



SINOPSIS TATA UDARA FASYANKES

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

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

ISBN: 978-623-138-042-5

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	3
DAFTAR GAMBAR	4
IKLIM DAN INFEKSI.....	5
HEALING ARCHITECTURE	11
KUALITAS UDARA	8
ALIRAN UDARA	22
TEMPERATUR UDARA.....	11
KELEMBABAN UDARA.....	11
TEKANAN UDARA	11
VENTILASI UDARA.....	11
DAFTAR PUSTAKA	27

ArchiDoct

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

Sinopsis Tata Udara Fasyankes

Copyright © Ladang Kata Publishing, 2023

All rights reserved

Penulis: dr. Ridha Wahyutomo, M.Arch, Sp.MK, CHRA, FISQua, GA

Editor: dr. Nurhasanah

Layout & Desain Sampul: dr. Jauhar Nafies, M.HKes

Diterbitkan oleh:

Ladang Kata Publishing

ISBN: 978-623-138-042-5

Cetakan pertama, Juni 2023

Cetakan buku elektronik, Januari 2025



ArchiDoct

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

MUQADDIMAH

Bismillahirrahmaanirrahiim.

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.

Pandemi meninggalkan butiran-butiran ilmu bak manikam dalam kemelut kabut yang tersibak. Tata udara dipelajari secara luas. Zat yang tak tertangkap netra ini menjadi hal yang diwaspadai sebagai media perantara penularan infeksi.

Begitu banyak pemikiran dan tulisan yang ingin dituangkan, akan tetapi penulis sadar bahwa ilmu harus diteteskan perlahan bersama perjalanan malam dan siang sehingga akan mengendap dan memberikan manfaat bagi pecinta ilmu dan kehidupan umat.

Tujuan penulis menyusun buku Sinopsis Tata Udara Fasyankes ini semata-mata untuk memberikan sumbangan keilmuan, menjembatani tiga keilmuan arsitektur, mikrobiologi dan PPI, serta menjadi sedikit bekal pada penataan udara di fasilitas pelayanan kesehatan dengan semua bentuknya. Kali ini dikemas dalam bentuk buku elektronik.

Begitu banyak pemikiran dan tulisan yang ingin dituangkan, akan tetapi penulis sadar bahwa ilmu harus diteteskan perlahan bersama perjalanan malam dan siang sehingga akan mengendap dan memberikan manfaat bagi pecinta ilmu dan kehidupan umat.

Semarang, 18 Januari 2025

Al faqir ila maghfirati rabbihi

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

ArchiDoct

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

IKLIM DAN INFEKSI

Perubahan iklim sangat terkait erat dengan aktifitas kehidupan manusia. Secara jelas kehidupan manusia meningkatkan gas buang yang terperangkap terutama di atmosfer yang mengganggu efek rumah kaca yang normal sehingga bumi menjadi lokasi yang tidak layak huni. Gas buang berlebih ini menghalangi radiasi matahari kembali ke angkasa dan akhirnya total meantul kembali ke bumi sehingga terciptalah kondisi temperatur yang meningkat atau disebut pemanasan global. Karbon dioksida (dari hasil buangan bahan bakar berbahan fosil dan pembakaran hutan), metana (dari kegiatan pertanian dengan irigasi, hasil kegiatan peternakan, produk samping ekstraksi oli), nitrit oksida dan holokarbon. Pada laporannya di tahun 2001, lembaga di bawah PBB yaitu *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyatakan bahwa dalam kurun 50 tahun terjadi peningkatan temperatur bumi dan sangat kuat hubungannya dengan aktifitas manusia.



Gambar 1: Efek rumah kaca
Sumber: kibrispdr.org

Tercatat sepanjang abad ke-20, peningkatan temperatur permukaan rata-rata 0.6°C , dan dua pertiga peningkatan tersebut terjadi pada tahun 1975. Kondisi pemanasan diperkirakan berlanjut, bersama dengan adanya perubahan curah hujan dan variabilitas iklim, berlangsung selama abad mendatang dan seterusnya. Perkiraan ini memiliki dasar dari model peraga iklim global yang mutakhir, kemudian disimulasikan pada skenario masa depan yang memiliki segala kemungkinan dari emisi gas yang termanifestasi sebagai efek rumah kaca. Model tersebut dikombinasi dengan pola perubahan demografi, dinamika ekonomi dan teknologi yang kemungkinan berubah. Hasil simulasi tersebut memang bervariasi dapat berbeda antar daerah namun tetap merujuk pada satu dampak yang muncul yang akan dikaji dari aspek toksikologi dan mikrobiologi. Akibat dampak tersebut yaitu perubahan sistem biofisik dan ekologi bumi, penipisan ozon stratosfer, percepatan hilangnya keanekaragaman hayati, tekanan pada sistem produksi pangan darat dan laut, penipisan pasokan air tawar, dan penyebaran global polutan organik persisten.

Selain berdampak pada ekosistem, pemanasan global ini memberikan dampak pada kesehatan manusia. Laporan organisasi kesehatan dunia WHO pada tahun 2002 menyatakan bahwa kejadian infeksi pada tahun 2000 di Indonesia dipengaruhi oleh perubahan iklim. Indonesia menyumbangkan sekitar 2,4% kejadian diare dari seluruh dunia dan 6% malaria.

