

**PERBANDINGAN DESAIN RUANG ISOLASI TERHADAP JUMLAH  
KUMAN UDARA DI RUANG ISOLASI  
(Studi Analitik Pada Ruang Isolasi COVID-19)  
COMPARISON OF ISOLATION ROOM DESIGN TO THE NUMBER OF AIRBORNE  
GERMS IN THE ISOLATION ROOM  
(Analytical Study on COVID-19 Isolation Room)**

Diterima: 29 Oktober 2022

Disetujui: 19 November 2022

**Ridha Wahyutomo<sup>1,2</sup>, L. M. F. Purwanto<sup>1</sup>, Antonius Ardiyanto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Fakultas Arsitektur, UNIKA Soegijapranata Semarang

<sup>2</sup> Mikrobiologi Klinik, RS Mardi Rahayu Kudus

Email: drridhowahyutomo@gmail.com

---

**Abstrak**

Meningkatnya perhatian pada infeksi di rumah sakit, terutama terkait penilaian akreditasi dan tujuan keselamatan pasien mendorong penyediaan fasilitas pelayanan termasuk desain ruang isolasi yang mengurangi risiko infeksi. Pemilihan desain ruang isolasi terutama di masa pandemi COVID-19 memerlukan pengawasan terhadap konsentrasi mikroba di udara dan kualitas udara ruang isolasi yang harus dilaporkan dan dianalisis untuk menyusun strategi dan kebijakan pengelolaan ruang isolasi.

Secara keseluruhan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara desain ruang isolasi dengan jumlah kuman udara ruang isolasi COVID-19.

Penelitian ini merupakan penelitian analitik dengan metode komparatif. Sampel penelitian merupakan udara di ruang isolasi COVID-19 RS Mardi Rahayu Kudus. Variabel penelitian meliputi suhu, kelembaban, aliran udara, dan jumlah bakteri udara menggunakan data primer hasil penilaian dan surveilans ruang isolasi dari bulan Januari sampai Maret 2020 di RS Mardi Rahayu Kudus. Analisis menggunakan Mann Whitney dan dilanjutkan uji regresi.

Hasil menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antara jumlah kuman udara di ruang isolasi pada desain tipe S dengan jumlah kuman udara isolasi pada desain tipe N. Dari regresi didapatkan bahwa untuk desain tipe N maupun S, faktor suhu, kelembaban, dan ACH tidak berpengaruh terhadap jumlah koloni di ruang.

**Kata kunci:** jumlah kuman udara, ruang isolasi, desain tipe N, desain tipe S

---

**PENDAHULUAN**

Peran rumah sakit sebagai pelayanan kesehatan mempunyai potensi yang berlawanan yaitu menjadi pusat transmisi mikroorganisme patogen yang mengakibatkan infeksi. Rumah sakit menjadi tempat dengan potensi penyebaran infeksi yang relatif tinggi sebab berbagai mikroorganisme penyebab penyakit atau patogen berada di setiap unit di rumah sakit (Capolongo et al., 2015). Mikroorganisme patogen ini merupakan mikroorganisme yang dibawa oleh pasien sebagai penyebab infeksi yang didapat oleh pasien, juga mikroorganisme

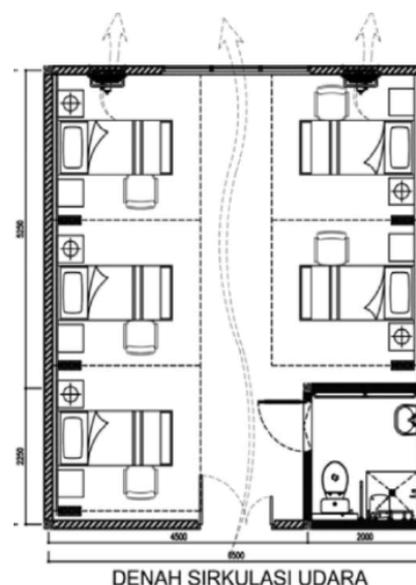
yang ditransmisikan kepada pasien lain, tenaga kesehatan, pengunjung, serta keluarga pasien melalui kegiatan setiap personil di rumah sakit (Wulandari dan Wahyudin, 2018). Transmisi yang akhirnya mengakibatkan infeksi tersebut dinamakan *Healthcare Associated Infections* (HAIs) yang menimbulkan dampak peningkatan kesakitan dan kematian, memperlama masa rawat di rumah sakit, dan akan berakibat terhadap pembiayaan perawatan. Data surveilan WHO di negara berkembang dengan pendapatan per kapita menengah sampai rendah, prevalensi HAIs berada di antara

