pasien. Sumber udara diarahkan ke arah menjauhi pasien dengan tujuan tidak memutus jalur hisap kontaminasi menuju *exhaust fan*.



Gambar V.11

Ilustrasi lanjut secara nyata dimana sumber kontaminan (A), *exhaust fan* (B), sumber udara (C), tenaga kesehatan (D), peralatan (E), almari (F), dan kamar mandi (G)

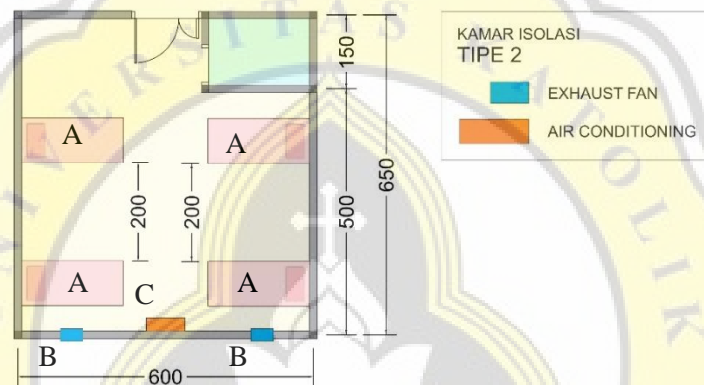
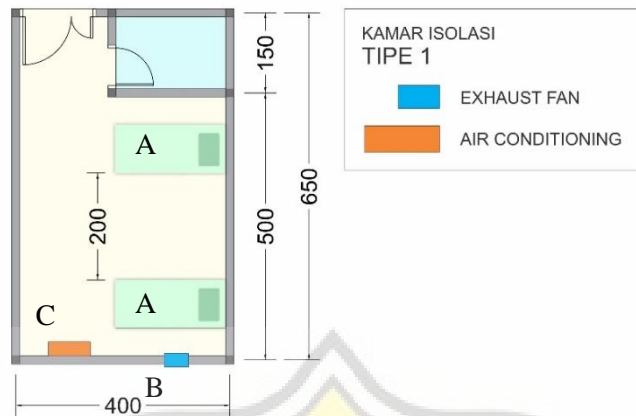
Sumber: Memarzadeh dan Xu, 2011

Penekanan paling penting adalah jalur udara bersih dan penghisapan kontaminan yang merupakan sumber mikroorganisme baik itu bakteri atau virus (Memarzadeh dan Xu, 2011). Lalu lintas staf tenaga kesehatan yang terlalu sering keluar dan masuk ruangan juga menjadi faktor yang diduga mempengaruhi penelitian pada udara ruang operasi dan bangsal bedah Rumah Sakit Universitas Jimma Ethiopia (Genet, Kibru dan Tsegaye, 2011). Nutthajit Onmek juga menambahkan terkait pembersihan ruang dan pembersihan permukaan baik pada bagian bangunan maupun perkakas, yang

akan mengurangi jumlah kuman udara ruangan (Onmek et al., 2020).

Meskipun dalam penelitian ini tidak dilakukan CFD sebagaimana penelitian Farhad Memarzadeh dan Weiran Xu, namun dari keempat model CFD Memarzadeh dan Xu tersebut hampir serupa dengan skenario kamar 1, namun konsentrasi kontaminan akan lebih luas mengingat letak sumber kontaminan (A), *exhaust fan* (B), dan sumber udara (C) ada di satu sisi bidang baik pada kamar isolasi tipe 1 maupun tipe 2.

Dengan peletakan sumber udara di dinding samping, arah aliran akan menuju ke arah tempat tidur pasien dan menyebar ke seluruh ruang. Udara ada yang terhisap menuju *exhaust fan* namun karena letaknya sebidang dan tidak membentuk jalur maka kontaminasinya akan lebih memenuhi kamar dibandingkan percobaan MamarzedeH di kamar 1. Selain itu sangat dimungkinkan aliran balik ke *exhaust fan* Kembali melewati pasien yang merupakan sumber kontaminan.



Gambar V.12 Denah kamar dengan sumber kontaminan (A), *exhaust fan* (B), dan sumber udara (C)
Sumber: RS Mardi Rahayu Kudus

Analisa lapangan terkait adanya hasil yang secara statistik tidak signifikan, disimpulkan berasal dari beberapa faktor, antara lain:

1. Lokasi pemasangan AC yang tidak seragam.

Sesuai dengan Pedoman Teknis Ruang Isolasi dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, AC yang terpasang harus dari arah kaki pasien, dilengkapi exhaust yang terletak di arah sisi kepala pasien (30 cm dari muka lantai). Sedangkan di RIK Kana AC hanya dua kamar yang terpasang satu bidang dengan exhaust fan. Selain itu arah AC dari sisi tubuh pasien, bukan

dari arah kaki pasien, begitu pula letak *exhaust fan* tidak di arah sisi kepala, namun dari arah sisi tubuh pasien.

2. Tidak adanya *automatic door closer*.

Dianjurkan pintu menutup sendiri untuk membantu suhu ruang terkontrol, sebagaimana diatur dalam Pedoman Teknis Ruang Isolasi dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pada ruang isolasi Kana, hanya satu kamar yang memiliki *automatic door closer*.