Angka tersebut diduga berasal dari faktor temperatur rata-rata yang lebih hangat dikombinasikan dengan peningkatan iklim akan mengubah pola paparan termal secara ekstrim dan dampak kesehatan yang dihasilkan. Perubahan tersebut memberikan dampak langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung misalnya akibat kenaikan temperatur akan muncul stres akibat temperatur yang panas, trauma atau kematian akibat banjir dan badai yang dipengaruhi perubahan iklim. Dapat pula akibat semakin berkurangnya sumber air bersih akibat kekeringan.

Adapun dampak tidak langsung adalah penyesuaian beberapa vektor terhadap cuaca yang berubah sehingga vektor ini mampu bertahan hidup dan menularkan beberapa mikroorganisme yang dibawa. Hal tersebut bisa muncul juga karena berkurangnya predator vektor tersebut karena tak mampu bertahan dari temperatur yang meningkat. Angka tersebut semakin nyata akibat meningkatnya kepadatan populasi. Infeksi pada manusia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan baik secara kuantitas maupun dari variasinya. Beberapa penyakit infeksi yang dahulu belum pernah dikenal, kini muncul seperti HIV/AIDS, hantavirus, hepatitis C, SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*), dan masih banyak lagi termasuk yang terbaru adalah COVID-19 yang disebabkan oleh Coronavirus.

Infeksi pada manusia dapat disebabkan oleh berbagai mikroorganisme. Kita mengenal empat mikroorganisme penyebab infeksi terbesar. Penyebab atau disebut agent infeksi ini antara lain bakteri, virus, jamur, dan parasit.

Infeksi pada manusia sebenarnya dipengaruhi oleh tiga faktor utama, yaitu *Host* (penjamu atau manusia), *Agent* (penyebab atau bisa salah satu dari ketiga mikroorganisme tersebut), dan *Environment* (lingkungan tempat manusia hidup). Ketiga hal tersebut saling terkait dan membentuk sebuah gambaran segitiga yang disebut segitiga epidemiologi.

Dari segitiga epidemiologi itu, dapat dirinci faktor-faktor yang mempengaruhi munculnya penyakit infeksi baik itu *emerging diseases* yaitu infeksi baru yang belum dikenal dan menyebabkan masalah kesehatan, dimana dua per tiganya bersumber dari hewan. Selain itu *re-emerging diseases* yang merupakan penyakit yang sudah menurun namun kemudian naik lagi, dan *intractable infectious diseases* ialah penyakit infeksi lama namun persisten dan sulit dikontrol.

Selain itu faktor demografi yang menggambarkan semakin padatnya penduduk sehingga ada perubahan pola hidup sosial dan peningkatan kecepatan transmisi penularan infeksi turut menjadi perhatian. Perubahan pola hidup sosial ini juga dipengaruhi oleh teknologi sehingga memunculkan kebiasaan-kebiasaan yang sebelumnya tidak dikenal dan di situlah faktor-faktor risiko terjadinya infeksi muncul seperti hubungan seks bebas, tindakan amoral menyimpang gangguan jiwa LGBTQ+ (*Lesbian, Gay, Biseksual, Transgender, Queer* dan lainnya), dan pemakaian narkoba yang memicu HIV-AIDS.

Pengaruh perubahan iklim yang mempengaruhi jumlah, ketersediaan dan jenis makanan pun menjadi faktor infeksi baru muncul. Beberapa penyakit infeksi diidentifikasi sebagai jalur oral pada transmisinya. Contohnya hepatitis A dan E, serta infeksi dari binatang yang dikonsumsi oleh manusia.

Di akhir abad kedua puluh, negara India, tepatnya di daerah Punjab mengalami kenaikan angka morbiditas atau kesakitan akibat malaria. Daerah tersebut dikenal sebagai daerah epidemi malaria yang berlangsung secara periodik. Peningkatan morbiditas itu dipicu oleh tingginya curah hujan yang dibawa angin muson dan meningkatnya kelembaban sekitar bantaran sungai yang menjadi sumber irigasi pertanian di Punjab. Efek perubahan curah hujan akibat perubahan iklim global tersebut melejitkan jumlah nyamuk dalam berkembang biak. Bahkan diperkirakan jumlahnya semakin meningkat tajam pasca badai *El Nino* dan ini diketahui dari angka morbiditas yang jumlahnya meningkat lima kali lipat.

Kejadian sebagaimana di Punjab tersebut tidak mustahil terjadi di berbagai daerah di belahan bumi yang lain. Faktor perubahan iklim tersebut juga bisa diperbesar kemungkinan terjadi wabah jika ada faktor lain sesuai segitiga epidemiologi, yaitu faktor lingkungan. Lingkungan yang tidak memenuhi standar kesehatan bahkan kumuh akan mempercepat proses infeksi baik melalui jalur host yaitu menekan sistem kekebalan tubuh manusia maupun melalui jalur agent

yaitu menambah suasana nyaman mikroorganisme untuk berkembang biak. Pemukiman yang padat, fasilitas rumah yang di bawah prasyarat, sanitasi yang buruk, keterbatasan akses mendapatkan makanan yang layak serta akses ke air bersih layak konsumsi akan menimbulkan persoalan lingkungan sebagai sarang vektor dan tempat mikroorganisme tumbuh subur.

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 corona virus 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 berenvelope (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).