5,7% dan 19,1%. Angka ini tidak terlalu jauh dari prevalensi HAIs di negara-negara Eropa berdasarkan ECDC (*The European Centre for Disease Prevention and Control*) rerata prevalensi HAIs mencapai 7.1% (World Health Organization, 2011; Zarb et al., 2012).

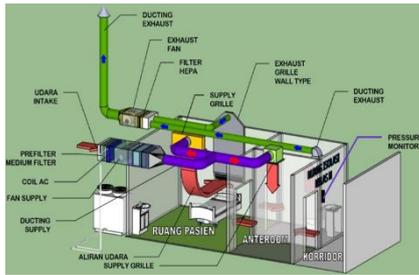
Sesuai trias epidemiologi, lingkungan turut memegang peranan krusial dalam transmisi mikroorganisme sehingga mekanisme pengendalian lingkungan berperan dalam pencegahan HAIs (Centers for Disease Control and Prevention, 2017). Faktor udara memegang peranan penting pada transmisi mikroorganisme. Indikator kualitas udara ruang pada rumah sakit, salah satunya ialah jumlah kuman udara. Pengkondisian udara di rumah sakit memiliki tujuan dalam menciptakan kenyamanan dan keamanan bagi pasien, tenaga kesehatan, dan pengunjung (Kementerian Kesehatan, 2002). Salah satu lokasi di rumah sakit yang menjadi sasaran dalam penataan udara dan merupakan sumber terjadinya Healthcare Associated Infections (HAIs) adalah ruang isolasi yang saat penelitian ini disusun, menjadi fokus perhatian rumah sakit terkait pandemi COVID-19. Munculnya *emerging diseases* sejak tahun 2002 hingga sekarang dari SARS, H5N1, H1N1, MERS CoV, dan terakhir adalah COVID-19 yang keseluruhannya merupakan kasus transmisi *droplet* dan *airborne* sehingga menyebabkan rumah sakit harus menyiapkan ruang isolasi. Diketahui bahwa ada ruang isolasi bertekanan negatif desain tipe N dan ruang isolasi alami atau bertekanan standar desain tipe S. Keduanya digunakan untuk mengisolasi pasien infeksi yang dapat ditularkan melalui transmisi *droplet* dan *airborne* (Manullang et al., 2015).

Penelitian ini tentang perbandingan jenis desain ruang isolasi terhadap jumlah kuman udara di ruang isolasi belum pernah dilakukan karena penelitian yang lain

hanya menguraikan jumlah kuman udara di dalam ruang rumah sakit yang meliputi ruang perawatan intensif, ruang perawatan anak, ruang operasi, dan ruang isolasi bertekanan positif. Penelitian yang secara eksplisit membandingkan jenis desain ruang isolasi terhadap jumlah kuman udara ruang isolasi belum pernah dilakukan, ruang isolasi yang pernah diteliti merupakan ruang di ICU, bukan sebuah kluster ruang isolasi. Selain itu tekanan yang diamati adalah tekanan positif, tanpa membandingkan dengan desain ruang isolasi bertekanan negatif maupun alami. Dalam penelitian ini tujuannya untuk mengungkapkan kejelasan tentang perbandingan jenis desain ruang isolasi terhadap jumlah kuman udara di ruang isolasi dengan perincian sebagai berikut: Menganalisis perbedaan antara desain ruang isolasi tipe N dengan desain ruang isolasi tipe S dalam jumlah kuman udara. Menganalisis signifikansi perbedaan jumlah kuman udara antara desain ruang isolasi tipe S tekanan standar atau alami dengan desain isolasi tipe N tekanan negatif.



