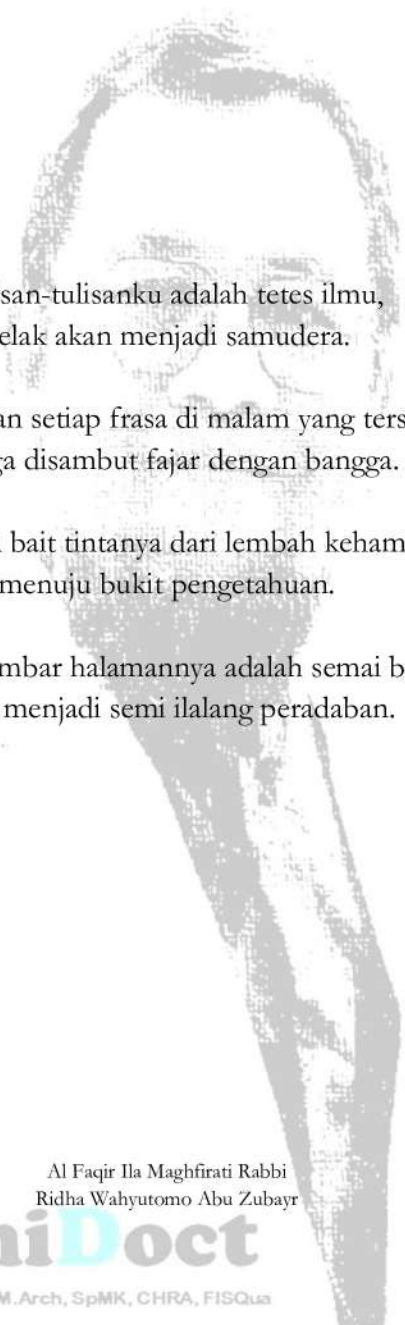




Tulisan-tulisanku adalah tetes ilmu,  
kelak akan menjadi samudera.

Digoreskan setiap frasa di malam yang tersipu,  
hingga disambut fajar dengan bangga.

Diteteskan bait tintanya dari lembah kehampaan  
menuju bukit pengetahuan.

Lembar demi lembar halamannya adalah semai benih kecil,  
yang menjadi semi ilalang peradaban.

Al Faqir Ila Maghfirati Rabbi  
Ridha Wahyutomo Abu Zubayr

**ArchiDoct**

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua



**ArchiDoct**

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua



# TATA BANGUNAN RUMAH SAKIT PASKA PANDEMI:

ASPEK ARSITEKTUR, MIKROBIOLOGI,  
PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN INFEKSI

*Edisi Buku Elektronik*

**ArchiDoct**

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua



#### **Kutipan Pasal 72**

##### **Sanksi Pelanggaran Undang-Undang Hak Cipta (UU Nomor 19 Tahun 2000)**

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu Ciptaan atau memberikan izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/ atau denda paling banyak Rp. 5.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/ atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

dr. Ridha Wahyutomo, M.Arch, Sp.MK, FISQua

TATA BANGUNAN RUMAH SAKIT PASKA PANDEMI:  
ASPEK ARSITEKTUR, MIKROBIOLOGI,  
PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN INFEKSI



inoffast  
Publishing

ArchiPost

Inoffast Publishing  
dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, Surabaya, 2024

**Tata Bangunan Rumah Sakit Paska Pandemi:  
Aspek Arsitektur, Mikrobiologi, Pencegahan dan Pengendalian Infeksi**  
Copyright © Inoffast Publishing, 2024  
*All rights reserved*

Penulis: dr. Ridha Wahyutomo, M.Arch, Sp.MK, FISQua  
Editor: dr. Nurhasanah  
Layout & Desain Sampul: dr. Jauhar Nafies, M.HKes

Diterbitkan oleh:

**Inoffast Publishing**

Jl. Jemurwonosari Lebar 111 Wonocolo, Surabaya

E-Mail : inoffastindonesia@gmail.com

Phone : 081938800384

Website : www.inoffast.com

Instagram: @inoffast\_publishing

**Tata Bangunan Rumah Sakit Paska Pandemi:  
Aspek Arsitektur, Mikrobiologi, Pencegahan dan Pengendalian Infeksi**  
Surabaya: Inoffast Publishing, 2024 vii+ 110 hlm  
ISBN: (dalam proses pengajuan)  
Cetakan pertama, April 2024

**ArchiDoct**

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

## KATA PENGANTAR

*Bismillabirrahmaanirrahim.*

Segala puji bagi Allah Dzul Jalali wal Ikram, kami memuji-Nya, memohon pertolongan dari-Nya dan mohon ampun kepada-Nya. Kami berlindung kepada Allah dari kejahatan diri dan keburukan perbuatan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah, maka tidak ada orang yang mampu menyesatkannya. Dan barang siapa yang disesatkan oleh Allah, maka tidak ada orang yang mampu memberikan petunjuk kepadanya. Saya bersaksi, bahwa tidak ada Tuhan yang berhak disembah melainkan Allah yang tiada sekutu bagi-Nya. Saya bersaksi, bahwa Muhammad adalah hamba dan utusan Allah. Semoga Allah melimpahkan salam dan shalawat kepadanya.

Paska pandemi ada pergeseran dalam memandang pelayanan kesehatan. Tidak menciptakan sudut pandang baru, akan tetapi kembali ke konsep dasar yang melibatkan host (manusia), agent (mikroorganisme penyebab infeksi), dan environment (lingkungan yang dapat diartikan sebagai desain bangunan). Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Kesehatan memberikan respon positif berupa penerbitan Permenkes nomor 40 tahun 2022 mengenai tata bangunan rumah sakit.

Tujuan penulis menyusun buku “Tata Bangunan Rumah Sakit Paska Pandemi: Aspek Arsitektur, Mikrobiologi, Pencegahan dan Pengendalian Infeksi” ini semata-mata untuk memberikan sumbangan keilmuan, menjembatani tiga keilmuan arsitektur, mikrobiologi dan PPI, serta menjadi sedikit bekal pada penataan bangunan rumah sakit.

Kami ucapkan terima kasih untuk para guru dan sejawat kami di PERSI, PP PERDALIN, PERDALIN KOTAPRAJA, Komisi Akreditasi Rumah Sakit (KARS), dan Program S2 serta S3 Fakultas Arsitektur UNIKA Soegijapranoto Semarang, serta berbagai pihak yang memberikan doa dan dukungan atas buku ini.

Semarang, 17 Februari 2024

**ArchiDoct**

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

*Al faqir ila maghfirati rabbibi*

**dr. Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua**

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar v

Daftar Isi vii

BAB I – Penyakit, Infeksi, dan Transmisi 1

Penyakit 1

Infeksi 3

Transmisi 5

BAB II – Host, Agent, Environment 6

BAB III – Kilas Balik Pandemi 10

BAB IV – Dasar Fisika Udara 14

BAB V – Material dan Komponen Bangunan Fasyankes 18

Atap 18

Langit-langit 19

Dinding dan Partisi 21

Lantai 25

Pintu 27

Jendela 28

BAB VI – Mobile Reserve Architecture 29

BAB VII – Healing Architecture 32

BAB VIII – Iklim dan Bangunan Rumah Sakit 39

BAB IX – Kenyamanan Termal 42

BAB X – Pengaturan Kenyamanan Termal 46

Pengaturan Kenyamanan Termal Aktif 47

Pengaturan Kenyamanan Termal Pasif 53

BAB XI – Lahan dan Akses Bangunan Rumah Sakit 57

BAB XII – Zonasi Rumah Sakit 64

Zonasi menurut Tingkat Risiko Penularan Penyakit 66

Zonasi menurut Tingkat Privasi Kegiatan 69

Zonasi menurut Karakter Pelayanan 71

Prinsip Umum Tata Fungsi dan Zonasi Rumah Sakit 72

BAB XIII – Sirkulasi Rumah Sakit 74

BAB XIV – Tata Bangunan Rumah Sakit Paska Pandemi 78

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| BAB XV – Limbah Rumah Sakit                             | 84  |
| BAB XVI – Mikrobiologi Terkait Desain Rumah Sakit       | 91  |
| <i>Enterococcus faecium</i>                             | 91  |
| <i>Staphylococcus</i>                                   | 91  |
| <i>Klebsiella species</i>                               | 93  |
| <i>Acinetobacter baumannii</i>                          | 95  |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>                           | 96  |
| <i>Fungi</i>                                            | 98  |
| BAB XVII – Pencegahan dan Pengendalian Infeksi Bangunan | 100 |
| Daftar Pustaka                                          | 105 |
| Tentang Penulis                                         | 109 |



# BAB I

## PENYAKIT, INFEKSI, DAN TRANSMISI

### Penyakit

Kehidupan manusia tidak dapat dilepaskan dari lima hukum kehidupan” yaitu muda-tua, sehat-sakit, kaya-miskin, luang-sibuk, dan hidup-mati. Hukum kedua, sehat-sakit, merupakan konsep yang dinamis dan berubah seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Perubahan dalam pendefinisian sehat dan sakit tersebut didasari pendekatan yang dipakai, baik pendekatan tradisional maupun pendekatan holistik. Secara tradisional penekanan sehat-sakit terletak pada aspek jasmani. Adapun pada pendekatan holistik ditekankan pada keseimbangan aspek fisik, mental, dan sosial.

Organisasi kesehatan dunia, WHO, membuat definisi sehat sebagai keadaan yang sempurna baik fisik, mental maupun sosial. Kondisi ini tidak hanya terbebas dari penyakit atau kelemahan atau kecacatan. Sebaliknya, sakit adalah keadaan yang tidak seimbang atau sempurna seseorang dari aspek medis, fisik, mental, dan sosial.

Keseluruhan pengertian tersebut merupakan resume dari sejarah manusia dalam menanggapi penyakit. Pada zaman pra sejarah, penyakit diasumsikan sebagai hal yang terkait kekuatan di luar kemampuan manusia atau supranatural. Sehingga penyakit disikapi dengan pencegahan dan terapi yang bersifat mistik seperti pemberian sesajian pada hal yang dianggap memiliki kuasa menurunkan penyakit di komunitas mereka. Seiring perkembangan pengetahuan dan keilmuan, manusia mulai menggunakan beberapa cara terapi meskipun keseluruhannya bersifat *trial and error*. Di tahap inilah muncul beberapa jenis pengobatan herbal dalam tingkat dasar atau yang belum mencapai tahapan khasiat dari setiap tumbuhan. Pada tahap ini konsep penyakit meskipun mencapai tahap keilmuan, akan tetapi masih tidak lepas dari mistis dan perdukunan.

Pemahaman penyakit menapaki keilmuan yang melibatkan interaksi dengan lingkungan setelah terbentuk peradaban *non nomaden* atau tidak

berpindah tempat. Komunitas yang menetap ini kemudian membentuk peradaban.

Misalnya peradaban Tiongkok dengan konsep keseimbangan *jin* dan *yang*. Bila kedua unsur tersebut berat sebelah maka sistem akan terganggu dan memantik kemunculan penyakit. Dalam konsep penyakit tersebut maka muncul penataan lingkungan yang menekan potensi kemunculan penyakit, seperti pembuatan selokan dan pembuatan jamban. Adapun di belahan bumi bagian Barat, di Yunani, penyakit dicegah dengan penekanan pola hidup sehat yang mencakup kesehatan diri, kebersihan diri, dan sanitasi lingkungan.

Pada abad pertengahan, dunia seakan terbelah dalam dua pemandangan kutub yang tajam bertolak belakang di bidang kesehatan. Eropa mengalami kemunduran dalam aspek kesehatan. Sanitasi yang buruk, kualitas makanan yang tidak sehat memicu gizi buruk, ledakan kematian ibu dan anak, penyakit lepra menular dengan cepat, munculnya *black death* dengan manifestasi klinis *pneumoniae* (radang paru) dan pes yang mematikan sepertiga penduduk Eropa. Masa ini disebut juga *dark ages* yang disikapi dengan berbagai usaha meredam transmisi penyakit, mulai dari isolasi pasien sampai menggerakkan penduduk dari daerah wabah ke daerah yang tidak terdampak penyakit. Di sisi lain, wilayah Daulah Islam mengalami masa keemasan dengan pesatnya ilmu dan teknologi terkait kesehatan. Beberapa tokoh muncul sebagai peletak dasar ilmu kesehatan dan kedokteran masa kini. Tersebut nama Al-Zahrawi yang menemukan benang jahit bedah *cat gut*, Muhammad bin Zakariya ar-Razi seorang ahli alergi imunologi yang menyusun ensiklopedia kedokteran dan meramu sabun pertama kali, Ali Al Thabari memperkenalkan anestesi dalam pembedahan, dan berderet nama-nama pengubah wajah kesehatan dunia.

Meneladani kebersihan dan sistem kesehatan yang merupakan implementasi dari keilmuan di wilayah kekhalifahan, maka Eropa bergerak membenahi sistem kesehatan termasuk mencontoh konsep universitas yang menyediakan hasil-hasil penelitian bagi kesehatan serta mencontoh konsep kesehatan seperti sarana rumah sakit dan sanitasi. Masa inilah yang disebut sebagai masa *renaissance* atau pembaruan.

*Renaissance* membawa perubahan pada banyak hal termasuk konsep penyakit, khususnya infeksi yang mencapai tonggak baru dengan paparan teori dari Girolamo Fracastoro, seorang dokter Italia pada abad ke-16. Ia

mencetuskan teori penyakit menular yang mendongkel dominasi teori miasma saat itu. Miasma yang bermakna polutan dari sampah dan sisa buangan organik akan terbawa udara dan menimbulkan penyakit pada manusia yang menghirupnya. Meskipun teori ini mampu menggerakkan seluruh orang menata komunitas menuju tatanan lingkungan yang bersih dan sehat, namun teori miasma tidak dapat menjelaskan banyak hal seperti kemampuan sistem kekebalan tubuh untuk bertahan dan proses transmisi penyakit-penyakit yang berbeda. Fracastoro, dalam bukunya "*De contagione et contagiosis morbis*" mampu menjawab kelemahan miasma. Fracastoro mengemukakan bahwa penyakit menular disebabkan oleh agen yang disebut *contagion*, namun istilah ini belum diartikan sebagai mikroorganisme seperti yang dipahami saat ini, melainkan zat kimia yang mudah menguap dan menyebar di udara. Setiap penyakit menular disebabkan oleh *contagion* yang berbeda. Artinya, seseorang yang kebal terhadap satu penyakit tidak otomatis kebal terhadap penyakit lainnya. Teori *contagion* menjadi dasar bagi penemuan mikroorganisme dan teori kuman penyakit di masa berikutnya.

## Infeksi

Paska ditemukannya optik dan prinsip-prinsipnya oleh Ibnu Al Haitham yang dituangkan dalam Kitab *Al Manazir*, yang diterjemahkan ke dalam bahasa Inggris sebagai *Book of Optik*, maka konsep *contagion* dapat dijelaskan lebih ilmiah dan nyata dengan penemuan mikroskop. Antonie van Leeuwenhoek merupakan ahli mikrobiologi pertama dari Delft Belanda, yang melakukan pengamatan jasad renik menggunakan mikroskop yang telah dirakit oleh Ibnu Al Haitham.

Hampir 100 tahun kemudian ahli biologi Denmark Otto Müller memperluas studi Van Leeuwenhoek dan mengorganisir bakteri ke dalam genus dan spesies. Ini adalah awal dari klasifikasi taksonomi mikroba.

Perkembangan selanjutnya, *contagion* diterjemahkan sebagai bakteri, virus, jamur mikroskopis, protozoa, dan sebagainya. Pada tahun 1840, ahli patologi Jerman Friedrich Henle mengusulkan teori untuk membuktikan bahwa mikroorganisme bertanggung jawab untuk menyebabkan penyakit infeksi pada manusia *germ theory* of disease atau teori kuman pada penyakit.

Koch dan Pasteur mengkonfirmasi teori ini pada tahun 1870 dan 1880 dengan serangkaian eksperimen yang membuktikan bahwa mikroorganisme ditemukan sebagai etiologi penyakit antraks, rabies, plague, kolera, dan tuberkulosis.

Dengan diketahuinya mikroorganisme, maka muncul istilah infeksi yang didefinisikan sebagai masuknya mikroorganisme ke dalam jaringan tubuh yang steril atau bukan habitat dari mikroorganisme tersebut yang akan menimbulkan tanda dan gejala termasuk inflamasi. Sehingga untuk membuktikan seorang individu terkena infeksi atau tidak harus dapat membuktikan adanya mikroorganisme yang secara klinis berperan sebagai patogen, bukan kontaminasi ataupun kolonisasi.