Bila dikaitkan dengan perubahan iklim global, bisa dikatakan RRT bukan termasuk negara yang kekurangan makanan karena iklim mempengaruhi hasil bumi, namun memang secara demografi dan sosio-kultural sangat tampak. Rakyat RRT merupakan jumlah penduduk tertinggi di dunia dan secara sosio-kultural bangsa RRT merupakan bangsa yang memakan aneka jenis makanan terutama binatang. Kapitalisme dapat dikatakan menjadi nafas bagi roda ekonomi dunia saat ini tanpa dikekang oleh haluan politik dan ideologi, misalnya Republik Rakyat Tiongkok yang berideologi komunisme, namun menjalankan ekonomi kapitalisme dengan tetap berpijak pada konfusianisme sebagai prinsip yang ditanamkan leluhur mereka. Kondisi percampuran komunisme dengan kapitalisme ini dimulai pada pemerintahan Deng Xiaoping yang menganut falsafah "bukan masalah apakah kucing itu hitam atau putih, selama dia bisa menangkap tikus" untuk memajukan Tiongkok menjadi modern.

Bagi banyak pemerintahan dan pelaku ekonomi, prinsip kapitalisme yang mencari keuntungan finansial semaksimal mungkin dan melakukan akumulasi kapital sebanyak mungkin, menjadi hal yang menarik untuk diterapkan dalam berbagai aspek kehidupan termasuk kehidupan bernegara sehingga secara sadar tertata dalam konstitusi.

Dalam ketatanegaraan, dengan masuknya kapitalisme ke dalam konstitusi akan lebih mudah diserapkan dalam institusi-institusi dengan bingkai pertumbuhan ekonomi maupun kemajuan ekonomi negara.

Karakter kapitalisme demi pertumbuhan ekonomi tersebut adalah ekspansi. Proses ekspansi ini memiliki dampak salah satunya terhadap ekosistem alam.

Sebagai contoh yang paling terdampak adalah hutan, dimana penebangan hutan meningkat untuk tujuan pengambilan kayu dan mengolahnya dalam industri. Pembuatan sumber-sumber pembangkit energi dengan cara pembendungan aliran sungai, atau perluasan lahan dengan penimbunan area sungai, laut dan rawa akan menjadi boomerang bagi kehidupan manusia.

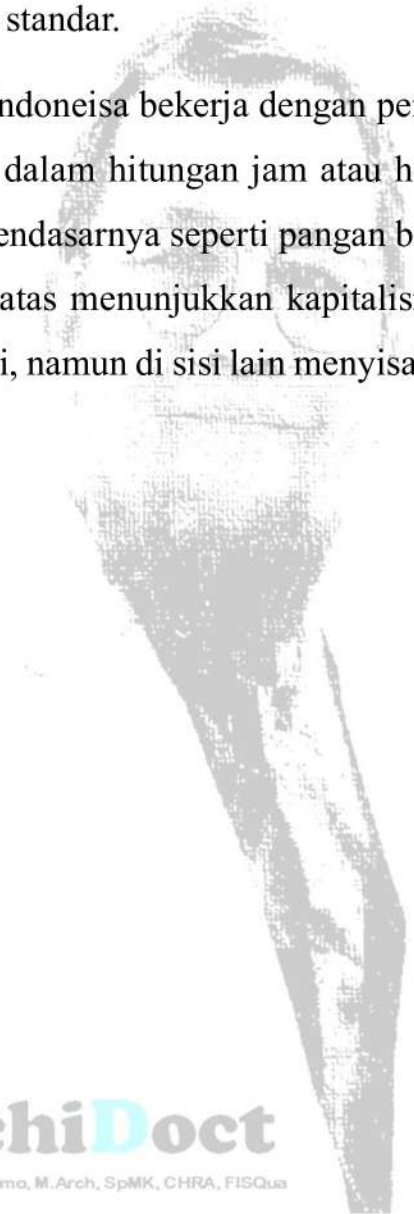
Kapitalisme memandang manusia sebagai komponen produksi sehingga harus diposisikan secara efisien. Salah satu strateginya adalah memperluas area kegiatan produksi dengan menjadikan pedesaan sebagai daerah urban dan kota menjadi pusat kegiatan produksi. Dengan langkah tersebut maka manusia menjadi terpusat, mudah dimobilisasikan dan harganya murah. Kehidupan yang polanya berubah dengan adanya kapitalisme yang terorganisasi dan terstruktur tersebut merubah ekosistem yang pastinya merubah komposisi keanekaragaman hayati. Beberapa spesies makhluk hidup baik binatang maupun tanaman akan tersingkir dari kehidupan, baik karena faktor alam yang tidak menunjang keberlangsungan hidupnya maupun ketidakseimbangan rantai makanan.

Berkurang bahkan punahnya beberapa makhluk terutama binatang berdampak pada kehidupan yang lebih kecil dan sederhana yang disebut jasad renik atau mikroorganisme. Makhluk-makhluk mikroskopis tersebut sangat banyak ditemukan sebagai flora normal, kolonisasi bahkan patogen pada binatang. Dengan menurun atau hilangnya inang yang menjadi habitat dan sasaran mereka, maka mikroorganisme akan berusaha mempertahankan kehidupannya dengan melakukan mutasi dan mencari inang baru bernama manusia. Hal inilah yang salah satunya terjadi pada coronavirus.

Perlakuan yang diambil terkait pandemi inipun tidak seragam antar negara dan antar kota. Penutupan kawasan atau populer dengan istilah *lock down* dapat dilakukan dengan dukungan fasilitas rumah sakit yang baik, pasokan air bersih terpenuhi, sanitasi baik, transportasi manusia dan barang lancar, serta faktor finansial pemerintah.