Gambar 1. Sirkulasi Udara pada Ruangan Rawat Isolasi Tipe S Tekanan Standar (Sumber: Manullang et al., 2015)



Gambar 2. Sirkulasi Udara pada Ruangan Rawat Isolasi Tipe N Tekanan Negatif  
(Sumber: Manullang et al., 2015)

## TINJAUAN PUSTAKA

Pengaturan aliran udara (*air flow*) merupakan hal penting pada ruang isolasi karena udara memegang peranan dalam penyebaran mikroorganisme. Proporsi signifikan mikroorganisme di udara mencerminkan mikroorganisme di lantai. Empat hal yang harus diperhatikan pada saat pembangunan ruang isolasi adalah sumber kontaminasi, pengaturan operasional HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) dan desain, akses antara ruang isolasi dengan sumber kontaminasi yang telah diidentifikasi, dan lalu lintas manusia serta kondisi terkait penghuni ruangan (Centers for Disease Control and Prevention, 1991).

Hal terpenting terkait desain ruang isolasi adalah penataan udara sesuai tujuan pembangunan ruang isolasi yang pada prinsipnya untuk melindungi petugas kesehatan, pasien dan pengunjung di rumah sakit dari transmisi mikroorganisme yang melibatkan udara.

Penetapan desain ruang isolasi terutama meliputi pengaturan tekanan. Ruang isolasi sebagai tempat perawatan pasien tidak hanya membutuhkan pengaturan udara, namun juga didesain untuk memberikan kenyamanan sekaligus keamanan dari transmisi mikroorganisme. Penyebaran infeksi terutama melalui media udara didukung pula oleh faktor lain seperti temperatur dan kelembaban. Kedua faktor tersebut membutuhkan penataan agar tidak menjadi faktor penyebab

pertumbuhan mikroorganisme. Hal lain yang turut berpengaruh pada ruang isolasi adalah pergerakan udara yang merupakan unsur yang penting pada fasilitas pelayanan kesehatan dalam menghasilkan kualitas udara yang sesuai ketentuan kesehatan. Selain itu juga menghasilkan efek pada kenyamanan termal walaupun tidak menurunkan temperatur maupun kelembaban. Efek penurunan suhu yang muncul hanya di permukaan kulit yang disebut sebagai temperatur efektif (Frick & Koesmartadi, 2008).

Pada konteks ruang isolasi, pergerakan udara ditata untuk meminimalkan mikroorganisme atau agent infeksi agar tidak menyebar melalui udara yang menjadi media transmisi *Healthcare Associated Infections* pada pasien, tenaga medis dan pengunjung. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam ruang isolasi adalah sumber kontaminasi, pengaturan operasional tata udara (HVAC/ *Heating Ventilating Air Conditioning*), desain, akses antara ruang isolasi dengan sumber kontaminasi yang telah diidentifikasi, dan lalu lintas manusia serta kondisi terkait penghuni ruangan dalam hal ini pasien COVID-19 (Mirbahar & Memon, 2016). Pada ruang isolasi perlu dipertimbangkan juga kelembaban. Ciri utama iklim tropis lembab adalah panas dan kelembaban tinggi sepanjang hari dan sepanjang tahun. Iklim yang lembab di dalam sebuah bangunan akan menciptakan ketidaknyamanan pada badan. Terjadi peningkatan pengeluaran keringat tubuh sebagai mekanisme fisiologi tubuh berupa evaporasi cairan tubuh ke udara. Pada saat daya serap udara atas uap air telah jenuh maka akan memunculkan kelembaban yang direspon tubuh dengan rasa lengket (Frick & Koesmartadi, 2008).

Konsep mikroorganisme di udara sebenarnya tidak merujuk ke mikroorganisme yang memiliki habitat dan berkembang biak di udara, namun

mikroorganisme ini berasal dari permukaan lingkungan yang terbawa dalam partikel debu maupun aerosol. Mikroorganisme sering ditemukan di udara, sebenarnya mikroorganisme tidak berkembang biak di udara, tetapi terbawa dari bahan partikel seperti debu, lalu lintas manusia dan tetesan cairan (droplet) (Smith et al., 2018).