**Gambar 1.** Mikroskop yang digunakan oleh Antonie van Leeuwenhoek. Bentuk lebih sederhana dibandingkan mikroskop modern, akan tetapi hanya bisa mengamati secara sederhana. (Sumber <https://images.app.goo.gl/BUtpoGW7sWHaNRth7>)

Adapun inflamasi merupakan proses reaksi vaskuler akibat adanya jejas atau trauma pada tingkat sel dan jaringan. Sehingga bila seorang pasien datang dengan keluhan demam atau saat diperiksa kadar sel darah putihnya (leukosit) lebih dari normal, maka belum tentu pasien tersebut menderita infeksi, namun individu ini sudah terjadi proses inflamasi sesuai dengan definisi infeksi dan inflamasi tersebut.

## Transmisi

Dari beberapa jenis penyakit, infeksi memiliki karakter bisa ditularkan ke individu yang lain atau dari satu makhluk hidup ke makhluk hidup yang lain misalnya hewan ke manusia. Hal ini tidak berlaku bagi penyakit lain seperti penyakit akibat trauma atau kecelakaan, penyakit degeneratif pada lanjut usia seperti alzheimer, ataupun penyakit kongenital (bawaan). Hal ini dimungkinkan karena infeksi memiliki kemampuan transmisi atau mekanisme transportasi agen infeksi dari *reservoir* ke individu.

Transmisi kontak baik langsung maupun kontak tidak langsung sudah jelas prosesnya dengan penempelan mikroorganisme pada tubuh atau benda perantara yang kemudian bagian tubuh atau benda tersebut menempel pada tubuh lain sehingga terjadi perpindahan mikroorganisme ke tubuh individu lain.

Adapun transmisi melalui *droplet* atau *airborne* memiliki mekanisme yang lebih rumit karena melibatkan beberapa faktor seperti sifat fisika udara di ruangan, aspek kenyamanan termal, desain ruangan, dan faktor-faktor lain yang akan dibahas dalam bab-bab selanjutnya.

## BAB II

### HOST, AGENT, ENVIRONMENT

Infeksi yang ditransmisikan dan tersebar luas belum pasti akan mengenai seluruh manusia. Dengan kalimat lain adanya mikroorganisme belum tentu menimbulkan infeksi karena mikroorganisme dapat bermakna bukan patogen, mikroorganisme bertemu dengan sistem imunitas tubuh sehingga tereliminasi, ataupun mikroorganisme terlemahkan oleh kondisi lingkungan.

Tubuh manusia didiami oleh ribuan spesies bakteri yang berbeda. Beberapa hidup sementara, yang lain dalam hubungan parasit permanen. Proses persalinan merupakan waktu pertama kali manusia mengalami kontak dengan mikroorganisme, dalam hal ini mikroorganisme di jalan lahir ibu. Selain itu juga adanya paparan dari udara, lingkungan, dan termasuk paparan kontak tangan orang di sekelilingnya. Hal ini berlangsung terus menerus sampai dewasa dan mikroorganisme yang terlibat semakin beragam. Mikroorganisme yang kontak dan mendiami jaringan atau bagian tubuh manusia dalam kondisi sehat tanpa menimbulkan penyakit inilah yang disebut flora normal.

Dalam kehidupannya, flora normal ini disebut komensal, artinya mereka hidup di tubuh manusia sebagai host namun tidak merugikan host seperti menimbulkan penyakit. Bahkan keberadaannya memberikan kontribusi positif misalnya menghalau mikroba lain yang tidak memiliki habitat di tempat itu atau mikroba patogen. Inilah yang disebut bahwa flora normal ini memiliki beberapa kemampuan spesifik untuk bersaing dalam lingkungan secara lebih efektif dari beberapa mikroorganisme patogen, menghasilkan nutrisi yang bisa dimanfaatkan *host*, menempel di permukaan jaringan tubuh (disebut dengan istilah *adhesi*), dan kemampuan beradaptasi terhadap hospes.

Oleh Price pada tahun 1938, flora normal secara umum dibagi menjadi dua golongan, yaitu

1. Flora menetap (*resident flora*)

Merupakan flora normal yang dalam hubungan dengan tubuh atau host bersifat memberikan keuntungan dan tidak menimbulkan penyakit pada kondisi normal. Dalam kondisi tertentu misalnya berpindahnya

flora normal residen ini ke area tubuh lain seperti masuk dalam aliran darah, maka akan menimbulkan penyakit. Dapat pula pada kondisi dimana sistem kekebalan tubuh menurun sehingga mikroorganisme tumbuh tanpa kendali.

## 2. Flora tidak menetap (*transient flora*)

Merupakan mikroorganisme yang ada di area tubuh dalam beberapa waktu tertentu, baik beberapa jam maupun hari, bahkan dalam hitungan minggu. Flora transien jumlah dan aktifitasnya dikendalikan oleh flora residen. Dalam kondisi flora residen terganggu, baik dalam jumlah maupun fungsinya yang menurun, maka flora transien dapat menjadi penyebab dari penyakit infeksi karena tidak ada yang mengendalikan.

Potensi infeksi dapat pula berasal dari flora normal. Sebagaimana *Staphylococcus epidermidis* yang merupakan spesies bakteri yang paling banyak ditemukan di kulit. Pada kasus HAIs (*Healthcare Associated Infections*) sering ditemukan bakteri ini resisten terhadap antibiotik beta laktam (golongan penicillin, cephalosporin, carbapenem, dan monobactam) yang disebut sebagai MRSE (*Methicillin Resistant Staphylococcus epidermidis*). Untuk bakteri *Staphylococcus aureus* disebut sebagai MRSA (*Methicillin Resistant Staphylococcus aureus*). Flora normal lainnya seperti *Corynebacterium sp* yang spesies non patogen.

Bakteri patogen yang berada di lapisan permukaan kulit, mudah dihilangkan dengan mencuci tangan secara rutin. Mikroorganisme patogen biasanya tidak berkembang seperti flora normal pada kulit, tetapi mereka bertahan hidup dan berkembang biak dengan spora pada permukaan kulit. Mereka sering didapat oleh petugas kesehatan selama kontak langsung dengan pasien atau terkontaminasi lingkungan sekitar yang berdekatan dengan pasien, dan merupakan organisme yang paling sering dikaitkan dengan HAIs, bila unsur *host* dan *environment* tidak seimbang.

Berdasarkan dokumen *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), ada enam bakteri yang menduduki dua per tiga penyebab HAIs. Keenam bakteri ini disingkat menjadi ESKAPE”.

## BAB III

### KILAS BALIK PANDEMI

Pandemi yang disebabkan oleh SARS CoV 2 telah meningkatkan secara tajam angka kesakitan dan menyebabkan korban jiwa sebesar 6.956.900 di seluruh dunia berdasarkan data WHO pada akhir bulan Agustus 2023. Bercermin dari peristiwa tersebut, maka kemungkinan penyebaran penyakit infeksi di masa-masa selanjutnya, khususnya yang berasal dari binatang harus siap dihadapi dengan mempersiapkan fasilitas pelayanan kesehatan yang adaptif terhadap berbagai jenis infeksi baru.

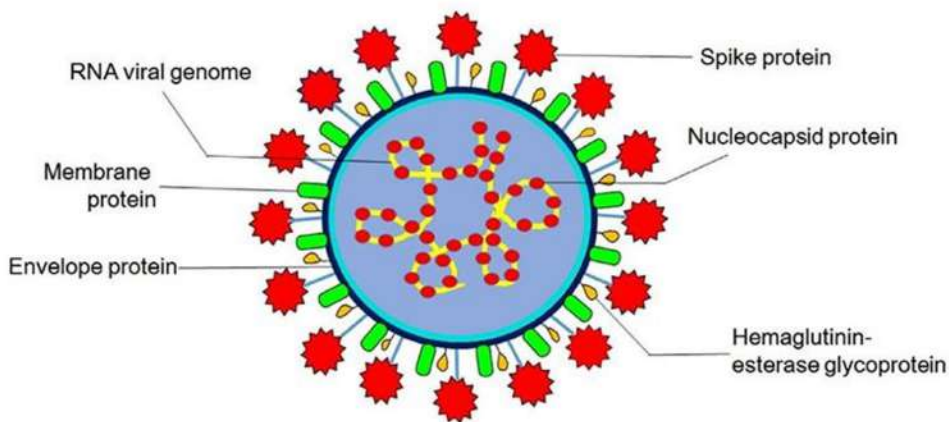
*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (SARS-CoV-2) adalah virus baru yang pertama kali dilaporkan di Kota Wuhan, Tiongkok Tengah dan telah menyebar ke dua kota domestik serta ke beberapa negara. Kondisi ini meningkatkan kekhawatiran kasus corona mirip seperti SARS yang melanda Tiongkok hampir dua dekade lalu.

Kasus pertama mengenai *coronavirus* ini dilaporkan pada 31 Desember 2019, di Wuhan, tetapi saat itu belum jelas apa yang ada di balik virus yang menyebabkan penyakit pneumonia. Pengetahuan tentang COVID-19 ini masih terbatas dan berkembang terus. Sebagai bagian dari *coronavirus* ternyata sejauh ini pneumonia karena *coronavirus* ini tidak lebih mematikan dibandingkan dengan *Middle East Respiratory Syndrome* (MERS) dan *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS).

Pada akhirnya WHO memberikan nama COVID-19 pada penyakit akibat *coronavirus* jenis baru tersebut. Nama *corona* bermakna mahkota, virus ini termasuk virus RNA ber-*envelope* (memiliki selubung atau amplop), memiliki tonjolan glikoprotein seperti pancaran matahari.

Dikenal adanya strain *Human Coronavirus* (HCoV) yang pertama kali diisolasi tahun 1960, dan berturut-turut ditemukan jenis baru seperti HCoV-229E, HCoV-OC43, HCoV-NL63, HCoV-HKU 1, SARS-CoV, MERS-CoV. Penyelarasan urutan genom rantai panjang dari virus COVID-19 dan genom lain yang tersedia dari keluarga virus jenis *betacoronavirus* menunjukkan hubungan terdekat COVID-19 adalah dengan *coronavirus* kelelawar dan mirip dengan strain *coronavirus* SARS seperti BatCov RaTG13, dengan tingkat

identitas 96%. Dari hasil tes molekuler PCR itulah ada yang berasumsi bahwa virus ini ditularkan lewat kelelawar. Di sisi lain ditemukan konsumsi daging kelelawar secara umum oleh warga Wuhan, Republik Rakyat Tiongkok (RRT).

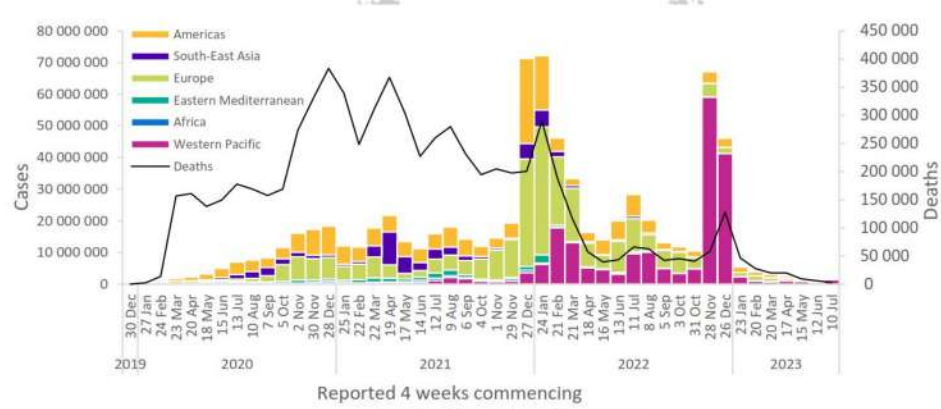


**Gambar 3.** Struktur Coronavirus  
(Sumber: <https://images.app.goo.gl/H2AFLDhUwQ5iErej7>)

Transmisi COVID-19 terbukti melalui media udara, dalam bentuk transmisi *droplet* maupun *airborne* terbatas yang disebut *aerosol*. Probabilitas penularan akan semakin meningkat pada kondisi bangunan yang memiliki ventilasi dan pertukaran udara tidak sesuai standar. Perancangan bangunan menjadi salah satu aspek yang dituntut dalam menyikapi pandemi dengan penerapan teknologi bangunan yang memadukan ilmu arsitektur dan kesehatan. Pada tataran pencegahan dan pengendalian infeksi, penekanan terkait transmisi harus tampak. Adanya sirkulasi udara yang bersih dan segar, asupan sinar matahari, dan ventilasi yang baik merupakan hal-hal yang dipertimbangkan dalam merancang struktur dan konstruksi bangunan rumah sakit.

Dengan adanya potensi infeksi yang dapat meluas sebagai pandemi selanjutnya, maka secara nasional, pemerintah Indonesia melalui Kementerian Kesehatan telah menekankan ulang terkait tatanan rumah sakit, melalui pemilihan lahan, pengaturan struktur, pengaturan tata udara dan hal-hal lain yang menata rumah sakit lebih siap menghadapi kemungkinan-kemungkinan infeksi yang akan datang. Hal ini penting ditekankan karena permasalahan dari pengalaman pandemi sebelumnya tidak terletak pada persoalan medis dan terapi saja, akan tetapi terkait dengan kondisi bangunan dan desain rumah sakit

yang sudah ada, dengan konsep yang belum menyesuaikan tatanan paska pandemi. Penulisan ini memberikan dasar keilmuan dari beberapa literatur yang memperkuat regulasi-regulasi mengenai tatanan rumah sakit dengan konsep berkelanjutan mengantisipasi berbagai persoalan infeksi sehingga tidak mengulang ketidakmampuan fasilitas pelayanan kesehatan khususnya rumah sakit di awal pandemi dalam menanggapi gelombang pasien dan transmisi COVID-19.



**Gambar 4.** Laporan WHO terkait angka kematian saat pandemi COVID-19  
(Sumber: COVID-19 Weekly Epidemiological Update)

## BAB IV

### DASAR FISIKA UDARA

Udara dalam bangunan fasilitas pelayanan kesehatan termasuk rumah sakit mendapatkan perhatian tersendiri terutama terkait proses transmisi yang lebih kompleks. Pembahasan udara terkait transmisi infeksi sendiri tidak hanya dari sisi mikrobiologi, ilmu infeksi ataupun ilmu pencegahan dan pengendalian infeksi. Peran ilmu fisika khususnya mengenai mekanika fluida sangat penting untuk implementasi penataan udara yang tidak saja menghadirkan kenyamanan, namun juga keamanan.

Mekanika fluida sesuai dengan namanya adalah cabang dari ilmu fisika yang mempelajari karakteristik dan pergerakan fluida. Udara termasuk dalam pembahasan mekanika fluida, meskipun fluida secara umum dipahami adalah zat cair. Pemaknaan fluida meliputi pula gas atau udara karena sifat dari substansi zat yang dapat mengalami transformasi akibat adanya tegangan geser yang merupakan gaya akibat gesekan antara dua permukaan yang saling bersentuhan dan bergerak relatif satu sama lain. Dengan adanya tegangan geser maka fluida dapat bergerak mengalir. Oleh karena itu dalam bahasa Indonesia fluida disebut oleh beberapa pustaka sebagai zahir atau zat alir. Hal ini sesuai etimologi fluida yang berasal dari kata *fluere* yang berarti mengalir, meskipun dapat juga bermakna cairan karena juga diturunkan dari kata dalam bahasa latin yaitu *fluidus* yang dapat memiliki arti sebagai cairan.

Baik cairan maupun udara memiliki sifat yang sama yaitu mengalir, sehingga keduanya menjadi pembahasan di dalam fisika mekanika fluida. Perbedaan dari keduanya terletak pada ikatan molekul-molekul di dalamnya.

Zat *liquid* (cair) ikatan intermolekul lebih rapat dan saling tertaut, akan tetapi tetap memungkinkan pergerakan yang bebas. Sedangkan bentuk gas atau udara pergerakannya lebih bebas karena ikatan antara satu molekul dengan molekul lainnya tidak serekat pada zat cair.

Dalam hukum materi atau kekekalan zat, ada tinjauan terhadap molekul dan sifat-sifatnya. Tinjauan tersebut akan membagi zat sebagai material kontinum dan material diskrit. Bila udara dialirkan ke dalam beberapa ruang

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

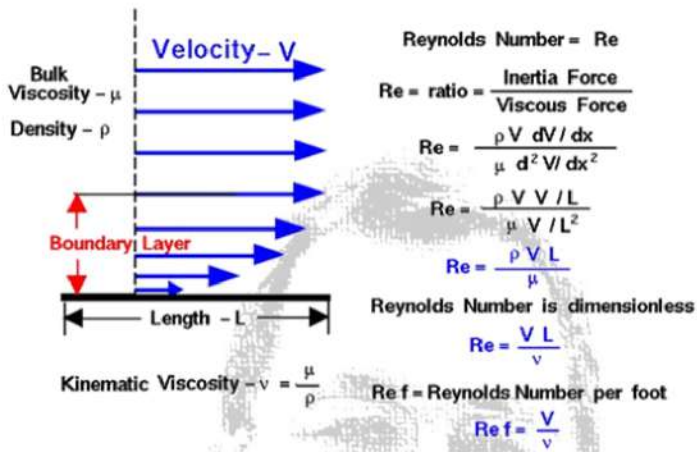
dengan volume berbeda dan molekul-molekulnya masih memiliki sifat yang sama, maka udara saat itu dikatakan sebagai material kontinum.