Bercermin dari elemen-elemen pendukung tersebut maka mayoritas negara kaya yang melakukan pilihan penutupan territorial tersebut. Di kota-kota di Indonesia, infrastruktur tidak seperti di kota-kota di negara-negara kaya. Air keran tidak dapat langsung diminum. Sanitasi umumnya buruk dan tidak terpelihara dengan baik. Fasilitas rumah sakit juga sangat tidak memadai. Beberapa tenaga kesehatan saat pandemi bekerja dengan alat pelindung diri minimal, terbatas dan tidak standar.

Mayoritas penduduk Indonesia bekerja dengan penghasilan yang bersandar pada jam atau harian. Jika dalam hitungan jam atau hari tersebut mereka tidak bekerja maka kebutuhan mendasarnya seperti pangan bisa jadi tidak terpenuhi di hari yang sama. Telaah di atas menunjukkan kapitalisme membawa perubahan dalam peningkatan ekonomi, namun di sisi lain menyisakan masalah panjang saat masuk dalam pandemi.



ArchiDoct

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

HEALING ARCHITECTURE

Dalam berbagai penelitian dan telah dibuktikan oleh berbagai peneliti, bahwa rumah sakit sebagai instansi yang berfungsi memberikan pelayanan kesehatan termasuk proses mengobati, dominan memiliki lingkungan yang tidak nyaman secara kejiwaan. Pasien cenderung mengalami depresi atau stress 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.

Dalam wabah apa pun, wajar jika orang merasa tertekan dan khawatir. Respons umum dari orang-orang yang terdampak (baik secara langsung atau tidak) antara lain:

- a. Takut jatuh sakit dan meninggal
- b. Tidak mau datang ke fasilitas layanan kesehatan karena takut tertular saat dirawat
- c. Takut kehilangan mata pencaharian, tidak dapat bekerja selama isolasi, dan dikeluarkan dari pekerjaan
- d. Takut diasingkan masyarakat/dikarantina karena dikait-kaitkan dengan penyakit (seperti rasisme terhadap orang yang berasal dari, atau dianggap berasal dari, tempat-tempat terdampak)
- e. Merasa tidak berdaya untuk melindungi orang-orang terkasih dan takut kehilangan orang-orang terkasih karena virus yang menyebar
- f. Takut terpisah dari orang-orang terkasih dan pengasuh karena aturan karantina
- g. Menolak untuk mengurus anak kecil yang sendirian atau terpisah, penyandang disabilitas atau orang berusia lanjut karena takut infeksi, karena orang tuanya atau pengasuhnya dikarantina

Healing architecture bukan merupakan bentuk terapi medikamentosa ataupun pengobatan, namun merupakan strategi untuk membuat pasien nyaman sehingga tidak muncul perilaku kecemasan yang bisa memberat menjadi gangguan cemas.

Gangguan cemas ini muncul salah satunya pada pasien COVID-19 dimana pasien dihadapkan pada fakta-fakta infeksi COVID-19 yang mematikan dan belum jelas, selain itu juga aspek *place* dimana pasien akan ditempatkan di ruang isolasi. Ruangan isolasi harus disusun oleh elemen-elemen arsitektur yang menimbulkan efek ketenangan bagi pasien sehingga dengan ketenangan maka reaksi kekebalan tubuh atau imunitas akan tetap terjaga baik.



Gambar 2: Healing architecture GHESKIO Tuberculosis Hospital, Port-au-Prince, Haiti
Sumber: www.bdcnetwork.com

ArchiDoct

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

KUALITAS UDARA

Penyediaan udara di fasilitas pelayanan kesehatan harus memberikan udara yang hampir bebas dari debu, bau, kimia dan polutan radioaktif. Khususnya jika dalam proses pelayanan terdapat pasien dengan keluhan sakit di area pernafasan. Dalam hal demikian, sistem udara ditujukan untuk memberikan udara yang dapat berselang-seling berganti (*intermittent*). Beberapa hal yang harus ditata terkait penyediaan kualitas udara:

1. Intake Udara Luar (*Outdoor Intake*)

Intake udara luar, juga dikenal sebagai outdoor intake, adalah komponen penting dalam sistem ventilasi dan pendingin udara di berbagai bangunan. Intake ini harus ditempatkan sejauh mungkin dan terarah, tidak asal menghembuskan udara. Tujuan dari intake udara luar adalah untuk mengambil udara segar dari luar dan memasukkannya ke dalam bangunan untuk memastikan sirkulasi udara yang sehat. Berikut adalah beberapa prinsip dasar dan pedoman untuk peletakan intake udara luar:

a. Jarak dari sumber polusi

Intake udara luar harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga jauh dari sumber polusi seperti saluran knalpot, tempat sampah, atau sistem ventilasi yang mengeluarkan udara kotor. Hal ini untuk menghindari pengambilan udara yang tercemar dan memastikan kualitas udara dalam ruangan yang baik.