Fasilitas pelayanan kesehatan terutama rumah sakit memiliki karakteristik udara yang berbeda dengan bangunan lain seperti rumah pribadi, gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, maupun bangunan yang lain. Udara di ruangan rumah sakit tersusun oleh mikroorganisme yang berbeda-beda antara satu rumah sakit dengan rumah sakit yang lain, namun tercatat tidak kurang dari 10.000 mikroorganisme dari berbagai spesies yang dilaporkan dari berbagai penelitian dapat ditemukan melalui kultur udara ruang susunan udara (Pati, 2018). Metode pengambilan spesimen udara ada dua macam yaitu metode aktif dan metode pasif. *Settle plates* merupakan metode pengambilan yang bersifat langsung dengan menghitung jumlah mikroorganisme yang tertampung dan jatuh dari udara ke dalam media pertumbuhan mikroorganisme di dalam cawan petri. Metode ini merujuk pada teori mengenai partikel yang terlarut dalam udara, selama tidak ada faktor pengaruh apapun, maka akan mengikuti aliran ke partikel yang lebih besar dan menempel pada area partikel besar tersebut. Pergerakan tersebut hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi. Mikroorganisme memiliki faktor pendukung berupa kecepatan jatuh ke permukaan sebesar 1 cm/detik. Proses pengambilan spesimen dari udara ini dilakukan dengan cara membuka cawan petri yang mengandung media agar-agar pertumbuhan mikroorganisme. Cawan petri dibuka dalam waktu 30 menit sampai

60 menit. Setelah itu ditutup kembali dan dibawa ke laboratorium untuk diinkubasi selama 18-24 jam. Paska inkubasi, dilakukan penghitungan koloni mikroorganisme menggunakan *colony counter* dan hasil penghitungan dinyatakan sebagai *Colony Forming Unit* atau bentukan unit koloni (A Working Group Of The Scottish Quality Assurance Specialist Interest Group, 2004). Setiap ruangan memiliki kadar kuman udara yang masih diijinkan sesuai dengan peraturan dari kementerian kesehatan yang tertuang dalam Permenkes No.1204/Menkes/SK/X/2004 dimana jumlah maksimum mikroorganisme dinyatakan dalam satuan CFU/m<sup>3</sup>. Ruang isolasi disejajarkan dengan ruang rawat pada umumnya, dengan jumlah kuman udara ruang maksimal yaitu 200-500 CFU/m<sup>3</sup> (Kementerian Kesehatan, 2004).

#### **PERTANYAAN PENELITIAN**

Dalam penelitian Perbandingan Jenis Desain Ruang Isolasi Terhadap Jumlah Kuman Udara Di Ruang Isolasi (Studi Analitik Pada Ruang Isolasi COVID-19), rumusan masalahnya adalah:

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?

#### **METODE**

Secara khusus lokasi penelitian berada di RSUD Mardi Rahayu Kudus, yaitu di ruang isolasi khusus (RIK) COVID-19 yang terbagi dalam dua sayap, yaitu sisi Barat berupa desain tipe S dan sisi Timur berupa desain tipe N.

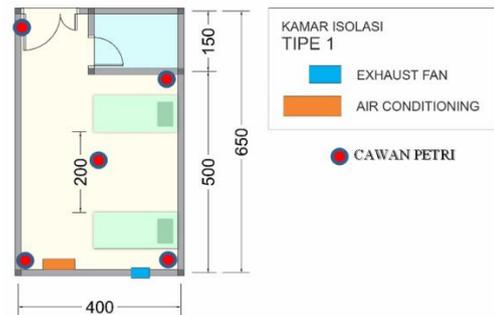
Penelitian dilakukan dengan melakukan kajian pengaruh desain ruang isolasi

sebagai variabel bebas pada jumlah kuman udara ruang COVID-19 sebagai variabel terikat. Dimulai dengan pengukuran volume ruang isolasi, penilaian gerakan udara yang melibatkan ventilasi udara menggunakan anemometer, temperatur udara menggunakan termometer ruangan, kelembapan udara diukur dengan higrometer, dan tekanan dengan meninjau magnehelic. Dari hasil pengukuran dapat diketahui apakah aspek udara bertekanan tipe N atau tipe S, serta dapat diketahui apakah udara di ruang isolasi mendukung pertumbuhan dan penyebaran mikroorganisme. Tahap berikutnya adalah mengambil sampel udara ruang isolasi menggunakan metode settle plates. Sampel udara yang tertampung di media agar kemudian diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C. Hasil berupa koloni kuman dihitung untuk selanjutnya dianalisis dan mendeskripsikan hubungan antara elemen-elemen udara, khususnya tekanan udara ruang isolasi. Setelah itu hasilnya dibandingkan dan dianalisa antara hitung kuman pada desain kamar isolasi tipe S dengan tekanan alami dan desain kamar isolasi tipe N dengan tekanan negatif.

