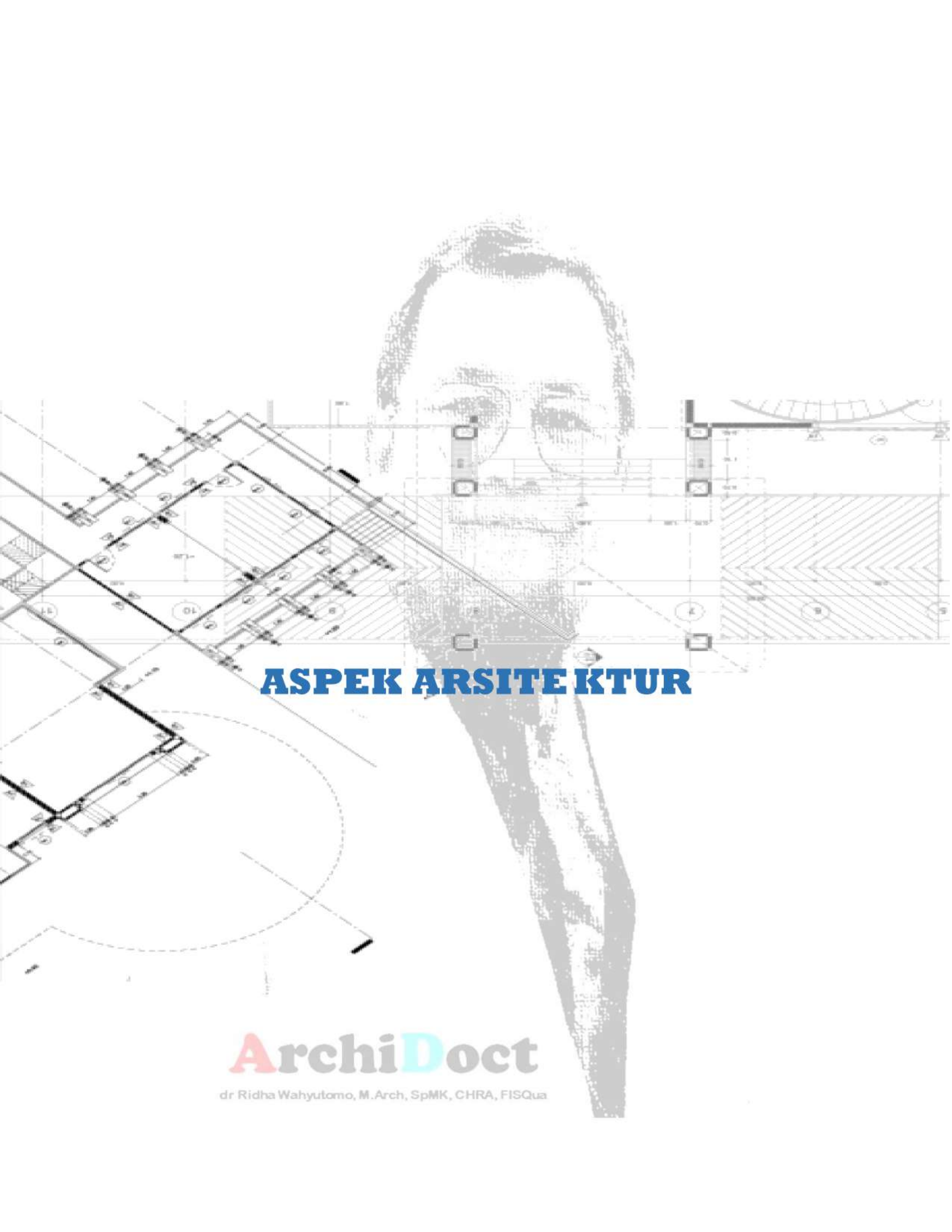


Yang harus diperjuangkan adalah
menjadi **kebaikan** dan dalam **kebenaran**,
bukan ada di kerumunan.
Ada orang yang berjalan sendiri, terasing,
tapi **tahu betul** arahnya dan itu lebih baik. **Daripada**
sekedar melaju Bersama angin ribut, hanyut dalam air keruh.