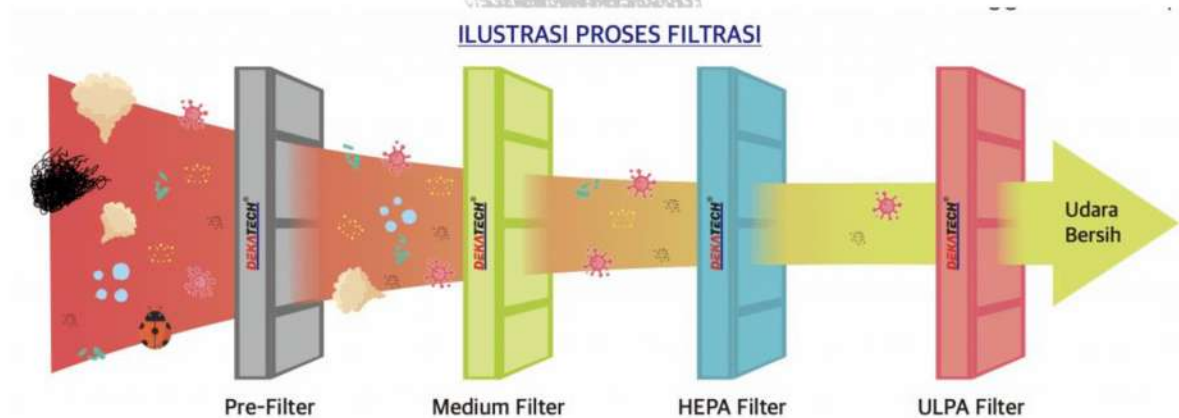
ArchiDoct
dr Ridha Wahyutomo, M.Arch, SPMK, CHRA, FISQua

b. Ketinggian intake

Intake udara luar sebaiknya ditempatkan pada ketinggian yang cukup untuk menghindari pengambilan udara yang tercemar oleh kendaraan, debu jalanan, atau pencemaran udara di permukaan tanah.

Semua efisiensi filter didasarkan pada standar ASHRAE 52.1. Berikut ini adalah panduan untuk instalasi filter:

- a. Filter HEPA yang mempunyai efisiensi uji DOP 99,97% harus digunakan pada sistem pasokan udara yang melayani ruang
- b. Semua filter harus dipasang dengan tepat untuk mencegah kebocoran antar segmen filter dan antaraudukan filter dan rangka pendukungnya. Kebocoran kecil memungkinkan udara terkontaminasi melalui filter menghancurkan kegunaan filter sebagai pembersih udara terbaik.
- c. Sebuah manometer harus dipasang dalam sistem filter untuk mengukur penurunan tekanan di setiap kelompok filter. Tindakan pencegahan ini dimaksudkan untuk mengetahui secara akurat kapan filter harus diganti.



Gambar 4: Jenis-jenis filter
Sumber: www.dekafilter.com

ALIRAN UDARA

Aliran udara yang tepat dalam fasilitas pelayanan kesehatan sangat penting untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan dan mencegah penyebaran infeksi. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam aliran udara di fasilitas pelayanan kesehatan adalah sebagai berikut:

a. Ventilasi dan peredaran udara

Fasilitas pelayanan kesehatan harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang memadai. Sistem ventilasi yang baik akan membantu mengarahkan aliran udara bersih dari zona yang bersih ke zona yang berisiko tinggi (seperti ruang operasi atau ruang isolasi). Hal ini membantu mengurangi penyebaran partikel dan mikroorganisme di udara.

b. Filtrasi udara

Penggunaan filter udara yang efektif sangat penting dalam menyaring partikel-partikel berbahaya dari udara. Filter udara dengan efisiensi tinggi, seperti filter HEPA (*High-Efficiency Particulate Air*), sering digunakan dalam ruang operasi dan ruang isolasi untuk menghilangkan partikel berukuran kecil, termasuk mikroorganisme.

c. Tekanan udara

Pemeliharaan tekanan udara yang sesuai antara berbagai area dalam fasilitas pelayanan kesehatan penting untuk mengendalikan aliran udara. Misalnya, ruang isolasi biasanya memiliki tekanan negatif (udara mengalir masuk ke ruangan), yang membantu mencegah kontaminan keluar dari ruangan dan menyebar ke ruang lain.

d. Pemisahan zona dan aliran laminar

Fasilitas pelayanan kesehatan sering menggunakan pemisahan fisik antara zona-zona berbeda, seperti ruang bersih, ruang steril, ruang

operasi, dan ruang tunggu. Aliran laminar, di mana udara mengalir secara sejajar dan teratur, digunakan dalam ruang operasi untuk mengurangi kontaminasi.

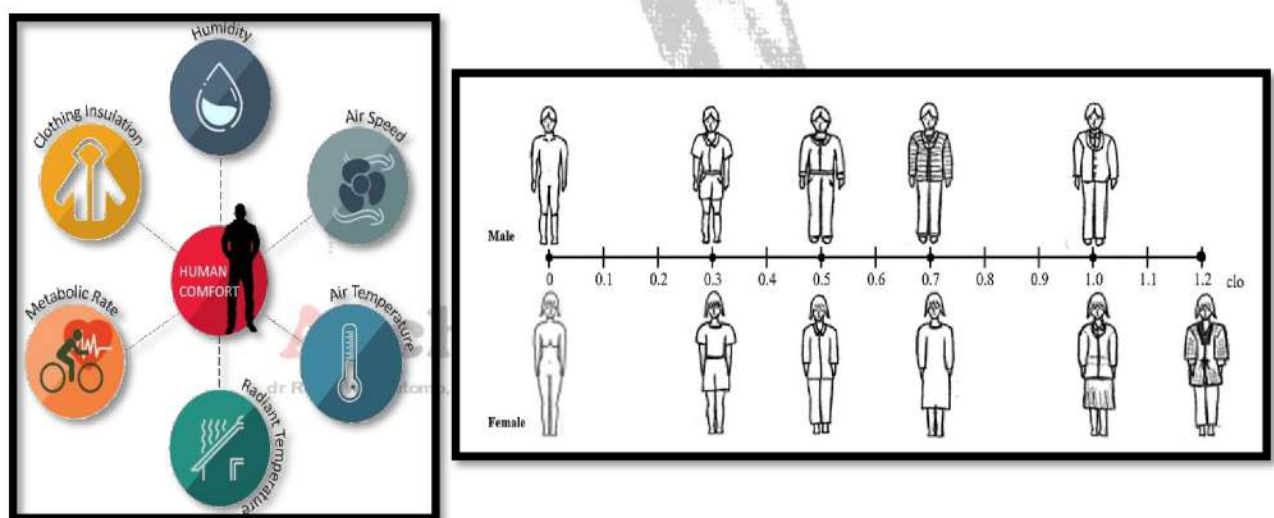
Selain zona-zona tersebut, penting juga untuk memperhatikan arah aliran udara di dalam fasilitas pelayanan kesehatan. Biasanya, prinsip aliran udara yang diterapkan adalah dari zona yang bersih ke zona yang kurang bersih. Dengan demikian, udara dari zona bersih tidak akan terhisap ke zona yang lebih berisiko.