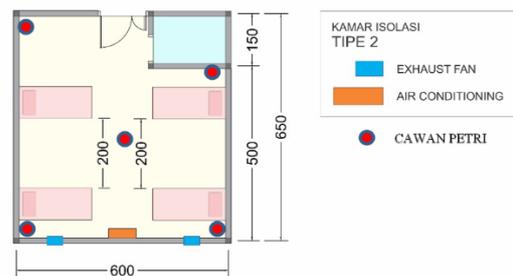
Sampel yang digunakan sebagai bahan kajian adalah ruang isolasi Kana di RSU Mardi Rahayu Kudus, metode yang digunakan dalam penarikan sampel ini adalah metode metode sampling jenuh atau sensus.



Gambar 3. Denah Ruang Isolasi Khusus COVID-19, Sumber: RS Mardi Rahayu Kudus



Gambar 4. Denah Kamar Tipe 1 Ruang Isolasi Khusus COVID-19, Kana  
Sumber: RS Mardi Rahayu Kudus



Gambar 5. Denah Kamar Tipe 2 Ruang Isolasi Khusus COVID-19, Kana  
Sumber: RS Mardi Rahayu Kudus

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.

### ANALISA DAN HASIL

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 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 1. Hasil Pengamatan Tekanan Setiap Kamar  
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.

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

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 2. Hasil Pengamatan Suhu Ruang Kana  
Sumber: Survei Lapangan

Tingkat ACH yang dihasilkan disyaratkan oleh WHO sebesar 12 ACH baik untuk desain ruang isolasi tipe S maupun desain ruang isolasi tipe N. Tabel 3 menunjukkan

hasil pengukuran kecepatan aliran udara

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

atau velocity dan ACH.

Tabel 3. 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%

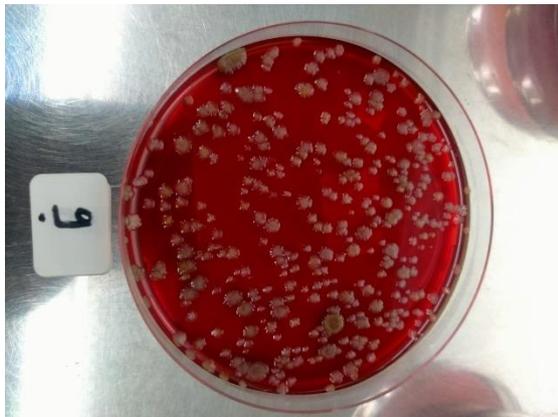
Tabel 4. Hasil Pengamatan Kelembaban Ruang Kana  
Sumber: Survei Lapangan

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).

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 <sup>3</sup> )	Σ Koloni Ujung masuk kanan (CFU/m <sup>3</sup> )	Σ Koloni Tengah (CFU/m <sup>3</sup> )	Σ Koloni Ujung dalam kiri (CFU/m <sup>3</sup> )	Σ Koloni Ujung dalam kanan (CFU/m <sup>3</sup> )	Σ Koloni Koloni Total (CFU/m <sup>3</sup> )
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 5. Hasil Pengamatan Koloni  
Sumber: Survei Lapangan



Gambar 6. Contoh angkapan mikroorganism dari udara, tampak koloni mikroorganism tumbuh di media agar darah.

Sumber: Survei Lapangan

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

Hasil penghitungan statistik menggunakan Mann Whitney 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.

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.

Hasil regresi kamar tipe S, 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. 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.

## KESIMPULAN

Penelitian 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 et al., 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 et al., 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 (Nugroho et al., 2016). 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 et al., 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).

Saran untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan penataan ulang bangunan ruang isolasi terutama terkait peletakkan sumber udara dimana antara sumber udara yaitu AC dan exhaust fan tidak dalam satu bidang namun membentuk jalur berhadapan diagonal. Juga penanganan dan penataan lalu lintas manusia yang keluar masuk ruang isolasi dengan penambahan automatic door closer sehingga pintu yang dilewati terutama oleh tenaga kesehatan yang harus bergerak cepat dapat tertutup otomatis.