**Ruang Isolasi: Aspek Arsitektur, Aspek
Mikrobiologi, dan Aspek PPI**

(ISBN: 2022 978-623-5991-12-2)

The background of the slide is a grayscale architectural floor plan. Overlaid on this plan is a large, semi-transparent portrait of a man with dark hair and a beard, wearing a suit and tie. The portrait is centered vertically and horizontally, with its head near the top of the slide and its torso extending towards the bottom. The architectural drawing includes various lines, circles, and hatched areas, typical of a technical drawing.

ASPEK ARSITEKTUR

ArchiDoct

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

BAB I

KONSEP ISOLASI

Peran rumah sakit sebagai pelayanan kesehatan mempunyai potensi yang berlawanan yaitu menjadi pusat transmisi mikroorganisme patogen yang mengakibatkan infeksi. Rumah sakit menjadi tempat dengan potensi penyebaran infeksi yang relatif tinggi sebab berbagai mikroorganisme penyebab penyakit atau patogen berada di setiap unit di rumah sakit. Mikroorganisme patogen ini merupakan mikroorganisme yang dibawa oleh pasien sebagai penyebab infeksi yang didapat oleh pasien, juga mikroorganisme yang ditransmisikan kepada pasien lain, tenaga kesehatan, pengunjung, serta keluarga pasien melalui kegiatan setiap personil di rumah sakit. Transmisi yang akhirnya mengakibatkan infeksi tersebut dinamakan *Healthcare Associated Infections* (HAIs) yang menimbulkan dampak peningkatan kesakitan dan kematian, memperlama masa rawat di rumah sakit, dan akan berakibat terhadap pembiayaan perawatan. Data surveilan WHO di negara berkembang dengan pendapatan per kapita menengah sampai rendah, prevalensi HAIs berada di antara 5,7% dan 19,1%. Angka ini tidak terlalu jauh dari prevalensi HAIs di negara-negara Eropa berdasarkan ECDC (*The European Centre for Disease Prevention and Control*) rerata prevalensi HAIs mencapai 7.1%.

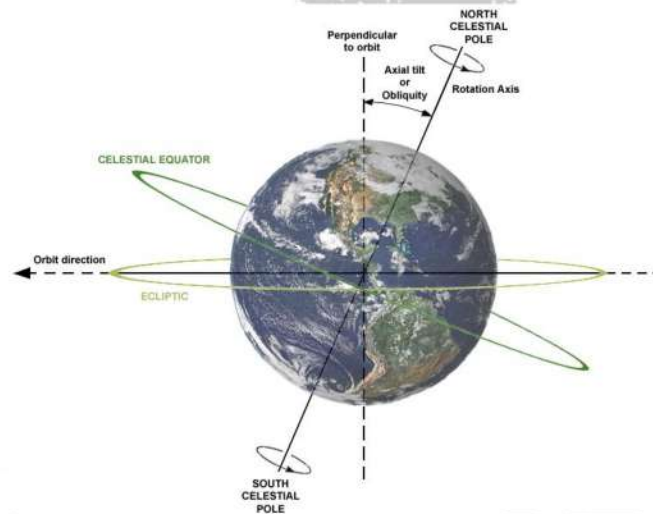
Ruang isolasi merupakan unit khusus dalam rumah sakit. Letak keistimewaannya adalah terkait fungsi ruang isolasi bagi pasien dengan kondisi infeksi maupun pasien dengan penurunan sistem kekebalan tubuh. Dengan fungsi tersebut maka tujuan ruang isolasi ada dua macam. Fungsi pertama yaitu sebagai ruang untuk penempatan bagi pasien dengan penyakit infeksi yang menular agar tidak menular kepada pasien lain, petugas, dan pengunjung. Sedangkan fungsi kedua untuk mencegah penularan dari luar ruang isolasi.