Lain halnya bila udara tersebut dilakukan pengamatan dan identifikasi terhadap sifat-sifat fisika dan kimia molekulnya, maka udara dalam kasus ini dipandang sebagai materi diskrit. Pemahaman terhadap kedua bentuk materi ini akan bermanfaat dalam memahami berbagai fenomena yang melibatkan udara, seperti aliran udara, perpindahan panas, peningkatan mikroorganisme di dalam ruangan, penyebaran polusi, dan lain-lain.

Zalir memiliki beberapa kelengkapan fisik yang dapat diukur secara kuantitatif. Parameter atau kelengkapan tersebut meliputi *velocity* (kecepatan), *pressure* (tekanan), *temperature* (suhu), *density* (kepadatan), dan *viscosity* (kekentalan). Keseluruhan parameter tersebut dimiliki oleh udara, sehingga menjadi subjek dalam fisika mekanika fluida.

Kecepatan merupakan besaran fisika yang menyebabkan suatu benda mengalami perpindahan koordinat atau posisi. Dalam simulasi matematika, *velocity* digambarkan dalam perpaduan kecepatan itu sendiri dengan vektor arah gerak dengan tiga aksis. Dengan adanya *velocity* ini maka dalam implementasi di rumah sakit, menjadi pijakan bagi pengaturan kenyamanan termal, pergantian udara setiap jam (*air change hour*), serta pengaturan ventilasi.

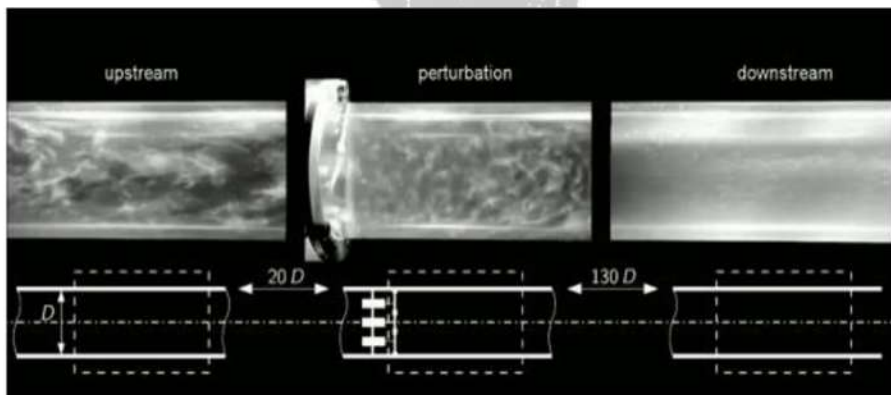
Sebagaimana benda padat, udara memiliki tekanan yang merupakan adanya gaya yang menimpa suatu luasan area. Dalam rumus fisika, tekanan ini diberi beberapa satuan yaitu Newton per meter persegi ( $N/m^2$ ), Pascal (Pa), Bar, atau Atm (*Atmosphere*). Pada ruangan di rumah sakit, misalnya ruang isolasi yang telah diatur tekanannya, maka tekanan ini dinamakan tekanan statis karena fluida dalam hal ini udara tidak bergerak. Akan tetapi adanya ventilasi, pergerakan manusia, dan pengaruh dari alat medis akan menimbulkan tekanan pula yang disebut tekanan dinamis. Variabel tekanan statis hanya tekanan itu sendiri, namun tekanan dinamis dipengaruhi densitas dan *velocity*.



**Gambar 5.** Rumus bilangan Reynolds

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/e12HE2j7ccHT1v4k6>)

Secara fisika dirumuskan sebagai rumus bilangan Reynold. Bila bilangan Reynold rendah, maka aliran fluida cenderung aliran laminar. Bilangan Reynold dinyatakan rendah bila nilainya  $<2000$ . Di sisi lain jika bilangan Reynold mencapai angka  $>4000$  maka dikategorikan tinggi, sehingga terbentuk aliran turbulen.



**Gambar 6.** Aliran turbulen, peralihan, dan laminar

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/Awq1TrH6bdzRPCo88>)

## **BAB V**

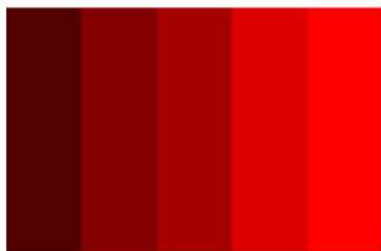
### **MATERIAL DAN KOMPONEN**

### **BANGUNAN FASYANKES**

Material adalah satuan terkecil dari struktur dan konstruksi sebuah bangunan. Pemilihan material harus mempertimbangkan jenis bangunan, iklim di tempat bangunan itu berdiri, jenis struktur dan konstruksi bangunan, dan pertimbangan terkait energi.

Jenis bangunan fasilitas pelayanan kesehatan tentunya berbeda dengan bangunan komersial atau bangunan rumah tangga. Komponen bangunan di fasilitas pelayanan kesehatan termasuk rumah sakit memiliki pijakan terutama pada program pencegahan dan pengendalian infeksi (PPI). Seluruh material bangunan harus aman dan mudah dibersihkan dalam rangka meminimalisir risiko penyebaran infeksi. Selain infeksi, penggunaan material juga ditujukan pada program Keselamatan dan Kesehatan Kerja Rumah Sakit (K3 RS).

Bahkan pada bangunan untuk perawatan pasien dengan gangguan jiwa, material bangunan dipilih dengan pertimbangan keamanan dari kemungkinan pasien mencelakai dirinya dan orang lain.



Warna merah membuat seseorang merasa lebih energetik dan siap untuk bergerak lebih maju. Warna merah meningkatkan suhu darah dan merangsang sirkulasi. Merah digunakan untuk merawat orang-orang dengan penyakit anemia, kelelahan, kelumpuhan dan kepayahan.



Warna orange adalah warna yang menstimulasi. Orange memberikan kekuatan pada tubuh dan berhubungan dengan ginjal, saluran kemih, dan organ reproduksi.



Kuning digunakan untuk membantu pencernaan serta proses di hati dan usus. Kuning dianggap memiliki sifat dekonjestan dan antibakteri yang bertindak sebagai pembersih bagi tubuh. Warna ini telah diketahui dapat membantu untuk meringankan rematik dan radang sendi.



Hijau menciptakan keseimbangan dan harmoni dalam tubuh. Warna ini terutama baik untuk masalah jantung dan darah. Warna ini diketahui mempengaruhi struktur sel dan otot manusia.

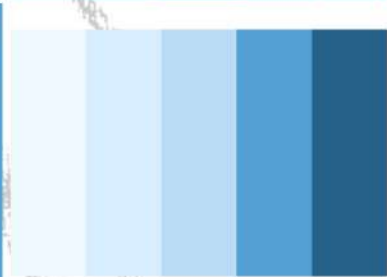
**ArchiDoct**

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

Warna turquoise atau warna biru-kehijauan mendorong kejelasan dalam pikiran, perasaan dan komunikasi.



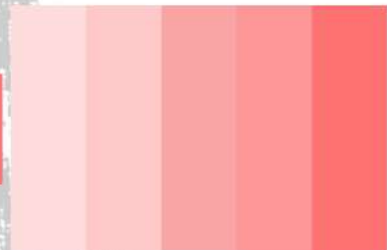
Warna ini menenangkan. Warna biru digunakan untuk kasus-kasus kondisi peradangan, luka bakar dan memar. Warna ini juga membantu eksim, psoriasis, ruam dan luka. Selain itu warna biru membantu meringankan ketegangan, stress dan masalah dengan sistem kekebalan tubuh. Warna ini diyakini dapat meringankan insomnia, kecemasan, tekanan darah tinggi, migran dan iritasi kulit.



Warna ungu menghadirkan perasaan dari menghargai diri. Ungu dikaitkan dengan mata, telinga, hidung dan mulut. Warna ini membantu atasi sumbatan kepala dan sinus, dan dikenal untuk menenangkan sistem saraf.



Warna merah muda adalah warna belas kasih. Warna ini menghasilkan perasaan kelembutan, kehalusan, kebaikan, kasih sayang dan cinta.



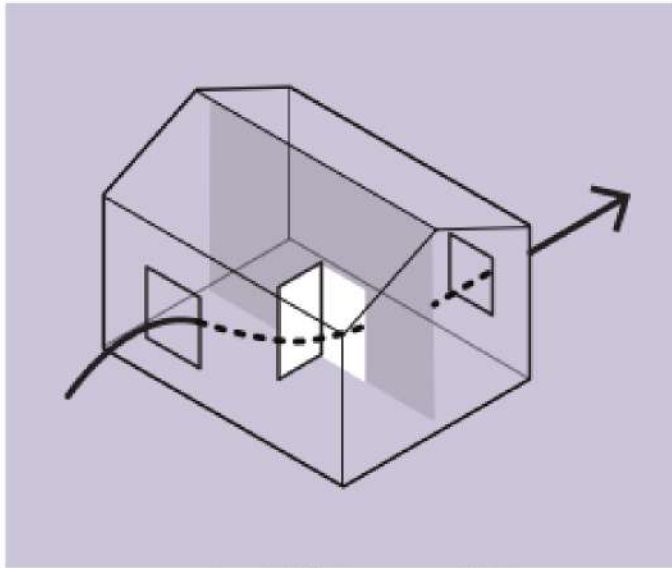
**Gambar 8.** Warna dan efek bagi tubuh  
(Sumber: The Content Analysis Table of Design Guidelines)



**Gambar 9.** hospital plint  
(Sumber: <https://images.app.goo.gl/gDttfEHoceSN9yhQA>)

Pada bangunan rumah sakit bertingkat, lebar bukaan jendela harus aman dari kemungkinan pasien dapat melarikan diri atau meloncat dalam upaya bunuh diri terkait depresi misalnya.

Posisi bukaan mempunyai pengaruh penting dalam sistem ventilasi alami. Kualitas ventilasi alami dapat optimal apabila terdapat dua bukaan yang berada pada sisi dinding yang berlawanan (*cross ventilation*).



**Gambar 11.** Cross ventilation

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/g14Ac5vowmqfGfwL9>)

## BAB VI

### ***MOBILE RESERVE ARCHITECTURE***

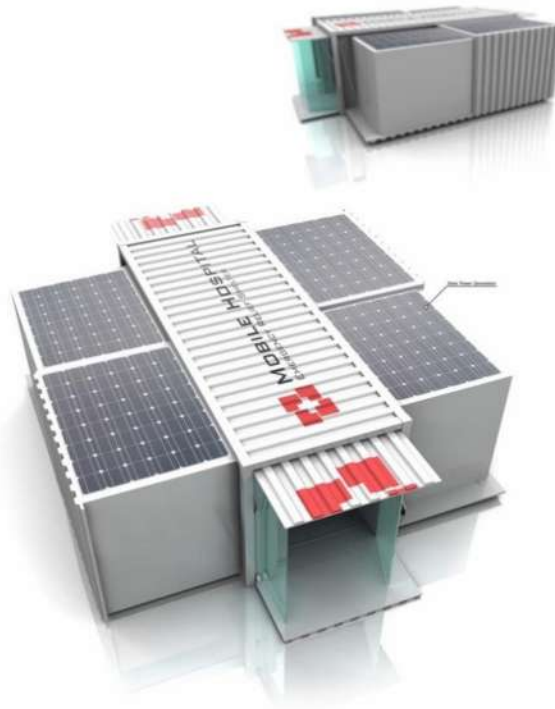
Pandemi memberikan keilmuan yang sangat luas. Keran-keran pemikiran dialirkan termasuk dalam desain arsitektur yang belajar dari pengalaman pandemi dengan berjubelnya pasien yang tidak seimbang dengan jumlah tempat tidur pasien.

*Mobile Reserve Architecture* adalah konsep mendesain bangunan yang bisa dipindahkan dan ditata ulang secara modular. Keilmuan arsitektur melihat kebutuhan akan ruang tambahan untuk rumah sakit atau tempat isolasi berubah-ubah dengan cepat saat pandemi, baik akibat tuntutan regulasi yang saat itu menginstruksikan secara mendadak sebagai respon kedaruratan global, maupun akibat peningkatan tajam jumlah pasien dengan keluhan seragam saat pandemi.

Ide dasar *mobile reserve architecture* adalah menggunakan bangunan yang modular. Bila dikiaskan bangunan ini seperti permainan lego yang dapat dibongkar pasang sesuai kreasi dan kebutuhan. Selain itu, konsep ini juga mengedepankan teknologi seperti bangunan yang bisa dikembangkan atau material yang ringan.

Desain ini masih dalam tahap awal pengembangan, namun dipandang sebagai solusi yang menjanjikan untuk menghadapi situasi yang tidak terduga. *Mobile reserve architecture* mengacu pada tatanan yang mudah beradaptasi dengan kondisi dan keadaan yang sedang dihadapi.

Pada konteks pencegahan dan pengendalian infeksi terutama antisipasi kejadian luar biasa ataupun pandemi, maka rumah sakit memiliki fleksibilitas dan portabilitas. Kemampuan *mobile reserve architecture* misalnya pada ruang rawat inap dapat berubah menjadi ruang isolasi ataupun area parkir rumah sakit dapat menjadi ruang rawat saat terjadi bencana.



**Gambar 12.** Hospital mobile reserve architecture  
(Sumber: <https://images.adsttc.com>)

Pada rancangan ini juga dikembangkan Mobile PPS (*Personal Protective Space*) yang merupakan ruang pelindung bagi petugas kesehatan terutama saat pandemi seperti Covid-19. Konsep ini dirancang oleh *Plastique Fantastique*, perusahaan dari Berlin, Jerman. *Mobile PPS* berbentuk seperti gelembung transparan yang terbuat dari bahan plastik. Ruangan ini memiliki tekanan udara positif yang membuat udara bersih terus mengalir keluar dan udara yang terkontaminasi tidak bisa masuk. Udara bersih ini dipasok oleh ventilator yang berada di luar ruangan.



**Gambar 13.** Mobile PPS (Personal Protective Space)  
(Sumber: <https://plastique-fantastique.de/Mobile-PPS-for-Doctors>)

## **BAB VII**

### ***HEALING ARCHITECTURE***

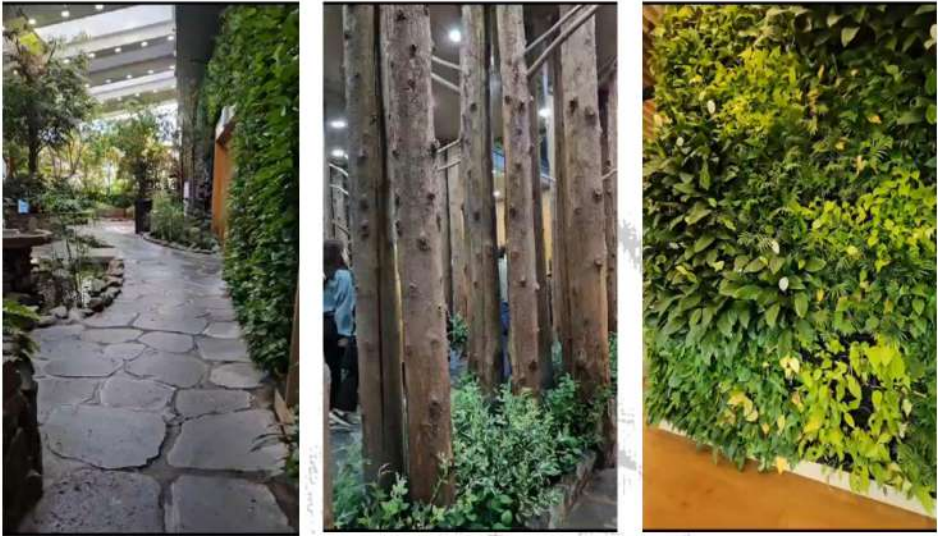
Sejarah mencatat pada tahun 1853 terjadi perang antara kekaisaran Rusia melawan koalisi Inggris dan Perancis di semenanjung Crimea. Tercatat 2000 prajurit tewas di medan pertempuran, sedangkan 50.000 prajurit justru meninggal di dalam ruang perawatan akibat infeksi yang diperoleh dari rumah sakit dan kondisi mental yang tertekan dengan suasana bangunan rumah sakit, salah satunya di Scutari.