#### DAFTAR PUSTAKA

Afzal, M., . F. M., & . Z. S. (2004). Effect of Relative Humidity and Temperature on Airborne Fungal Allergens of Karachi City. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(2), 159–162. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.159.162>

A Working Group Of The Scottish Quality Assurance Specialist Interest Group. (2004). Guidelines On Test Methods For Environmental Monitoring For Aseptic Dispensing Facilities. Scottish Quality Assurance Specialist Interest Group.

Andualem, Z., Gizaw, Z., Bogale, L., & Dagne, H. (2019). Indoor bacterial load and its correlation to physical indoor air quality parameters in public primary schools. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s40248-018-0167-y>

Capolongo, S., Bottero, M. C., Buffoli, M., & Lettieri, E. (2015). Improving Sustainability During Hospital Design and Operation: A Multidisciplinary Evaluation Tool (Green Energy and Technology) (2015th ed.). Springer.

Centers for Disease Control and Prevention. (2017). Guidelines for Environmental Infection Control in Health-care Facilities: Recommendations of CDS

and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Centers for Disease Control and Prevention

Frick, H., & Koesmartadi, C. (2008). Ilmu fisika bangunan. Kanisius

Hayleeyesus, S. F., Ejeso, A., & Derseh, F. A. (2015). Quantitative Assessment of Bio-Aerosols Contamination in Indoor Air of University Dormitory Rooms. *International Journal of Health Sciences*, 9(3), 247–254. <https://doi.org/10.12816/0024691>

Kementerian Kesehatan. (2002). STANDAR OPERASIONAL PENGAMBILAN DAN PENGUKURAN SAMPEL KUALITAS UDARA RUANGAN RUMAH SAKIT.

Kementerian Kesehatan. (2004). Keputusan Menteri Kesehatan Nomor: 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit.

Kementerian Kesehatan. (2020). Pedoman Teknis Bangunan dan Prasarana Ruang Isolasi Penyakit Infeksi Emerging (PIE).

Manullang, S. H., Ariyani, A., Silawiweka, I. B., Wahyutomo, R., & Machfud. (2015). Pedoman Teknis Ruang Isolasi. Kementerian Kesehatan.

Mirbahar, A., & Memon, B. (2016). Bacteriological Monitoring Through Air Sampling In Different Locations of Teaching/Civil Hospital Sukkur. *Journal Application Emerging Science*, 29, 14.

Nugroho, D. A., Budiyo, & Nurjazuli. (2016). FAKTOR-FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN ANGKA KUMAN UDARA DI RUANG RAWAT INAP KELAS III RSUD DR. MOEWARDI SURAKARTA. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro*, 4(4), 900–906.

Pati, P. (2018). Review on Common Microbiological Contamination Found in Hospital Air. *Journal of Microbiology and Pathology*, 2(1), 1–5.

Smith, J., Adams, C., King, M., Noakes, C., Robertson, C., & Dancer, S. (2018). Is there an association between airborne and surface microbes in the critical care environment? *Journal of Hospital Infection*, 100(3), e123–e129. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2018.04.003>

Vonci, N., De Marco, M. F., Grasso, A., Spataro, G., Cevenini, G., & Messina, G. (2019). Association

between air changes and airborne microbial contamination in operating rooms. *Journal of Infection and Public Health*, 12(6), 827–830. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2019.05.010>

World Health Organization. (2011). Report on the Burden of Endemic Health Care-Associated Infection Worldwide Clean Care is Safer Care. [www.who.int](http://www.who.int)

Wulandari, K., & Wahyudin, D. (2018). Sanitasi Rumah Sakit (1st ed.). Pusat Pendidikan Sumber Daya Kesehatan Kementerian Kesehatan.

Zarb, P., Coignard, B., Griskeviciene, J., Muller, A., Vankerckhoven, V., Weist, K., Goossens, M. M., Vaerenberg, S., Hopkins, S., Catry, B., Monnet, D. L., Goossens, H., & Suetens, C. (2012). The European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) pilot point prevalence survey of healthcare-associated infections and antimicrobial use. *Eurosurveillance*, 17(46). <https://doi.org/10.2807/ese.17.46.20316-en>