BAB II

PEMILIHAN LOKASI

Kondisi cuaca dan iklim di Indonesia sangat 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.

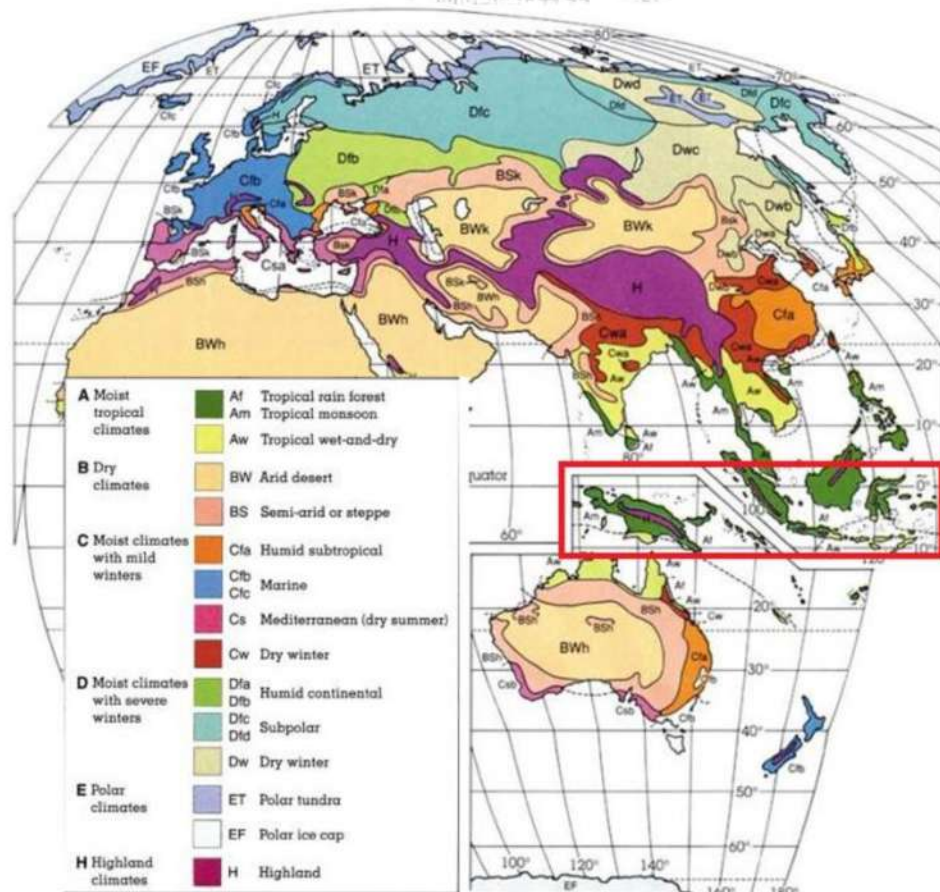


Gambar 1: Sumbu bumi 23,5 derajat

Sumber: <https://atauatauplanet-earth-2017.comatauheat-not-from-the-sunataufigure-10-axial-tilt-of-the-earthatau>

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. Kondisi iklim tropis lembab memerlukan persyaratan khusus dalam desain bangunan mengingat ada faktor-faktor yang timbul dari kondisi tersebut. Begitu pula dengan desain rumah sakit di Indonesia yang akan dipengaruhi oleh kondisi yang hanya dijumpai secara khusus pada iklim tersebut, sehingga teori-teori arsitektur, komposisi, bentuk, fungsi bangunan, citra bangunan dan nilai-nilai estetik bangunan yang berbentuk akan sangat berbeda dengan kondisi yang ada di wilayah lain yang berbeda kondisi iklimnya.