TEMPERATUR UDARA

Dalam lingkungan fasilitas pelayanan kesehatan, pengaturan temperatur udara yang tepat sangatlah penting. Temperatur udara yang sesuai dapat menciptakan lingkungan yang nyaman bagi pasien, pengunjung, dan staf medis. Selain itu, pengendalian temperatur udara juga berperan dalam menjaga kebersihan, mencegah penyebaran infeksi, dan memastikan keamanan peralatan medis yang sensitif terhadap perubahan temperatur. Bab ini akan membahas pentingnya temperatur udara yang tepat dalam fasilitas pelayanan kesehatan serta faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pengaturannya.

Pentingnya temperatur udara yang tepat dalam fasilitas pelayanan kesehatan sering disebut sebagai kenyamanan termal. Kenyamanan termal merupakan fungsi dari 4 (empat) faktor iklim (*climatic factors*) yakni: suhu udara ($^{\circ}\text{C}$), suhu radiasi ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban udara (%) dan kecepatan angin, serta fungsi dari 2 (dua) faktor individu yakni: jenis aktifitas (yang dinyatakan dengan laju metabolisme tubuh) serta jenis pakaian (yang dinyatakan dalam unit clo) yang dikenakan oleh seseorang.



Gambar 6: Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal dan insulasi pakaian
Sumber: Kamarul Aini et al., 2019; Rijal, Humphreys and Nicol, 2019

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

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

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

$$\text{AC 1 PK} = \pm 9.000 \text{ BTU/h}$$

$$\text{AC } 1\frac{1}{2} \text{ PK} = \pm 12.000 \text{ BTU/h}$$

$$\text{AC 2 PK} = \pm 18.000 \text{ BTU/h}$$

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 $1\frac{1}{2}$ PK. Dengan pertimbangan penghematan energi maka dapat dipilih AC $1\frac{1}{2}$ PK.

ArchiDoct

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

KELEMBABAN UDARA

Dalam fasilitas pelayanan kesehatan, seperti rumah sakit, klinik, atau pusat perawatan, faktor kelembaban udara memainkan peran penting dalam menjaga kenyamanan pasien, karyawan, dan pengunjung. Kelembaban udara yang tidak seimbang dapat mempengaruhi kualitas udara, kesehatan, dan kinerja peralatan medis.

Kelembaban udara merujuk pada jumlah uap air yang terkandung dalam udara. Ini dapat diukur dalam bentuk persentase kelembaban relatif "*relative humidity*" (RH) atau dalam satuan absolut seperti gram/m³. Kelembaban udara yang ideal untuk fasilitas pelayanan kesehatan umumnya berkisar antara 40% hingga 60% RH.

Pengaturan kelembaban ditujukan untuk beberapa kepentingan yang memiliki dampak pada pelayanan. Kelembaban udara yang rendah atau tinggi dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia. Kelembaban yang rendah dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan, kulit kering, dan meningkatkan risiko infeksi saluran pernapasan. Di sisi lain, kelembaban yang tinggi dapat menciptakan kondisi yang ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme seperti jamur dan bakteri. Selain itu beberapa peralatan medis, seperti ventilator dan *humidifier*, membutuhkan kelembaban udara yang tepat untuk berfungsi dengan baik. Kelembaban yang tidak seimbang dapat mempengaruhi akurasi pengukuran peralatan dan menyebabkan kerusakan pada komponen sensitif.

Dehumidifier sedang berkapasitas 30-40 pint (14-19 liter).
Dehumidifier kapasitas besar untuk kelembaban di atas 40 pint per hari.

TEKANAN UDARA

Tekanan udara di fasilitas pelayanan kesehatan, seperti rumah sakit atau klinik, penting untuk menjaga kebersihan, kenyamanan, dan keamanan pasien serta staf medis. Biasanya, ada beberapa zona dengan tingkat tekanan udara yang berbeda di dalam fasilitas kesehatan. Berikut adalah beberapa zona umum yang ditemukan di fasilitas pelayanan kesehatan dan tingkat tekanan udara yang umumnya diterapkan:

a. Zona Positif:

Zona ini memiliki tekanan udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan area sekitarnya. Tujuan dari zona ini adalah mencegah masuknya kuman dan kontaminan dari lingkungan eksternal ke dalam area yang terlindungi, seperti ruang operasi atau ruang isolasi. Tekanan udara positif membantu mendorong udara bersih keluar dari zona ini, mengurangi risiko infeksi.