Penataan ruang yang kumuh, jarak antar pasien yang berhimpitan dan tidak tertata, serta pencahayaan yang kurang, dan banyak hal lainnya, membuat kondisi prajurit-prajurit yang dirawat tidak kunjung membaik justru mengalami perburukan dan meninggal.

Keadaan rumah sakit Scutari berubah setelah rumah sakit tersebut diperkuat oleh seorang perawat bernama Florence Nightingale. Kehadirannya tidak saja menata konsep keperawatan pasien-pasien korban perang, akan tetapi juga menata interior rumah sakit, membersihkan ruangan, memberikan jalur masuknya sinar matahari, dan penataan udara.

Pada masa pandemi, Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia mencatat ada 3.072 rumah sakit di Indonesia pada 2022, sedangkan jumlah hotel berbintang di Indonesia sebanyak 3.763 unit pada 2022. Goyahnya sistem kesehatan Indonesia saat dihantam pandemi dengan ketidakmampuan memenuhi kebutuhan ruang rawat inap, membuat pemerintah menunjuk hotel-hotel sebagai rumah sakit darurat. Tingkat kesembuhan pasien-pasien yang dirawat di hotel ini pun tidak kalah tingginya. Fasilitas non medis seperti tempat fitness, pojok membaca, tatanan taman, dan sebagainya turut memacu perbaikan klinis pasien.

Dalam berbagai penelitian, bahwa rumah sakit sebagai instansi yang berfungsi memberikan pelayanan kesehatan termasuk proses mengobati, tidak jarang memiliki lingkungan yang tidak nyaman secara kejiwaan. Pasien cenderung mengalami depresi atau stres saat harus menjalani perawatan inap di rumah sakit. Hal ini sangat bertolak belakang dengan tujuan dibangunnya sebuah rumah sakit yang seharusnya menyembuhkan baik fisik maupun psikis.



**Gambar 15.** Taman, tanaman, dan sungai buatan di Rumah Sakit Myongji Korea Selatan  
(Sumber: dokumen penulis)

## **BAB VIII**

### **IKLIM DAN BANGUNAN RUMAH SAKIT**

Penataan bangunan rumah sakit paska pandemi tidak dapat lepas dari pengamatan dan pertimbangan iklim di Indonesia. Hal mendasar yang perlu diketahui adalah terminologi cuaca dan iklim. Kondisi atmosfer yang berlaku pada suatu daerah dalam waktu tertentu disebut sebagai cuaca. Sedangkan iklim merupakan pola berulang dari cuaca dalam setahun. Iklim timbul karena adanya revolusi bumi terhadap matahari dan rotasi bumi pada porosnya.

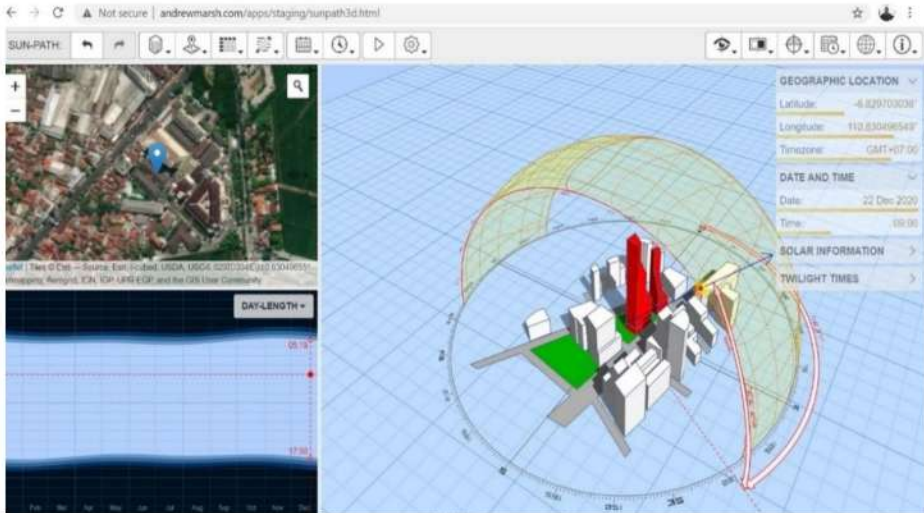
Kondisi cuaca dan iklim di Indonesia terkait dengan posisi geografi, topografi, struktur kepulauan, dan orientasi pulau. Secara geografi, Indonesia berada di kawasan khatulistiwa antara 6 °LU sampai 11 °LS dan dari sekitar 95 °BT sampai 141 °BT.

Letak Indonesia di kawasan khatulistiwa, dengan letak di antara dua benua yaitu benua Asia dan benua Australia, dan di antara dua samudera yaitu samudera Pasifik dan Samudera India. Kedua benua dan samudera tersebut mempengaruhi cuaca serta kondisi udara yang berubah secara tahunan. Hal ini terjadi karena adanya revolusi bumi terhadap matahari yang memiliki kecondongan sumbu 23,5 derajat, maka matahari akan tampak beredar dari arah utara ke selatan. Sehingga kedua benua dan kedua samudera tersebut akan menerima sinar matahari yang bergantian, namun tetap berada di Kawasan Indonesia.

Sinaran matahari yang terus menerus tersebut akan berdampak pada penguapan air di laut dan menjadi penyebab tingginya curah hujan. Sehingga akan memberikan karakter iklim basah. Perpaduan panas akibat paparan matahari ditambah dengan curah hujan yang tinggi menyebabkan udaranya lembab, jadi dapat dikatakan bahwa udara di Indonesia termasuk panas serta lembab atau dapat dikatakan bahwa Indonesia merupakan negara tropis dengan spesifikasi iklim tropis lembab.

Dalam pembangunan rumah sakit sangat ditekankan untuk mempertimbangkan elemen-elemen iklim, yaitu temperatur, kelembaban, radiasi matahari, gerak angin, dan curah hujan.

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua



**Gambar 16.** Hasil Sun Path gedung tempat ruang isolasi RS Mardi Rahayu Kudus  
(Sumber: dokumen penulis)

Matahari sebagai bintang utama dalam tata surya Bumi tidak berada dalam satu titik secara statis, namun terpengaruh revolusi dan rotasi bumi sehingga Matahari seakan bergerak dalam sebuah lintasan setiap bulan sepanjang tahun dan setiap waktu dalam sehari. Lintasan tersebut dibuat dalam garis-garis imajiner vertikal (menunjukkan waktu) dan horizontal (garis lintasan setiap bulan).

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.

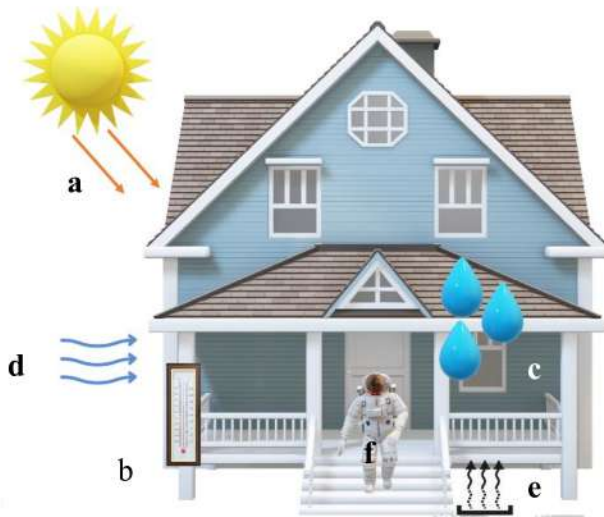
Pergerakan udara merupakan unsur yang penting pada fasilitas pelayanan kesehatan dalam menghasilkan kualitas udara yang sesuai ketentuan. Selain itu juga menghasilkan efek pada kenyamanan termal walaupun tidak menurunkan temperatur maupun kelembaban. Efek penurunan suhu yang muncul hanya di permukaan kulit yang disebut sebagai temperatur efektif.

## BAB IX

### KENYAMANAN TERMAL

Bangunan di zona tropis tidak dapat dipisahkan dengan kebutuhan akan sinar matahari, namun tidak menimbulkan sensasi panas ataupun gerah. Hal inilah yang disebut sebagai kenyamanan termal.

Kenyamanan termal didefinisikan sebagai fenomena psikologis sebagai respon kepuasan terhadap kondisi termal di lingkungan. Kenyamanan termal merupakan fungsi dari empat faktor iklim (*climatic factors*) yakni: suhu udara, suhu radian, kelembaban udara dan kecepatan angin, serta fungsi dari dua faktor individu yakni jenis aktivitas (yang dinyatakan dengan laju metabolisme tubuh) serta jenis pakaian yang dikenakan oleh seseorang (dinyatakan dalam unit clo).



**Gambar 17.** Faktor-faktor kenyamanan termal

- a. Sinar matahari, b. temperatur, c. kelembaban, d. aliran udara,  
e. temperatur radian, f. pakaian dan metabolisme  
(Sumber: dokumen penulis)

Temperatur udara adalah unsur terpenting dalam kenyamanan termal, akan tetapi tidak dapat menjadi faktor penentu tunggal temperatur di dalam bangunan rumah sakit. Karena sifat udara yang bergerak, maka aliran yang

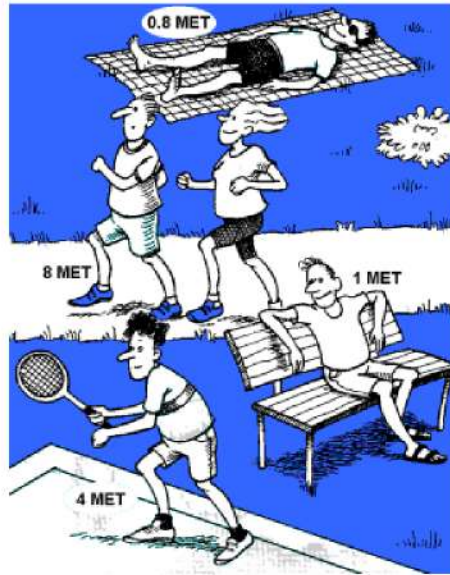
menerpa fasad, menyusup diantara selubung bangunan juga memberikan efek hasil pergerakan panas baik dari dalam ataupun ke dalam bangunan. Strategi penyesuaian temperatur pun disesuaikan dengan kondisi bangunan tersebut baik dari unsur bangunan maupun unsur lingkungan sekitar bangunan.

Pakaian sebagai faktor dari internal individu dapat membentuk kondisi termal. Dapat dikatakan bahwa pakaian merupakan insulator, yang berarti menghambat aliran panas dari tubuh ke lingkungan. Bahan pakaian yang tebal, rapat, dan berlapis akan lebih efektif menahan panas tubuh dibandingkan bahan yang tipis dan longgar. Pakaian membantu memindahkan panas tubuh dari area yang panas ke area yang lebih dingin. Hal ini dilakukan dengan cara konveksi, di mana udara panas di sekitar tubuh bergerak ke area yang lebih dingin. Selain itu pakaian dapat membantu mencegah evaporasi keringat dari tubuh. Keringat yang menguap dari tubuh akan mendinginkan tubuh.



**Gambar 18.** Insulasi pakaian dalam clo  
(Sumber: Szokolay, 2007)

Aktifitas yang terkait laju metabolisme tubuh akan berpengaruh pada kenyamanan termal. Laju metabolisme tubuh dapat meningkat saat melakukan aktivitas fisik, seperti berolah raga, berjalan, atau bahkan saat duduk tegak dibandingkan saat berbaring.



**Gambar 19.** Insulasi pakaian dalam clo  
(Sumber: <http://www.blowtex-educair.it/>)

Satuan Met bukan satuan baku SI (Satuan Internasional) namun digunakan secara luas di bidang kesehatan dan kebugaran. 1 Met secara definisi setara dengan energi yang digunakan oleh seseorang saat duduk dengan tenang, diukur dalam mililiter oksigen per kilogram berat badan per menit ( $\text{mL O}_2/\text{kg}/\text{menit}$ ). Angka ini kira-kira setara dengan  $3,5 \text{ mL O}_2/\text{kg}/\text{menit}$ .

Nilai Met yang lebih tinggi menunjukkan aktivitas yang membutuhkan energi lebih besar. Misalnya, aktivitas berjalan santai memiliki nilai Met sekitar 3, sedangkan berlari kencang memiliki nilai Met sekitar 8.

Penggunaan Met untuk mengukur intensitas aktivitas fisik, memperkirakan pengeluaran energi saat melakukan aktivitas tertentu, membantu dalam perencanaan program latihan fisik dan penurunan berat badan, serta memonitor dan meningkatkan aktivitas fisik harian untuk mencapai gaya hidup sehat.

**ArchiDoct**

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

## BAB X

### PENGATURAN KENYAMANAN TERMAL

Suatu komunitas atau tatanan masyarakat akan berinteraksi dengan alam dan lingkungan sehingga akan tercipta suatu interaksi sosial yang menentukan kondisi mereka dalam beradaptasi dengan ekosistem. Dalam interaksi tersebut terjadi proses penyesuaian dengan iklim yang ada. Sehingga memunculkan kebudayaan salah satunya berupa bentuk bangunan dengan sistem penghawaan yang mengusahakan kenyamanan termal.

Keterkaitan antara desain bangunan yang dinamakan arsitektur, kebutuhan kenyamanan, dan unsur alam bernama iklim, disatukan oleh Vitruvius dalam sebuah model tripartit. Dalam "*De Architectura*", Vitruvius sang arsitek Romawi abad ke-15, membahas hubungan antara arsitektur, iklim, dan kenyamanan. Dia menekankan pentingnya mempertimbangkan faktor-faktor iklim seperti orientasi bangunan, ventilasi, dan naungan dalam desain arsitektur. Dia juga membahas pentingnya menciptakan bangunan yang nyaman dan sehat bagi penghuninya.

Orientasi bangunan diorientasikan untuk memanfaatkan angin dan sinar matahari yang sejuk. Pada wilayah beriklim tropis lembab, struktur yang memanjang ke Timur maupun ke Barat lebih baik dalam hal penghindaran paparan sinar matahari terutama pada waktu pagi dan sore.

Hal ini diimbangi dengan peletakan ventilasi di sepanjang sisi Utara dan Selatan sebagai sisi panjang yang akan melepaskan udara lembab. Angin atau udara menjadi faktor penghawaan dengan perancangan ventilasi alami yang baik.

Radiasi matahari mencakup unsur sinar dan panas sebagaimana hukum dasar fisika bahwa sinar akan membawa energi panas. Masuknya panas dari matahari ke bangunan termasuk ruang rumah sakit, merupakan hal penting terutama terkait pendinginan ruang. Sinar matahari harus diatur agar tetap bangunan mendapatkan sinarnya tanpa memasukkan panas berlebihan. Adanya atap, *shading* dan *parapet* mampu mengurangi sinar matahari. Iklim tropis bukan berarti menghilangkan panas akan tetapi menggabungkan konsep pendinginan dengan pergerakan panas agar mendapatkan temperatur ideal

yang nyaman. Termal diatur dalam rangka kenyamanan dan keamanan terkait transmisi mikroorganisme.

### **Pengaturan Kenyamanan Termal Aktif**

Pengaturan kenyamanan termal aktif dinamakan demikian karena sistem ini secara aktif mengontrol suhu dan kelembaban ruangan untuk mencapai tingkat kenyamanan termal yang diinginkan. Dalam operasionalnya, pengaturan ini menggunakan mesin atau alat.

#### **1. Kipas angin**

Kipas angin atau disebut fan merupakan pengaturan tata udara dengan cara meningkatkan pergantian udara lebih cepat. Bermula dari gerak bolak-balik telapak tangan atau menggunakan kipas tangan, sampai penggunaan baling-baling, maka fan yang umum digunakan di masa awal tata udara aktif adalah fan dinding, meja, dan langit-langit. Fan ini akan menaikkan kecepatan udara sehingga penurunan temperatur tercapai. Akan tetapi dalam kondisi kelembaban tinggi, temperatur sulit menurun, yang muncul adalah kenyamanan di kulit dan pakaian. Efek penurunan temperatur yang muncul hanya di permukaan kulit disebut sebagai temperatur efektif.

Dalam regulasi kementerian kesehatan, fan dapat dipilih sesuai fungsi ruangan dan menentukan diameter fan. Pada ruang registrasi atau ruang rekam medis dapat menggunakan fan dinding berdiameter 35 cm. Fan yang diletakkan di ruang pemeriksaan pasien dapat menggunakan model yang diletakkan di meja dengan diameter 30 cm. Adapun di ruang tunggu menggunakan fan berukuran 35 cm yang memiliki model berdiri. Keseluruhan fan diarahkan dari area bersih atau area tenaga kesehatan ke area kotor atau ke arah pasien. Hal ini ditata agar kontaminasi mikroorganisme terbuang ke area bebas yang tidak mengenai tenaga kesehatan maupun lalu lintas manusia.



Gambar 20. Arah hembusan udara dari kipas di klinik TBC  
(Sumber: dokumen penulis)

## 2. *Exhaust fan*

*Exhaust fan* adalah kipas angin yang berfungsi mengeluarkan udara lembap atau kotor dari suatu ruangan. *Exhaust fan* ini jika pada ruang rawat inap pasien harus ditempatkan 30 m diatas permukaan lantai, di *bed* area kepala pasien dan jauh dari pintu, area yang dihuni dan pengoperasian jendela.

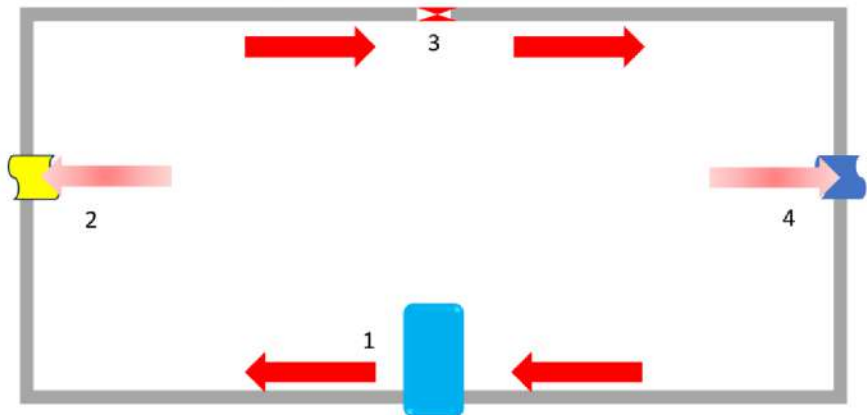
Sebagaimana *fan*, setiap ruangan memiliki spesifikasi diameter sendiri. Pada ruang pemeriksaan, *exhaust fan* yang digunakan memiliki diameter 25 cm dengan memiliki kemampuan untuk mengeluarkan udara kotor dari ruangan dengan volume 15,6 m<sup>3</sup>/min. Ruang tindakan disyaratkan mampu membuang udara dengan volume 19,2 m<sup>3</sup>/min sehingga memiliki diameter 30 cm. Adapun ruang perawatan dengan diameter 35 cm, memiliki kemampuan hisap dan buang udara kotor sebesar 23,7 m<sup>3</sup>/min.

## 3. *Air Conditioner*

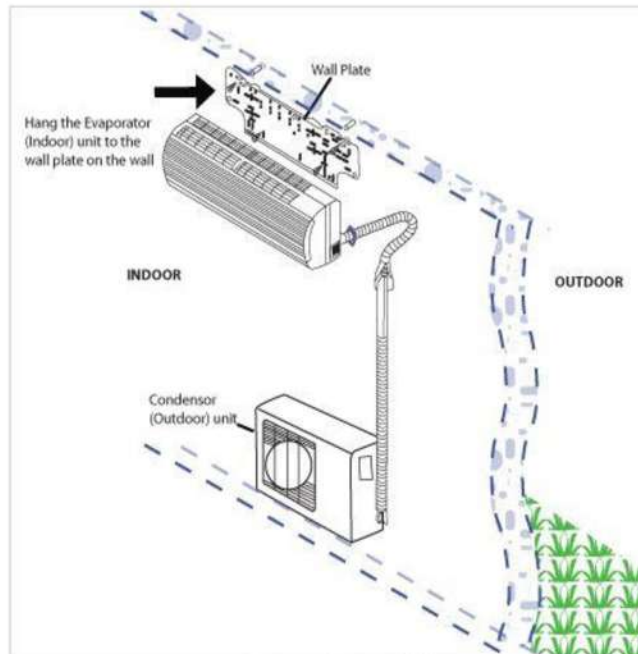
AC (*Air Conditioner*) merupakan alat yang dirancang agar suhu udara nyaman dengan kata lain dingin atau sejuk. Hal ini sesuai dengan kondisi Indonesia yang memiliki iklim tropis.

Prinsip kerja AC berdasarkan sifat zat yang disebut *refrigerant* yang dapat berwujud cair maupun gas. Saat udara panas maka *refrigerant* akan

menyerap panas sehingga berubah bentuk menjadi gas kemudian membawa panas ke lokasi lain atau dalam kalimat lain, panas dialirkan dari ruang dingin ke ruang yang lebih panas. Jika secara fisika maka proses ini bertentangan dengan konsep aliran panas yang akan mengalir secara alami ke area dingin. Oleh karena itu, AC dilengkapi dengan kompresor untuk mendorong hawa panas. Secara skematik digambarkan sebagai berikut



**Gambar 21.** Skema AC. 1. Kompresor, 2. Kondensor, 3. Katup ekspansi, 4. Evaporator.  
(Sumber: dokumen penulis)



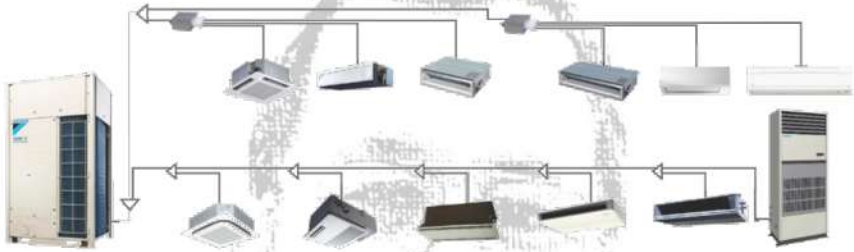
**Gambar 22.** Skema AC *split wall*  
(Sumber: growershouse.com)



**Gambar 23.** AC *split duct*  
(Sumber: growershouse.com)

AC *split duct* seringkali dikatakan AC *central* karena ada beberapa difuser yang dimana jika AC mati, lubang difuser juga ikut mati. Akan tetapi AC sentral merupakan unit tersendiri. AC sentral, juga dikenal sebagai sistem pendingin udara terpusat, memberikan proses pendinginan yang efisien dan menyeluruh untuk bangunan.

AC VRV (*Variable Refrigerant Volume*) merupakan produk dengan kondensor udara di luar ruangan yang dihubungkan dengan unit *indoor*, yang termasuk dalam kategori AC sentral. Sistem VRV terdiri dari satu unit *outdoor* yang terhubung ke beberapa unit *indoor* melalui jaringan pipa *refrigerant*.



**Gambar 24. AC VRV**  
(Sumber: <https://hastaprakarsa.co.id/>)

Ada tiga hal yang harus diketahui terkait AC untuk fasyankes, yaitu:

- BTU/h (*British Thermal Unit per hour*), merupakan kemampuan pendinginan dari AC setiap jam nya.
- Daya listrik (*Watt*), menunjukkan tenaga yang dibutuhkan ketika AC dalam kondisi menyala.
- PK adalah singkatan dari bahasa Belanda '*Paardekracht*' yang berarti tenaga kuda, sedangkan dalam bahasa Inggrisnya HP (*Horse Power*). Menunjukkan daya dari kompresor yang terdapat di dalam AC.

Adapun penentuan kebutuhan daya kompresor AC yang dibutuhkan sebuah ruangan menggunakan rumus:

$$\text{Panjang (P) x Lebar (L) x 537 BTU/h}$$

Rumus tersebut tidak mencantumkan tinggi karena diasumsikan tinggi sebuah ruang 2,7-3 meter. Hasil penghitungan dalam satuan BTU/h kemudian disesuaikan dengan tabel PK AC sebagai berikut

$$\text{AC } \frac{1}{2} \text{ PK} = \pm 5.000 \text{ BTU/h}$$

$$\text{AC } \frac{3}{4} \text{ PK} = \pm 7.000 \text{ BTU/h}$$

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SPMK, CHRA, FISQua

AC 1 PK =  $\pm 9.000$  BTU/h

AC 1½ PK =  $\pm 12.000$  BTU/h

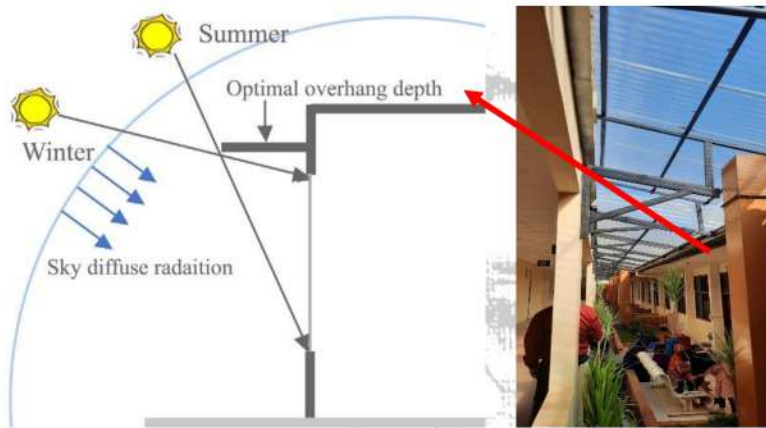
AC 2 PK =  $\pm 18.000$  BTU/h

Misalnya ruang dengan panjang 4 meter dan lebar 5 meter, maka kebutuhan AC masuk dalam penghitungan:  $4 \text{ m} \times 5 \times 537 \text{ BTU/h} = 10.740 \text{ BTU/h}$  yang dapat dikatakan setara dengan AC 1 PK atau AC 1½ PK. Dengan pertimbangan penghematan energi maka dapat dipilih AC 1½ PK.

**ArchiDoct**

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

Beberapa teknik *shading* dapat berupa pembuatan atap yang menjorok keluar dan memberikan naungan pada jendela dan dinding dari sinar matahari, disebut sebagai overhang.



**Gambar 25.** Overhang pada RS Mardi Rahayu Kudus  
(Sumber: <https://images.app.goo.gl/1vxWW5xW46QwPyWT7> dan dokumen penulis)

Awning juga merupakan teknik *shading* yang didefinisikan sebagai penutup yang dipasang di atas jendela atau pintu untuk menghalangi sinar matahari.



**Gambar 26.** Awning pada bangunan  
(Sumber: <https://images.app.goo.gl/1vxWW5xW46QwPyWT7>)

Teknik berikutnya adalah *louvre*, yaitu kisi-kisi yang dapat diatur sudutnya untuk mengontrol jumlah sinar matahari yang masuk.



**Gambar 27.** Louvre pada ruang Kana RS Mardi Rahayu Kudus  
(Sumber: dokumen penulis)

Pohon dan tanaman dapat memberikan naungan pada bangunan dan membantu mendinginkan udara di sekitarnya. Lansekap yang efektif bisa juga mempengaruhi lingkungan dalam ruangan dengan menyalurkan angin sejuk ke dalam bangunan dan menaungi dinding yang terkena sinar matahari.

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua



**Gambar 28.** Lanskap tanaman di luar ruang isolasi Kana RS Mardi Rahayu Kudus  
(Sumber: dokumen penulis)

## BAB XI

### LAHAN DAN AKSES BANGUNAN RUMAH SAKIT

Sebelum pandemi, mayoritas rumah sakit berlokasi di jantung kota yang dilitari kawasan penduduk yang lebih padat dibandingkan daerah urban ataupun batas kota. Sehingga saat terjadi ledakan kasus, akses dari perifer area lebih sulit, sedangkan di pusat kota akan terjadi penyebaran yang lebih cepat karena jumlah pasien terkonsentrasi di satu rumah sakit. Hal ini perlu dipertimbangkan dalam menentukan lokasi rumah sakit, selain mempertimbangkan keamanan dari faktor alam seperti area banjir, gempa, labilitas tanah dan sebagainya. Dalam peraturan menteri kesehatan Republik Indonesia nomor 40 tahun 2022 diatur bahwa secara geografis lokasi rumah sakit tidak berada pada area berbahaya atau rawan terhadap bencana. Selain PMK nomor 40 tahun 2022 tersebut, organisasi kesehatan dunia WHO telah mencantumkan terlebih dahulu aturan mengenai lokasi rumah sakit tersebut dalam *Hospital Safety Index*. Rumah sakit harus aman secara bangunan dengan tujuan:

1. Memungkinkan rumah sakit untuk terus berfungsi dan memberikan tingkat pelayanan kesehatan yang sesuai dan berkelanjutan. Hal ini berdasarkan fungsi rumah yang memberikan pelayanan 24 jam selama 7 hari dalam sepekan.
2. Melindungi petugas kesehatan, pasien dan pengunjung. Rumah sakit sebagai tempat pelayanan kesehatan kuratif, menyisakan persoalan terkait berkumpulnya berbagai potensi infeksi yang menular. Terlebih paska pandemi, infeksi pernafasan menjadi sebuah alasan besar untuk mewujudkan bangunan rumah sakit yang aman dan nyaman dari transmisi *airborne* dan *droplet*.
3. Melindungi integritas fisik bangunan rumah sakit, peralatan dan sistem rumah sakit kritis. Memilih lokasi yang aman dan tepat bagi bangunan rumah sakit sangat penting untuk memastikan kelancaran operasional, melindungi integritas fisik bangunan dan peralatan, serta menjamin keselamatan dan kenyamanan pasien dan staf.
4. Membuat rumah sakit aman dan tahan terhadap risiko di masa depan, termasuk perubahan iklim. Rumah sakit dibangun dengan struktur yang

kuat dan tahan terhadap gempa bumi, angin kencang, dan banjir, khususnya di wilayah Indonesia yang dilewati jalur *ring of fire* gunung berapi, area yang berada dalam lingkup lempeng bumi yang mampu bergeser sehingga menimbulkan gempa, area bercurah hujan tinggi yang berpotensi banjir dan tanah longsor.

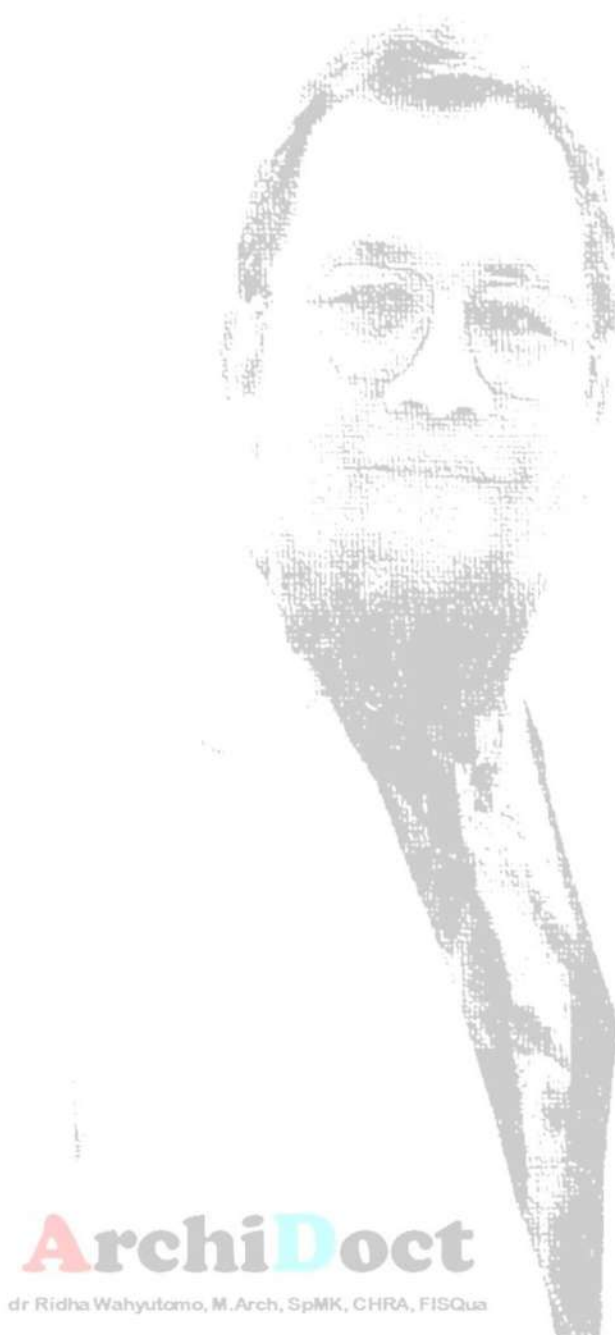
Dari tujuan tersebut maka rumah sakit dituntut tetap menjalankan fungsi sosial tanpa mempengaruhi mutu pelayanan yang disediakan. Rumah sakit berpartisipasi dalam penanggulangan bencana alam dan melakukan misi kemanusiaan rumah sakit. Fasilitas pada gawat darurat diharapkan dapat sewaktu-waktu dapat menampung akibat kejadian luar biasa karena bencana alam yang terjadi.