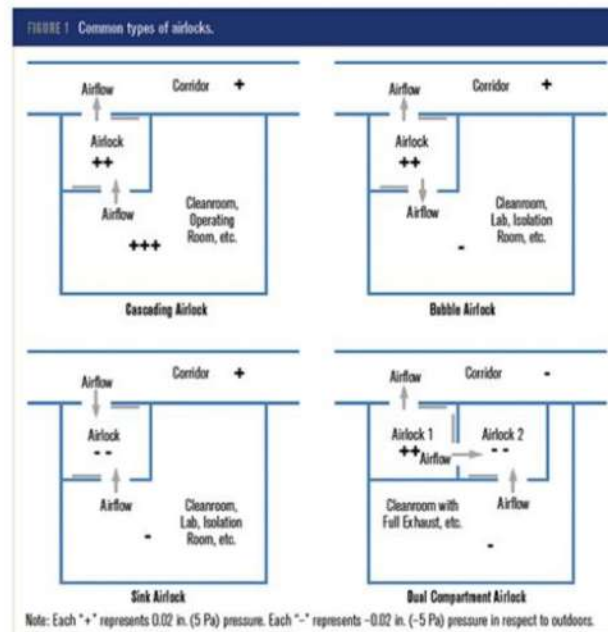
b. Zona Negatif:

Zona ini memiliki tekanan udara yang lebih rendah dibandingkan dengan area sekitarnya. Zona negatif digunakan untuk mencegah penyebaran kuman atau partikel berbahaya ke area lain di fasilitas kesehatan. Contohnya, ruang isolasi untuk pasien dengan penyakit menular sering menggunakan tekanan udara negatif, sehingga udara dari ruangan tersebut tidak menyebar ke area lain.

c. Zona Netral:

Zona ini memiliki tekanan udara yang seimbang atau hampir sama dengan area sekitarnya. Biasanya, zona netral digunakan untuk ruang-ruang seperti ruang tunggu atau ruang administrasi, di mana tidak ada persyaratan khusus untuk pengendalian tekanan udara.

Untuk area kritis yang membutuhkan baik pemeliharaan tekanan pada ruang-ruang yang berdekatan dan gerakan petugas antara area kritis dan ruang berdekatan, diindikasikan penggunaan kunci udara (*air lock*) atau ruang antara.



Gambar 10: *Air lock*

Sumber: <https://atuaatauwwww.ashrae.org/atautechnical-resources/ataushrae-journal/ataufeatured-articles/ataucleanroom-airlock-performance-and-beyond>

VENTILASI UDARA

Di fasilitas kesehatan, udara luar yang segar dan bersih dalam jumlah besar diperlukan untuk mengendalikan kontaminan dan bau.

Ada tiga kriteria dasar untuk ventilasi:

- a. *Ventilation rate* (laju ventilasi): jumlah dan kualitas udara luar yang dimasukkan ke dalam ruangan;
- b. Arah aliran udara: arah aliran udara harus dari zona bersih ke zona kurang bersih; dan
- c. Pola distribusi udara atau aliran udara: pasokan udara ke setiap bagian ruangan untuk meningkatkan pelarutan dan pembuangan polutan dari ruangan.

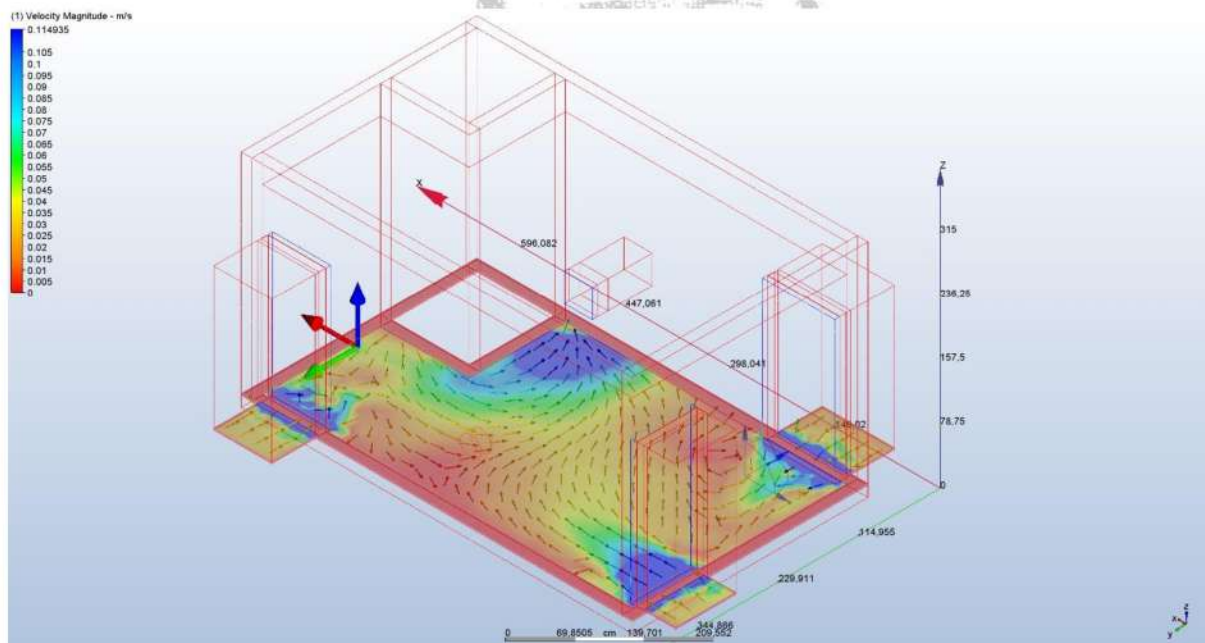
Untuk fasilitas kesehatan pada umumnya yang tidak melakukan prosedur yang menghasilkan aerosol, ventilasi 60 liter/detik per pasien (L/s/pasien) cukup untuk ruangan berventilasi alami, atau 6 ACH (pergantian udara per jam) untuk ruangan yang memiliki ventilasi secara mekanis.