Menyadari situasi bencana yang umumnya terjadi seperti kecenderungan terjadinya gempa, maka secara khusus keamanan bangunan serta aktivitas di dalamnya menjadi persyaratan mutlak. Terlebih rumah sakit adalah bangunan publik yang secara fungsional mempunyai peran sebagai muara evakuasi korban bencana. Dengan kata lain, bangunan gedung rumah sakit harus tetap berdiri dan melaksanakan pelayanan apapun kondisi disekitarnya. Terkait dengan hal tersebut, maka pertimbangan lokasi menjadi faktor penting. Pemilihan lahan yang tidak dekat dengan bahaya seperti misalnya perbukitan rawan longsor, lahan yang memiliki jenis tanah sensitif seperti tanah mengembang atau disebut juga dengan tanah ekspansif yang merupakan jenis tanah yang memiliki sifat khusus yaitu mengalami perubahan volume yang signifikan akibat perubahan kadar air. Tidak pula tepi pantai terbula atau tanah ulayat yang merupakan tanah yang terletak di sepanjang garis pantai. Jika tidak dimungkinkan pemilihan lokasi rumah sakit yang lebih baik, maka rumah sakit harus mempersiapkan sistem pengamanan dengan rekayasa teknis yang tepat.

Rancangan struktur merupakan aspek penting terhadap keamanan bangunan. Struktur serta bahan gedung harus mempunyai kelenturan atau daktilitas yang baik serta mempunyai daya tahan terhadap kerusakan. Daktilitas sendiri merupakan kemampuan sebuah struktur, terutama bangunan, untuk tetap berdiri meskipun terjadi guncangan besar akibat gempa bumi. Semua material bangunan selalu mempunyai spesifikasi teknis yang tidak boleh

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

dilanggar untuk mendapatkan keamanan struktur sehingga perencanaan dan pelaksanaan merupakan kunci utama yang tidak boleh ditinggalkan.



## BAB XII

### ZONASI RUMAH SAKIT

Bangunan di rumah sakit dibangun dengan pembangunan menurut zona, memfungsikan beberapa bangunan untuk pelayanan serupa, dan penyediaan pintu masuk dan keluar khusus pasien dengan dugaan infeksi. Tataan dengan tiga kaidah tersebut bisa diterapkan untuk rumah sakit yang dibangun horisontal dan bertingkat, meskipun pada desain horisontal akan lebih mudah dalam penataan cahaya alami, ventilasi alami, sirkulasi, dan penataan ekologi pendukung yang menyokong aspek psikis pasien.

Zonasi rumah sakit berkaitan dengan tata letak bangunan yang harus memenuhi syarat zonasi berdasarkan tingkat risiko penularan penyakit, zonasi berdasarkan privasi dan zonasi berdasarkan pelayanan atau kedekatan hubungan antar ruang. Dalam rangka meminimalisir risiko terjadinya penularan penyakit infeksi, pengaturan blok-blok berdasarkan zonasi sangat diperlukan. Pengelompokan yang tepat juga akan memberikan kedekatan ruang-ruang yang saling membutuhkan kedekatan, dan memisahkan ruang-ruang yang membutuhkan pemisahan.



Adapun pembagian zona dari lingkup keterjangkauan area dapat dipaparkan sebagai berikut,

1. Zona luar adalah zona yang harus mudah diakses oleh masyarakat luas, seperti layanan gawat darurat, layanan rawat jalan, serta layanan administratif untuk umum.
2. Zona kedua adalah zona yang menerima beban kerja dari zona terluar tadi, meliputi laboratorium, farmasi, dan radiologi.
3. Zona dalam adalah zona yang menyediakan layanan rawat inap dan layanan lain bagi pasien.
4. Zona terdalam adalah zona yang membutuhkan tingkat kesterilan tertentu dalam memberikan layanan, seperti misalnya layanan bedah, melahirkan, serta rawat intensif.
5. Terakhir adalah zona layanan, yang memberikan layanan pada kegiatan rumah sakit, seperti misalnya dapur, laundry, IPSRS, pool kendaraan dan kamar jenazah.

**ArchiDoct**

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

## BAB XIII

### SIRKULASI RUMAH SAKIT

Transmisi infeksi dapat terjadi karena adanya pertemuan, percampuran, dan kontaminasi dari area infeksius ke area yang lebih bersih bahkan ke area yang berstatus *clean room*.

Terkait dengan adanya zona, maka lalu lintas dari setiap unit yang terbagi dalam zonasi tersebut harus diatur sirkulasinya baik sirkulasi internal maupun sirkulasi eksternal. Sirkulasi inilah yang nanti menjadi pijakan dalam rancang desain ruangan. Terdapat tujuh pertimbangan mendasar yang mempengaruhi desain pada distribusi sistem pergerakan atau sirkulasi pada rumah sakit, yaitu:

1. Kuantitas dan frekuensi distribusi perpindahan dalam rumah sakit.
2. Kebutuhan ruang layanan penerimaan.
3. Kebutuhan ruang penyimpanan dan penanganan.
4. Distribusi pengguna masing-masing instalasi.
5. Tempat pembuangan dan pemrosesan kembali pada sistem penunjang rumah sakit.
6. Tipe-tipe dari barang yang akan dipindahkan termasuk yang perlu penanganan khusus.
7. Pilihan di antara sistem mekanik dan manual.

Sistem sirkulasi internal adalah pengaturan hubungan antara fungsi ruang dalam bangunan yang saling terkait, yang terdiri dari beberapa fasilitas sirkulasi yaitu:

1. Fasilitas selasar atau koridor penghubungan antar ruang.
2. Fasilitas tangga sebagai penghubung antar lantai maupun penggunaan alat bantu sirkulasi vertikal berupa lift atau tangga. Adapun ramp sudah bukan standarisasi menurut PMK nomor 40 tahun 2022.

Kualitas sirkulasi dibedakan di dalam pengelompokan, yaitu :

1. Sirkulasi umum, yaitu sirkulasi yang digunakan oleh pengunjung umum dengan berbagai keperluan di dalam rumah sakit. Dengan karakter yang tidak jauh berbeda, maka pergerakan kantor dan administrasi dikelompokkan ke dalam sirkulasi umum pula.
2. Sirkulasi medik, yaitu sirkulasi yang digunakan oleh staf medik rumah sakit dalam melaksanakan tugas-tugas pelayanan kesehatan.
3. Sirkulasi barang dan servis, yaitu sirkulasi yang digunakan untuk distribusi, mobilisasi barang atau logistik, dan fungsi-fungsi pemeliharannya.

Di dalam implementasi perencanaan, selanjutnya diupayakan agar kualitas sirkulasi tersebut tidak saling mengganggu aktivitas masing-masing kegiatan dan arah tujuan mobilisasi menjadi jelas. Oleh karena itu, perlu adanya pemisahan akses bagi petugas medis, karyawan, pasien dan pengunjung. Persyaratan ketat sirkulasi adalah:

1. Tidak ada pertemuan atau himpitan tumpang tindih (*overlaid*) antara sirkulasi medik dengan servis.
2. Meminimalkan terjadinya himpitan tumpang tindih antara sirkulasi medik dengan kelompok sirkulasi lain.
3. Sirkulasi dari dan ke gawat darurat mempunyai skala prioritas tertinggi dibanding sirkulasi lain.

## BAB XIV

### TATA BANGUNAN RUMAH SAKIT

### PASKA PANDEMI

Dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 40 tahun 2022 turut diatur mengenai struktur bangunan rumah sakit. Meskipun tidak terkait secara langsung dengan proses pencegahan dan pengendalian infeksi, namun pengaturan mengenai struktur, penataan blok bangunan, penyesuaian *layout* atau desain dari setiap ruang yang ada di rumah sakit sudah harus menyesuaikan kebutuhan preventif. Upaya tersebut melekat mulai dari proses perencanaan, pemeliharaan hingga kepada pelaporan kasus yang terjadi pada rumah sakit.

Perhatian khusus pemerintah ini tak terlepas dari masa pandemi lalu. Di awal sampai pertengahan pandemi, fasilitas pelayanan kesehatan mendapat hantaman yang cukup menggoyahkan sistem pelayanan. Kasus yang melonjak dengan cepat tidak diimbangi dengan kesiapan fasilitas dan tenaga kesehatan. Justru terjadi penurunan jumlah tenaga kesehatan akibat terpapar COVID-19 dan turut dalam individu yang dirawat sebagai pasien. Berangkat dari pengalaman itu maka tatanan rumah sakit harus memiliki strategi, yaitu:

1. Memungkinkan sistem menata lokasi, menjaga jarak, zonasi, dan pengaturan alur. Strategi ini dinilai efektif selama masa pandemi untuk menekan penyebaran infeksi, sehingga masih merupakan hal yang penting dilanjutkan.
2. Fleksibilitas terkait tata ruang yang memungkinkan kemampuan pelayanan rumah sakit dapat diperluas dan disesuaikan.
3. Pengendalian infeksi secara ilmu teknik bangunan yang memungkinkan rumah sakit merancang tata ruang dan tata udara yang menyediakan parameter-parameter udara yang sehat tercukupi.

Merumuskan strategi pengembangan konsep tata bangunan rumah sakit pasca pandemi adalah suatu langkah penting karena pandemi, seperti yang

dialami dengan COVID-19, telah mengubah dinamika dan tuntutan dalam sektor Kesehatan.

Pandemi telah menunjukkan bahwa penyebaran penyakit infeksi dapat terjadi dengan cepat dan melibatkan jumlah orang yang besar. Pandemi memunculkan kebutuhan untuk kapasitas yang lebih fleksibel, di mana rumah sakit dapat dengan cepat menyesuaikan diri terhadap lonjakan pasien. Berikut ini merupakan beberapa rumusan strategi pengembangan konsep tata bangunan rumah sakit pasca pandemi.

Strategi pertama berdasarkan menjaga jarak kontak fisik yang sangat umum dilakukan di masa pandemi. Paska pandemi hal ini masih diterapkan dengan pengertian pengurangan kepadatan manusia dalam suatu ruang dengan cara memfungsikan beberapa ruang dengan jenis pelayanan sama, membuat alur masuk dan keluar berdasarkan karakter individu yang masuk ke rumah sakit, serta zonasi dari lahan rumah sakit.

Strategi kedua merupakan bentuk fleksibilitas bangunan rumah sakit dalam menanggapi kebutuhan pelayanan yang meningkat secara tiba-tiba. Dalam strategi kedua ini tidak hanya sistem modular yang disiapkan, namun perluasan ruang lain sebagai ruang darurat juga harus diselaraskan dengan ketersediaan daya pendukung seperti listrik, air, sistem komunikasi dan sistem-sistem terkait kebutuhan pelayanan kepada pasien.

Strategi ketiga didasarkan pada indikator pengendalian teknik dalam desain untuk meningkatkan sistem teknologi udara. mengubah spesifikasi bangunan, menyediakan sistem ventilasi alami yang ideal dan lebih banyak cahaya alami, mengontrol kelembapan dan akumulasi bakteri, dan menggunakan unit pengendalian infeksi untuk membersihkan udara.

Tatanan bangunan rumah sakit paska pandemi terangkum dari beberapa sumber ilmiah yang dapat diperinci dalam tabel berikut ini.

## BAB XV

### LIMBAH RUMAH SAKIT

Pandemi menyadarkan seluruh fasilitas pelayanan kesehatan pada seluruh potensi infeksi. Bila infeksi berkembang di komunitas sebagaimana COVID-19, maka rumah sakit menjadi tempat kuratif. Persoalan melebar saat tempat pengobatan tersebut menjadi sumber infeksi dan hal ini tidak terbatas pada rumah sakit. Fenomena yang dikenal sebagai, *healthcare associated infections*. Salah satunya penanganan limbah rumah sakit.

Keberadaan rumah sakit dapat ditinjau dalam satu kesatuan ekosistem di tengah isu dampak perubahan iklim dan pemanasan global serta degradasi lingkungan dipandang perlu bertanggung jawab atas keberlanjutan kualitas lingkungan dan pemanfaatan sumber daya alam. Bangunan rumah sakit perlu didesain dan dirancang dengan mengakomodasi pemanfaatan potensi alam secara efisien, sumber daya rumah sakit berbasis alam dan lingkungan hidup seperti air bersih, energi, kertas dan material lainnya yang merupakan kebutuhan harian pengoperasian rumah sakit penggunaannya juga perlu dilandasi oleh prinsip *eco-efficiency*, sementara produk samping rumah sakit seperti limbah cair, padat dan gas perlu diolah sehingga targetnya tidak saja untuk memenuhi baku mutu limbah, juga untuk memenuhi kaidah *reduce, reuse, recycle* dan *recovery*.

Berdasarkan data Kementerian Kesehatan, jumlah RS di seluruh Indonesia sebanyak 2.813 unit hingga akhir 2018. Jumlah tersebut terdiri atas 2.269 RS Umum dan 544 RS khusus. Dengan jumlah tempat tidur 281.082. Jumlah ini belum memasukkan PUSKESMAS dan PUSKESMAS rawat inap.

Konsekuensi terkait jumlah tersebut salah satunya adalah peningkatan sampah medis. Tidak ada peraturan yang mengatur limbah layanan kesehatan sebagai perhatian prioritas rumah sakit. Dengan jumlah fasilitas perawatan kesehatan yang akan terus meningkat untuk memenuhi permintaan publik, tidak ada keraguan bahwa jumlah dan variasi limbah medis juga akan meningkat sehingga menimbulkan risiko yang semakin berbahaya bagi kesehatan masyarakat dan lingkungan.

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

Berdasarkan potensi bahaya yang terkandung dalam limbah klinis, maka jenis limbah dapat dikategorikan menjadi:

- a. Golongan A meliputi *dressing* bedah, swab dan semua limbah terkontaminasi dari daerah ini, bahan-bahan linen dari kasus penyakit infeksius, seluruh jaringan tubuh manusia, baik yang infeksius maupun tidak.
- b. Golongan B terdiri dari *syringe* bekas, jarum suntik, *catridge*, pecahan gelas dan benda-benda tajam lainnya.
- c. Golongan C limbah dari ruangan laboratorium dan post mortem kecuali yang termasuk dalam golongan A.
- d. Golongan D limbah bahan kimia dan bahan-bahan farmasi tertentu.
- e. Golongan E pelapis *bed-pad disposable*, *urinoir*, *incontinence-Pad* dan *Stambags*.

Beberapa teknik pengolahan limbah sudah dikembangkan, termasuk eksplorasi tanaman fitoremediator atau disebut kegiatan fitoremediasi dan bioremediasi.

## BAB XVI

### MIKROBIOLOGI TERKAIT DESAIN RUMAH SAKIT

Berdasarkan dokumen *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), ada enam bakteri yang menduduki dua per tiga penyebab HAIs. Keenam bakteri ini disingkat menjadi “ESKAPE”.

Bakteri ESKAPE terdiri atas *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella species*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Enterobacter species*. Bakteri-bakteri inilah yang dihadapi kalangan medis dan menjadi penyebab HAIs terbesar saat ini.

#### ***Enterococcus faecium***

*Enterococcus* telah muncul sebagai patogen dengan peran penting dalam HAIs yang kejadiannya terus meningkat. Meskipun awalnya dianggap sebagai patogen rendah, kini diketahui sebagai penyebab infeksi seperti endokarditis, bakteremia, infeksi saluran kemih dan infeksi pelvis.

Kejadian *Vancomycin Resistant Enterococcus* (VRE) dipicu oleh penggunaan antibiotik sebelumnya seperti pemakaian vancomycin, cephalosporin generasi tiga, dan antibiotik untuk bakteri anaerob seperti *metronidazole*.

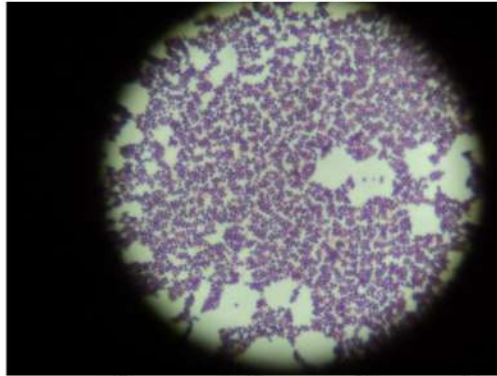
Secara arsitektur, desain penempatan pasien di kamar perawatan pribadi atau di ruang kohort bersama dengan pasien yang memiliki infeksi akibat VRE. Juga penyediaan area kebersihan tangan di area perawatan tidak jauh dari tempat tidur pasien.

#### ***Staphylococcus***

Louis Pasteur pertama kali menemukan bakteri ini dari pus seorang pasien. *Staphylococcus* berhasil dibuktikan oleh Rosenbach sebagai penyebab osteomyelitis.

Genus *Staphylococcus* (bahasa latin. *staphylo*, anggur yang menggerombol), merupakan bakteri bentuk coccus atau bulat bersifat gram positif. Ukuran

diameter antara 0,5 sampai 1,5  $\mu\text{m}$ . Umumnya tersusun dalam kelompok yang tak beraturan, dapat berpasangan ataupun berempat. Bakteri ini bersifat non motil dan non spora. Termasuk bakteri anaerob fakultatif.



**Gambar 35.** Pengamatan mikroskopik tampak kuman coccus bergerombol berwarna biru.  
(Sumber: dokumen foto pribadi)



**Gambar 36.** Koloni *Staphylococcus aureus* di media agar darah.  
Tampak koloni berwarna kekuningan.  
(Sumber: dokumen foto pribadi)

*Staphylococcus* merupakan bakteri komensal pada kulit, mulut, dan saluran napas bagian atas. Ada pula yang pathogen seperti *Staphylococcus aureus* (bahasa latin *aureus*, artinya emas). Perbedaan *Staphylococcus aureus* dengan spesies lain adalah pada tes koagulasi yang hasilnya positif.

*Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan berbagai macam infeksi seperti karbunkel, abses, unan makanan, dan pneumonia, endokarditis, dan toxic

shock syndrome. Nares anterior atau lubang hidung bagian depan merupakan habitat utama. Hal ini bermakna bagi bidang pencegahan dan pengendalian infeksi karena transmisi *Staphylococcus aureus* melalui kontak dan yang utama melalui tangan. Pada umumnya orang termasuk petugas kesehatan memiliki kebiasaan menyentuh hidung atau mengupil dalam aktifitas hariannya. Di sinilah bakteri *Staphylococcus aureus* menempel di tangan. Transmisi terjadi saat kepatuhan kebersihan tangan tidak terpenuhi atau dilaksanakan tanpa sesuai kaidah yang benar.

Beberapa spesies resisten terhadap pemberian penisilin. Resistensi ini karena kemampuan bakteri memproduksi penicillinase ( $\beta$ -lactamase), yang mampu menghidrolisis cincin  $\beta$ -lactam dari penicillin. Artinya bakteri ini mampu resisten terhadap antibiotik-antibiotik yang bekerja di dinding sel bakteri atau dengan kata lain, antibiotik akan sulit atau bahkan gagal merusak dinding sel bakteri. Resistensi ini dikenal sebagai *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA). Methicillin merupakan antibiotik golongan penicillin yang dimasukkan dalam sub golongan *penicillinase resistant* atau yang disebut sebagai *anti staphylococcal*.

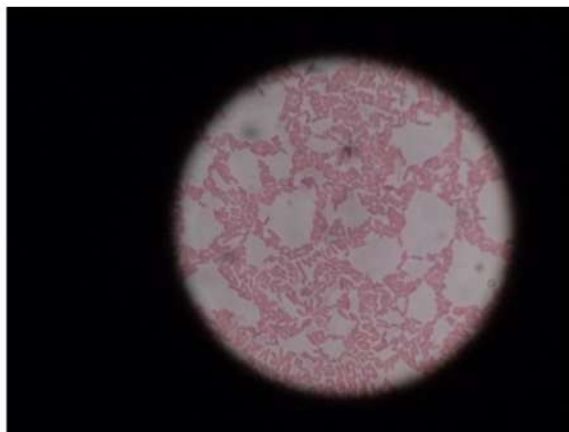
Desain penting dirancang dengan model yang memungkinkan transmisi kontak diminimalisasi dengan sistem isolasi atau perlakuan transmisi kontak yang aman dengan penyediaan *hand rub* penting disediakan.

### ***Klebsiella species***

*Klebsiella sp* merupakan famili *Enterobacteriaceae* terdiri atas sejumlah besar spesies yang masing-masing erat hubungannya, dan dapat dijumpai di tanah, air, sampah, serta usus besar manusia, serangga. Karena habitat normalnya pada usus manusia, organisme ini disebut sebagai *enteric bacilli* atau *enterics* dan dari kata inilah nama enterobacter diambil.

Kebanyakan spesies tidak merupakan patogen intestinal, namun dapat menjadi patogen oportunistik yang dapat menginfeksi pada berbagai tempat didalam tubuh. Pada kenyataannya, bakteri enteric bertanggung jawab terhadap mayoritas infeksi nosokomial saat ini. Problem ini menjadi lebih serius dan kompleks karena banyak dari organisme enteric yang diisolasi dari infeksi nosokomial resisten terhadap berbagai macam antibiotika.

*Enterobacteriaceae* terdiri dari sebuah kelompok besar bakteri aerob, gram negatif, dan umumnya berbentuk dasar batang.



**Gambar 37.** Pengamatan mikroskopik *Klebsiella* spp yang merupakan anggota dari famili *Enterobacteriaceae*. Kuman berbentuk batang bersifat gram negatif.  
(Sumber: dokumen foto pribadi)

Resistensi terjadi pada antibiotik golongan *aminoglikosida*, *cephalosporin* generasi ketiga, dan meluas pada golongan carbapenem di beberapa daerah. Dikenal istilah ESBL (*Extended Spectrum Beta Lactamase*), yaitu resistensi terhadap antibiotik golongan *cephalosporin* generasi ketiga bahkan ada yang menyebut juga resisten pada *cephalosporin* generasi keempat dan aztreonam. Secara epidemiologi, bakteri penghasil ESBL jumlahnya semakin meningkat sebagai penyebab terjadinya HAIs. ESBL menjadi tantangan dalam identifikasi laboratorium dan program PPI, terutama setelah ditemukan kejadian ESBL di komunitas..

*Enterobacteriaceae* yang resisten dapat ditemukan tanpa menimbulkan gejala di saluran pencernaan, saluran kemih, ataupun di saluran pernafasan. Selain itu sering berkolonisasi pada pasien dengan penyakit kronik.

Beberapa *enterobacteriaceae*, seperti *Serratia* spp., dapat berkolonisasi di alat medis ventilator, saluran kateter, selang drainase, selang WSD. Beberapa kejadian luar biasa menunjukkan bahwa alat medis terkontaminasi oleh *Serratia marcescens* yang resisten terhadap antibiotik. Berangkat dari kenyataan tersebut maka kewaspadaan transmisi dalam hal ini transmisi kontak dan dekontaminasi lingkungan penting untuk pengendalian epidemi. Pembersihan lingkungan

sendiri tidak akan terlaksana dengan optimal bila tata ruang tidak menyediakan fasilitas yang mencegah transmisi bakteri golongan ini seperti area kebersihan tangan.

### ***Acinetobacter baumannii***

*Acinetobacter* memiliki bentuk batang pendek, tebal, gram negatif (tetapi beberapa - sulit untuk diwarnai), berkapsul, non motil, ukurannya antara 1,0 sampai 2,5  $\mu\text{m}$ . Koloni *Acinetobacter sp* biasanya mempunyai tekstur halus, kadang-kadang berlendir, berwarna kuning pucat keabu-abuan pada media padat, meskipun beberapa media yang menghasilkan pigmen coklat.



**Gambar 37.** Pengecatan gram *Acinetobacter baumannii* tampak kuman berbentuk coccobasil atau batang pendek gemuk menyerupai bentuk elips, bersifat gram negatif atau warna kemerahan.  
(Sumber: dokumen foto pribadi)

Habitat *Acinetobacter sp* di tanah, air dan limbah. Struktur sel cepat tumbuh, batang tebal, sel biasanya berpasangan, dan kadang-kadang dalam rantai.

*Acinetobacter* merupakan genus yang cenderung menjadi resisten secara cepat, hal ini dimungkinkan sebagai konsekuensi dari paparan jangka panjang terhadap organisme penghasil antibiotik di tanah. MDR (*Multi Drugs Resistant*) adalah *Acinetobacter baumannii* dengan resistensi terhadap banyak antibiotik, dalam hal ini lebih dari dua kelas antibiotik berikut antipseudomonal cephalosporins (ceftazidime atau cefepime), antipseudomonal carbapenems (imipenem atau

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

*meropenem*), *ampicillin/sulbactam*, *fluoroquinolones* (*ciprofloxacin* atau *levofloxacin*), dan *aminoglycosides* (*gentamicin*, *tobramycin*, atau *amikacin*).

*Acinetobacter* dapat menyebabkan infeksi supuratif pada sistem organ. Meskipun dikenal sebagai organism oportunist di rumah sakit, namun didapatkan pula infeksi pada komunitas. Menginterpretasi *Acinetobacter* dari spesimen klinik bukan merupakan hal yang mudah karena *Acinetobacter* ditemukan luas di alam serta dapat berkolonisasi baik pada jaringan yang sehat maupun yang rusak.

*Acinetobacter* berkolonisasi transien di faring orang yang sehat sehingga sering menyebabkan keluhan di system pernafasan seperti *bronchiolitis*, *tracheobronchitis* dan pneumonia terutama di ICU berupa *Ventilator Associated Pneumoniae* (VAP).

Aspek arsitektur menggaris bawahi terkait desain yang meminimalkan penumpukan debu mulai pemilihan material yang mudah dibersihkan dari debu hingga penggunaan *hospital plint* untuk menghindari penumpukan debu dan kesulitan pembersihan.

### ***Pseudomonas aeruginosa***

*Pseudomonas* adalah bakteri yang hidup bebas di alam, umumnya ditemukan di tanah dan air, namun, biasa terdapat pada permukaan tanaman dan kadang-kadang pada permukaan hewan. *Pseudomonas* sangat dikenal oleh ahli mikrobiologi tanaman karena beberapa spesies diantaranya adalah patogen sejati pada tanaman. Bahkan, *Pseudomonas aeruginosa* kadang kala dapat muncul sebagai patogen pada tanaman. *Pseudomonas aeruginosa* telah dikenal luas sebagai patogen oportunistik yang muncul pada berbagai keadaan klinis. Beberapa studi epidemiologi telah melacak insiden infeksi *Pseudomonas* sebagai HAIs dan menunjukkan peningkatan resistensi antibiotik pada isolat klinis.

*Pseudomonas aeruginosa* merupakan suatu patogen oportunistik, yang dapat mengeksploitasi kerusakan atau gangguan mekanisme pertahanan inang untuk mengawali proses infeksi. Bakteri ini hampir tidak pernah menginfeksi jaringan yang masih baik, namun pada jaringan yang mengalami kerusakan maka *Pseudomonas* dapat menginfeksi jaringan manapun. Manifestasinya dapat berwujud infeksi saluran kemih, infeksi sistem pernafasan, dermatitis, infeksi

jaringan lunak, bakteremia, infeksi tulang dan sendi, infeksi gastrointestinal dan berbagai infeksi sistemik. Infeksi terutama pada penderita dengan immunosupresi (penurunan kekebalan tubuh) misalnya pasien dengan luka bakar parah, pasien kanker dan pasien AIDS.

*Pseudomonas* adalah bakteri hidrofilik yang sangat mudah diisolasi dari berbagai lingkungan atau keadaan yang lembab seperti saluran air. Pada pasien yang dirawat di rumah sakit, terjadi peningkatan kejadian kolonisasi atau bahkan infeksi yang sangat tinggi. Kolonisasi terjadi pada kulit pasien luka bakar, saluran pernafasan bawah pada pasien dengan bantuan nafas ventilator mekanik, serta dalam saluran pencernaan pasien yang mendapatkan obat-obat kemoterapi pada kasus keganasan dan pasien yang mendapatkan obat-obat antimikroba. Kolonisasi pada keadaan tersebut dapat meningkat drastis hingga 50% dan membuka kesempatan untuk terjadi suatu infeksi.

Kolonisasi *Pseudomonas* mempunyai kesempatan untuk menimbulkan infeksi yang sesungguhnya tetapi cara transmisi atau cara penyebarannya belum diketahui secara pasti, dari mana asal bakteri tersebut dan bagaimana cara masuknya belum diketahui dengan jelas, akan tetapi pengawasan dan evaluasi terkait kelembaban, kebocoran atap, dan rembesan AC menjadi persoalan arsitektur yang harus dituntaskan.



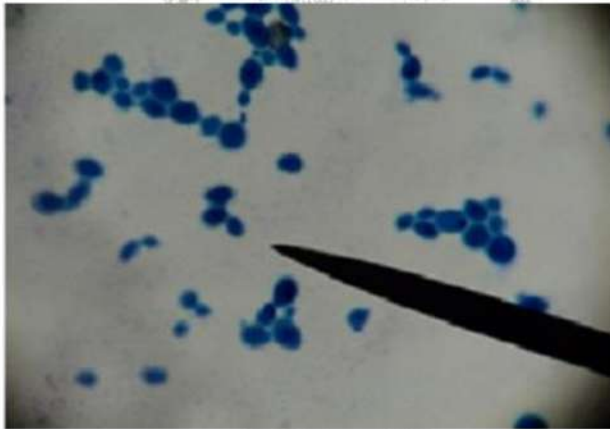
**Gambar 38.** Koloni *Pseudomonas aeruginosa* membentuk warna hijau pada media agar Muller Hinton untuk tes kepekaan antibiotik.  
(Sumber: dokumen foto pribadi)

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

## ***Fungi***

*Fungi* atau jamur merupakan penyebab HAIs yang seringkali ditemukan di ruang perawatan intensif atau ICU. *Candida* merupakan salah satu genus yang sering ditemukan terutama dari spesimen darah pasien ICU.

Dua per tiga kejadian infeksi jamur pada darah (fungemia) berhubungan dengan pemakaian kateter vena sentral (CVC-*Central Venous Cathether*). Selain itu infeksi jamur ditemukan pada pasien dengan kaeter intravena.



**Gambar 39.** Sel jamur yang disebut yeast cell. Lingkaran merah adalah yeast cell dengan sel tunas (budding cell). Khas *Candida albicans*  
(Sumber: dokumen foto pribadi)

Faktor predisposisi terjadinya infeksi jamur secara umum, adalah leukemia, limfoma, transplantasi sumsum tulang dan organ solid, diabetes, luka bakar, kelahiran prematur, kemoterapi, pemberian obat yang bersifat immunosupresan, antibiotik spektrum luas, kateter urin menetap, dan rawat inap yang memanjang. Infeksi jamur dapat dicurigai jika pada pengobatan sebelumnya menggunakan antibiotik tidak memberikan respon cukup lama.

Dari sisi desain arsitektur, ada hal yang menarik bahwa beberapa rumah sakit menghadapi persoalan terkait jamur yang cukup banyak dan berulang kali muncul meskipun sudah dilakukan pengecatan.

## **BAB XVII**

### **PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN**

### **INFEKSI BANGUNAN**

Dalam program pencegahan dan pengendalian infeksi (PPI) terdapat program ICRA (*Infection Control Risk Assessment*) pada bangunan yang bertujuan pencegahan infeksi mulai tahap perencanaan fasilitas, desain, konstruksi, renovasi, hingga pemeliharaan fasilitas.

Kegiatan pembangunan yang menghasilkan debu telah dikaitkan dengan penularan infeksi melalui udara. Jamur patogen tertentu seperti *Aspergillus sp* yang terdapat dalam debu dikaitkan dengan kejadian HAI's terkait konstruksi dan dilaporkan dapat terjadi kematian. Dalam situasi ini, kotoran dari lingkungan eksternal akan masuk fasilitas layanan kesehatan baik melalui sistem penanganan udara maupun keluar melalui pintu atau jendela yang tidak cukup tertutup rapat.

Pelepasan satu plafon dapat menyebarkan jutaan spora jamur yang berukuran 2-3 mikron ke area sekitarnya dan mudah terhirup. Selain itu, kelembaban berlebih akibat kerusakan yang menyebabkan masuknya air saat konstruksi berperan terhadap meningkatnya risiko pertumbuhan jamur. Untuk meminimalkan risiko terjadinya hasil yang merugikan bagi pasien, petugas dan pengunjung rumah sakit, maka diperlukan tim multidisiplin yang terlibat dalam perencanaan dan koordinasi dari setiap pengajuan pekerjaan bangunan. Konsep PPI harus diintegrasikan ke dalam desain dan dokumentasi yang terkait dengan konstruksi fasilitas dan/atau proyek renovasi mulai dari awal sampai pekerjaan selesai.

Risiko yang berkaitan dengan pekerjaan konstruksi dan renovasi terutama terkait dengan penurunan kualitas udara dan pencemaran lingkungan dari debu yang dihasilkan sehingga dapat menyebabkan infeksi jamur, oleh sebab itu area yang baru dibangun atau direnovasi harus dibersihkan secara menyeluruh, sebelum digunakan oleh pasien.