Untuk ruangan di mana dilakukan prosedur yang menghasilkan aerosol, *ventilation rate* yang disarankan adalah sebagai berikut:

- a. Fasilitas/ruangan yang memiliki ventilasi alami: *ventilation rate* yang direkomendasikan adalah 160 L/s/pasien. Penggunaan ventilasi alami tergantung pada kondisi iklim yang mendukung (misalnya, tidak ada risiko tekanan panas, tidak ada polusi udara). Udara yang terkontaminasi harus dibuang langsung ke luar, jauh dari ventilasi udara masuk, ruangan klinis, dan manusia.
- b. Fasilitas ruangan yang memiliki ventilasi mekanis: jika tersedia ventilasi mekanis, harus dibuat tekanan negatif untuk mengendalikan

arah aliran udara. *Ventilation rate* harus ACH 6-12 pertukaran udara per jam, idealnya 12 pertukaran udara per jam untuk bangunan baru, dengan perbedaan tekanan negatif yang direkomendasikan sebesar $=2.5\text{Pa}$ (0,01 inci water gauge) untuk memastikan bahwa udara mengalir dari koridor ke ruangan pasien.

Salah satu penelitian penulis terkait simulasi ventilasi dan kaitannya dengan angka kuman udara ruang isolasi menunjukkan warna jingga menuju merah adalah bagian dimana pergerakan udara sangat rendah, yaitu di bawah $0,025\text{ m/s}$, sehingga memiliki potensi untuk kuman berkumpul.



Gambar 11: Simulasi CFD pada ruang isolasi
Sumber: penelitian penulis



Biografi Singkat Penulis

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, anggota Green Building Council Indonesia (GBCI), anggota Ikatan Ahli Bangunan Hijau Indonesia (IABHI), anggota A2RTU (Asosiasi Ahli Refrigerasi dan Tata Udara), anggota The International Society for Quality in Health Care (ISQUA) 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. 2024 (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).
17. Tata bangunan rumah sakit paska pandemi : aspek arsitektur, mikrobiologi, pencegahan dan pengendalian infeksi. 2024. (ISBN: 978-623-5791-61-6)
18. Di bawah rembulan Seoul. 2024. (Novel Ilmiah) (ISBN: 978-623-5791-66-1)
19. Selembar Kanvas, Selembar Kertas (Novel ilmiah, proses ISBN)

ArchiDoct

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

DAFTAR PUSTAKA

Albritton DL, Meiro-Filho LG. Technical Summary. In: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY.

Asma, Haq, A. & Sudarma, E. 2017. Penerapan Healing Architecture Dalam Desain Rumah Sakit. Jurnal Sains Dan Seni Its, 6, 2337-3520.

Bouma, M. and H. van der Kaay, The El Niño Southern Oscillation and the historic malaria epidemics on the Indian subcontinent and Sri Lanka: an early warning system for future epidemics? Tropical Medicine and International Health, 1(1): p. 86-96. (1996).

Cohen J. COVID-19 capitalism: the profit motive versus public health. Public Health Ethics. 2020.

DeMarco CE, Lerner SA. Mechanisms of Action of Antimicrobial Agents. In: Goldman E, Green LH, editors. Practical Handbook of Microbiology. USA: CRC Press; 2009. p. 132-40.

Fagan, B. Floods, Famines and Emperors. El Nino and the Fate of Civilisations. New York: Basic Books, 1999.

Gubler, D.J. Dengue and dengue haemorrhagic fever. Clinical Microbiology Review 11: 480-96 (1998).

IASC 2020. Catatan tentang aspek kesehatan jiwa dan psikososial wabah COVID-19 Versi 1.0. Geneva: Inter-Agency Standing Committee (Reference group for Mental Health and Psychosocial Support in Emergency Settings).

IIPP. Stakeholder Capitalism During And After COVID-19. Institute for Innovation and Public Purpose COVID-19; London: UCL Institute for Innovation and Public Purpose; 2020.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2001: Third Assessment Report (Volume I). Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

Leite, H., Hodgkinson, I. R. & Gruber, T. 2020. New Development: 'Healing At A Distance'-Telemedicine And Covid-19. Public Money & Management 1-5.

McKee M, Stuckler D. The crisis of capitalism and the marketisation of health care: the implications for public health professionals. Journal of Public Health Research. 2012;1:236-9.

Mkony, N. A. 2017. Conceptual Design In Healing Environments. Dissertation Thesis, University Of Hertforshire.

Patz, J.A., et al., Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. Int J Parasitol, 30(12-13): p. 1395-405 (2000).

Ratamanjari, D., Setyawan, H. & Pramesti, L. 2015. Rumah Sakit Jiwa Dengan Konsep Healing Environment Di Kota Semarang. Arsitektura, 13, 1-10.

Schaller, Brian. 2012. Architectural Healing Environments. Thesis. Syracuse University. Department of Architecture. New York.

WHO. Housing-related health risks. 2012 [cited 2020 5 Maret]; Available from:<https://www.who.int/sustainable-development/cities/health-risks/slums/en/>.

WHO. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). 2020 [cited 2020 5 Maret]; Available from:<https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf>

WHO. World Health Report 2002: Reducing risks, promoting healthy life. WHO, Geneva, 2002.