Dalam rangka mengawal kebersihan ruang maka PPI melakukan berbagai strategi termasuk hitung mikroorganisme udara terutama paska pembersihan

ruang tersebut. 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>. Permenkes No.1204/Menkes/SK/X/2004 sebenarnya sudah digantikan oleh Permenkes No. 7 tahun 2019, namun angka kuman di udara yang dicantumkan hanya angka kuman di ruang operasi, sehingga ruang lain tidak diketahui nilai angka kuman yang masih diijinkan di ruang tersebut sebagaimana pada Permenkes 1204 tahun 2004.

Jika merujuk ke sumber internasional, air total microbial count (“Gesamtkeimzahl”) dapat dipergunakan sebagai acuan mengingat pada implementasi di lapangan, tidak hanya ruang operasi saja yang dimonitor angka kuman udaranya, termasuk ruang isolasi juga membutuhkan pengamatan.

| Lokasi                             | Total Jumlah Mikroba di Udara (CFU/dm <sup>2</sup> /jam) |                |             |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|-------------|
|                                    | Optimal                                                  | Dapat Diterima | Tidak Layak |
| Bangsral Rawat Inap non Bedah      | 0–450                                                    | 451–750        | >751        |
| Bangsral Bedah                     | 0–250                                                    | 251–450        | >451        |
| Farmasi                            | 0–100                                                    | 101–180        | >181        |
| Ruang aseptik                      | 0–50                                                     | 51–90          | >91         |
| Ruang Operasi (saat tidak dipakai) | 0–4                                                      | 5–8            | >9          |
| Ruang Operasi (saat dipakai)       | 0–60                                                     | 61–90          | >91         |

Di dalam ruangan, pemberian disinfektan pada permukaan lingkungan secara rutin dengan cara penyemprotan atau *fogging* atau disebut fumigasi tidak disarankan untuk ruang di rumah sakit. Riset dari Daniele Lantagne menunjukkan bahwa sebagai *fogging* hanya berdampak pada area yang terkena secara langsung, sulit mengenai area bersudut dan permukaan yang tertutup kotoran atau benda lain. Ketidakefektifan ini juga berlaku pada aplikasi di komunitas dimana selama pandemi tidak jarang dijumpai penyemprotan disinfektan oleh aparat pemerintah di jalan-jalan atau area umum atau pada manusia dengan memasukkannya ke bilik disinfeksi. Adapun bentuk disinfektan “*dry mist*” yang mengandung hidrogen peroksida masih ada

perbedaan pendapat, namun beberapa negara mengizinkan karena dianggap lebih aman dan berbeda dengan fogging yang menggunakan disinfektan formalin, agen berbasis klorin, atau senyawa amonium kuarterner.

Selain itu proses disinfeksi ada yang menggunakan *Ultra Violet* (UV) namun efikasi iradiasi UV dinilai terlalu lemah karena terkait dengan banyak variabel yang akan mempengaruhi seperti jarak area dengan alat UV, dosis sinar UV, panjang gelombang UV, lama paparan, usia lampu UV, dan durasi penggunaan. Bentuk ruang sebagaimana *fogging* juga berpengaruh, karena UV tidak akan mudah menyinari area yang berlekuk, terhalang benda lain, serta area yang berada di sela-sela atau di bawah perkakas.

## DAFTAR PUSTAKA

- World Health Organization, "WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard." Accessed: Sep. 10, 2023. [Online]. Available: <https://covid19.who.int/>
- American Society for Health Care Engineering, "COVID-19 Recovery ASHE." Accessed: Sep. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.ashe.org/covid-19-recovery>
- M. Awada et al., "Ten questions concerning occupant health in buildings during normal operations and extreme events including the COVID-19 pandemic," *Build Environ*, vol. 188, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107480.
- K. P. Fennelly, "Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control," *Lancet Respir Med*, vol. 8, no. 9, pp. 914–924, Sep. 2020, doi: 10.1016/S2213-2600(20)30323-4.
- N. A. Megahed and E. M. Ghoneim, "Indoor Air Quality: Rethinking rules of building design strategies in post-pandemic architecture," *Environ Res*, vol. 193, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.envres.2020.110471.
- Kementerian Kesehatan, "PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 40 TAHUN 2022 TENTANG PERSYARATAN TEKNIS BANGUNAN, PRASARANA, DAN PERALATAN KESEHATAN RUMAH SAKIT," NOMOR 40 TAHUN 2022, 2022
- L. Yuan and Y. Xiaofei, "STUDY ON HOSPITAL DESIGN AND IT'S TRANSITION DURING PANDEMIC SITUATION," Politecnico di Torino, Turin, 2021.
- A. Makram and R. A. El-Ashmawy, "Future Hospital Building Design Strategies Post COVID-19 Pandemic," *International Journal of Sustainable Development and Planning*, vol. 17, no. 4, pp. 1169–1179, Jul. 2022, doi: 10.18280/ijstdp.170415.

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

- S. A. Kizilova, "Mobile Reserve Architecture: Designing the Post-Pandemic Solutions," in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing Ltd, Feb. 2022. doi: 10.1088/1755-1315/988/5/052029.
- S. Singh, "The Impact of Architecture in the Process of Healing & Well-Being," *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. 9, no. 3, pp. 202–222, Mar. 2021, doi: 10.22214/ijraset.2021.33196.
- S. Capolongo, M. Gola, A. Brambilla, A. Morganti, E. I. Mosca, and P. Barach, "COVID-19 and healthcare facilities: A decalogue of design strategies for resilient hospitals," *Acta Biomedica*, vol. 91, pp. 50–60, 2020, doi: 10.23750/abm.v91i9-S.10117.
- D. Neducin, M. Krkljes, and N. Kurtovic-Folic, "Hospital outdoor spaces: Therapeutic benefits and design considerations," *Facta universitatis - series: Architecture and Civil Engineering*, vol. 8, no. 3, pp. 293–305, 2010, doi: 10.2298/fuace1003293n.
- M. M. Shepley, H. Kolakowski, N. Ziebarth, and E. Valenzuela-Mendoza, "How COVID-19 Will Change Health, Hospitality and Senior Facility Design," *Frontiers in Built Environment*, vol. 7. Frontiers Media S.A., Sep. 29, 2021. doi: 10.3389/fbuil.2021.740903.
- L. Chen, C. Zhai, L. Wang, X. Hu, and X. Huang, "Modular Structure Construction Progress Scenario: A Case Study of an Emergency Hospital to Address the COVID-19 Pandemic," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 18, Sep. 2022, doi: 10.3390/su141811243.
- A. H. Babbu, "Flexibility: A key concept in Hospital Design," *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM)*, vol. 5, 2016.
- R. Guzzi and L. Stefanutti, "The Role of Airflow in Airborne Transmission of COVID-19 Special Section: COVID-19 Pandemic Ape-polecat View project MOANA EC project View project," *Organisms*, vol. 4, 2020, doi: 10.13133/2532-5876/17224.
- S. Navaratnam, K. Nguyen, K. Selvaranjan, G. Zhang, P. Mendis, and L. Aye, "Designing Post COVID-19 Buildings: Approaches for Achieving

- Healthy Buildings,” *Buildings*, vol. 12, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.3390/buildings12010074.
- A. Eijkelenboom, M. A. Ortiz, and P. M. Bluysen, “Preferences for indoor environmental and social comfort of outpatient staff during the COVID-19 pandemic, an explanatory study,” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 18, no. 14, Jul. 2021, doi: 10.3390/ijerph18147353.
- E. S. Mousavi, N. Kananizadeh, R. A. Martinello, and J. D. Sherman, “COVID-19 Outbreak and Hospital Air Quality: A Systematic Review of Evidence on Air Filtration and Recirculation,” *Environ Sci Technol*, vol. 55, no. 7, pp. 4134–4147, Apr. 2021, doi: 10.1021/acs.est.0c03247.
- Y. Zeng et al., “Evaluating a commercially available in-duct bipolar ionization device for pollutant removal and potential byproduct formation,” *Build Environ*, vol. 195, May 2021, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.107750.
- U. Emmanuel, D. Osondu, and K. C. Kalu, “Architectural design strategies for infection prevention and control (IPC) in health-care facilities: towards curbing the spread of Covid-19,” *J Environ Health Sci Eng*, 2020, doi: 10.1007/s40201-020-00580-y/Published.
- L. Morawska et al., “How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised?,” *Environ Int*, vol. 142, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.envint.2020.105832.
- T. Chen and J. O’keeffe, “COVID-19 in indoor environments-Air and surface disinfection measures,” Vancouver, 2020.
- M. Smolova and D. Smolova, “Emergency architecture. Modular construction of healthcare facilities as a response to pandemic outbreak,” in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, Jun. 2021. doi: 10.1051/e3sconf/202127401013.
- A. R. Escombe et al., “Upper-Room Ultraviolet Light and Negative Air Ionization to Prevent Tuberculosis Transmission,” *PLoS Medicine*, 2009, doi: 10.1371/journal.pmed.1000043.g001.

- S. Capolongo, M. Gola, A. Brambilla, A. Morganti, E. I. Mosca, and P. Barach, "COVID-19 and healthcare facilities: A decalogue of design strategies for resilient hospitals," *Acta Biomedica*, vol. 91, pp. 50–60, 2020, doi: 10.23750/abm.v91i9-S.10117.
- A. Q. Gbadamosi, L. Oyedele, O. Olawale, and S. Abioye, "Offsite Construction for Emergencies: A focus on Isolation Space Creation (ISC) measures for the COVID-19 pandemic," *Progress in Disaster Science*, vol. 8, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.pdisas.2020.100130.
- H. Qian, Y. Li, W. H. Seto, P. Ching, W. H. Ching, and H. Q. Sun, "Natural ventilation for reducing airborne infection in hospitals," *Build Environ*, vol. 45, no. 3, pp. 559–565, Mar. 2010, doi: 10.1016/j.buildenv.2009.07.011.
- B. Elias and Y. Bar-Yam, "Could Air Filtration Reduce COVID-19 Severity and Spread?," 2020. [Online]. Available: <https://www.airsystems-inc.com/air-purification-news/air-quality/the-use-of-hepa-filters-is-vital-in-medical-facilities/>
- F. Memarzadeh, R. N. Olmsted, and J. M. Bartley, "Applications of ultraviolet germicidal irradiation disinfection in health care facilities: Effective adjunct, but not stand-alone technology," *Am J Infect Control*, vol. 38, no. 5 SUPPL., Jun. 2010, doi: 10.1016/j.ajic.2010.04.208.
- I. Assadi et al., "Review on inactivation of airborne viruses using non-thermal plasma technologies: from MS2 to coronavirus," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, no. 4. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 4880–4892, Jan. 01, 2022. doi: 10.1007/s11356-021-17486-3.
- A. Garg, "Brief Review Preparedness of Hospitals Post COVID-19 Era," 2021.

## TENTANG PENULIS

Ridha Wahyutomo adalah seorang dokter spesialis mikrobiologi klinik yang mendalami arsitektur yang dikaitkan dengan keilmuan utama mikrobiologi klinik, pencegahan pengendalian infeksi, dan pengendalian resistensi antimikroba. Dengan tujuan akhir implementasi pada pelayanan rumah sakit sesuai standar akreditasi rumah sakit.

Sampai dengan saat ini penulis pernah menjadi ketua PERDALIN KOTAPRAJA (Perhimpunan Pengendalian Infeksi Indonesia cabang Kota-kota Perifer Area Jawa Tengah), divisi kesehatan KOMBATPOL (Komunitas Sahabat TNI-POLRI) yang merupakan organisasi sosial kerja sama masyarakat dengan TNI-POLRI, pembimbing KARS, peserta di Green Building Council Indonesia (GBCI), anggota Ikatan Ahli Bangunan Hijau Indonesia (IABHI) dan menulis beberapa buku baik untuk kalangan medis, pendidikan dan masyarakat awam.

Buku-buku yang sudah diterbitkan antara lain:

1. Hand Hygiene: Aspek Mikrobiologi, Pencegahan dan Pengendalian Infeksi. 2017 (ISBN: 978 - 602 - 1145 - 64 - 7)
2. Mengenal Peta Kuman dan WHO Net. 2017 (ISBN: 978 - 602 - 1145 - 65 - 4)
3. Pemeriksaan Swab Tenggorok. 2018 (ISBN: 978 - 602 - 5995 - 55 - 2)
4. Dasar-Dasar Mikologi. 2018 (ISBN: 978 - 602 - 5995 - 47 - 7)
5. Pemeriksaan Sekret Vagina & Endoserviks. 2018 (ISBN: 978 -602-5995-54-5)
6. Pemeriksaan Mycobacterium. 2018 (ISBN: 978 - 602 - 5995 - 46 - 0)
7. Pemeriksaan Jamur. 2018 (ISBN: 978 - 602 - 5995 - 54 - 5)
8. Pemeriksaan Sekret Vagina & Endoserviks. 2018 (ISBN: 978 -602-5995-48-4)
9. Identifikasi Neisseria gonorrhoeae. 2018 (ISBN: 978 - 602 - 5995 - 56 - 9)
10. Pengecatan Dan Pembuatan Medium. 2018 (ISBN: 978 - 602 - 5995 - 52 - 1)
11. Mycobacterium Leprae. 2018 (ISBN: 978 - 602 - 5995 - 53 - 8)
12. Antibiotik: Paham Bagi Awam. 2019 (ISBN: 978 -623-7590-42 - 2)
13. Sajak Gejolak Bumi Pandemi. 2020 (ISBN: 978-623-6769-68-3)
14. Mengenal Peta Kuman & WHO Net Update.2021 (ISBN:978-602-1145-65-4)
15. Ruang Isolasi: Aspek Arsitektur, Mikrobiologi, Pencegahan dan Pengendalian Infeksi. 2022 . (ISBN: 2022 978-623-5991-12-2)
16. Sinopsis Tata Udara Fasyankes, 2023. (ISBN: 978-623-138-042-5).

## Bait Akhir Sejenak

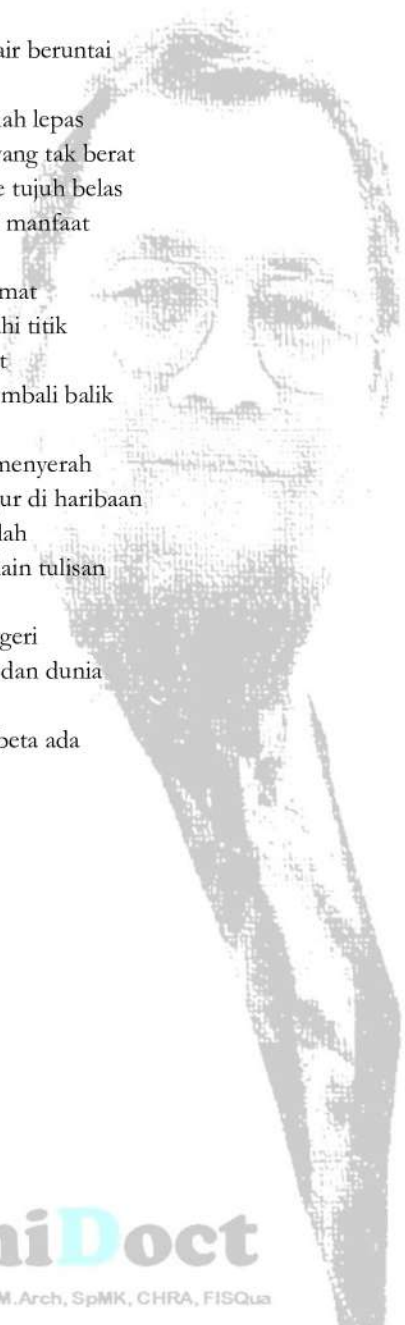
Setiap hari akan bertemu malam  
Setiap lautan bersua pantai  
Ijinkan di akhir kalam  
Dituliskan kata dalam syair beruntai

Tak terasa ribuan kata telah lepas  
Dalam pustaka-pustaka yang tak berat  
Tak terasa sudah buku ke tujuh belas  
Yang semua diharap beri manfaat

Sebuah kata menjadi kalimat  
Sepenggal kalimat disudahi titik  
Buku ini petanda istirahat  
Untuk suatu saat akan kembali balik

Margarana lambang tak menyerah  
Hingga para pejuang gugur di haribaan  
Istirahat bukan karena lelah  
Tapi menggores tinta di lain tulisan

Beta anak dari sebuah negeri  
Yang ada di antara awan dan dunia  
Mohon pamit undur diri  
Ingatkan sejaarah, kalau beta ada



**ArchiDoct**

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua

**Buku elektronik ini adalah hasil modifikasi buku cetak yang diringkas, tidak ditujukan untuk diperjual belikan atau tujuan komersial lainnya.**

**Buku elektronik ini boleh disebar luaskan dengan izin langsung penulis untuk kemanfaatan bersama dan tidak ada kezhaliman di dalam proses membagikannya.**

**ArchiDoct**

dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SpMK, CHRA, FISQua