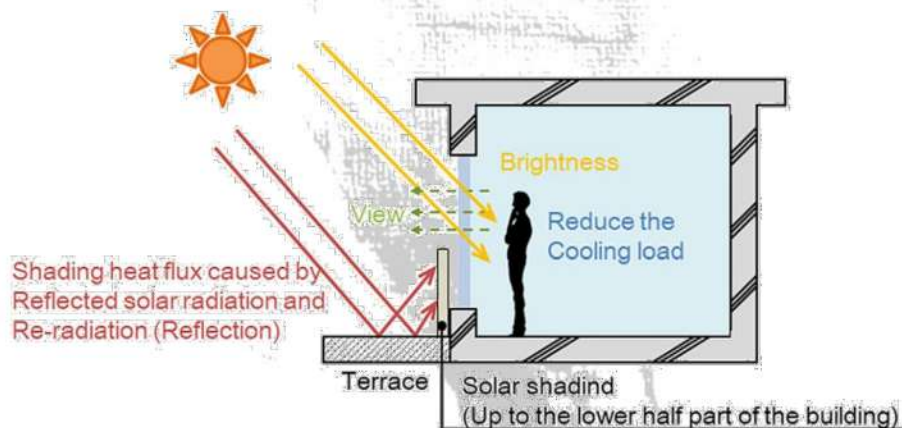
Gambar 2: Klasifikasi Koppen Iklim Dunia

Sumber: Rohli and Vega, 2012

Ada beberapa aspek iklim yang dapat ditinjau dan dipertimbangkan dalam pembangunan ruang isolasi:

1. Aspek intensitas panas matahari

Radiasi matahari mencakup unsur sinar dan panas sebagaimana hukum dasar fisika bahwa sinar akan membawa energi panas. Masuknya panas dari matahari ke bangunan merupakan hal penting terutama terkait pendinginan ruang. 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 peletakkan ventilasi di sepanjang sisi Utara dan Selatan sebagai sisi panjang yang akan melepaskan udara lembab.

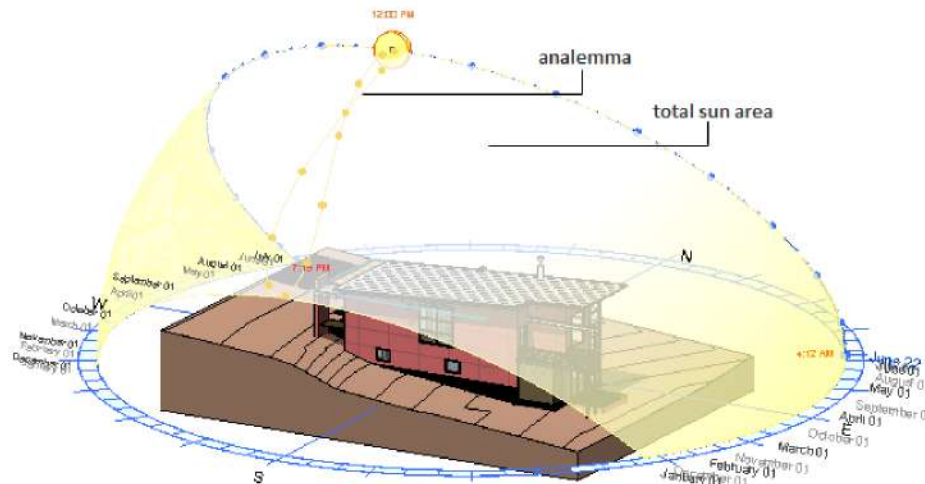


Gambar 4: Konsep radiasi matahari dan peneduhan

Sumber: http://atautauwww.med.uottawa.ca/atauSIMataudataatauPub_Infectious_e.htm#epi_triad

2. Aspek lintasan matahari (*sun path*)

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).



Gambar 5: Sun Path

Sumber: <https://atautauknowledge.autodesk.com/atausupportataurevitataulearn-exploreataucaasatauCloudHelpatauccloudhelpatau2019atauENUatauRevit-AnalyzeataufilesatauGUID-CA024825-3211-4354-AC06-D81751AADA1A-htm.html>

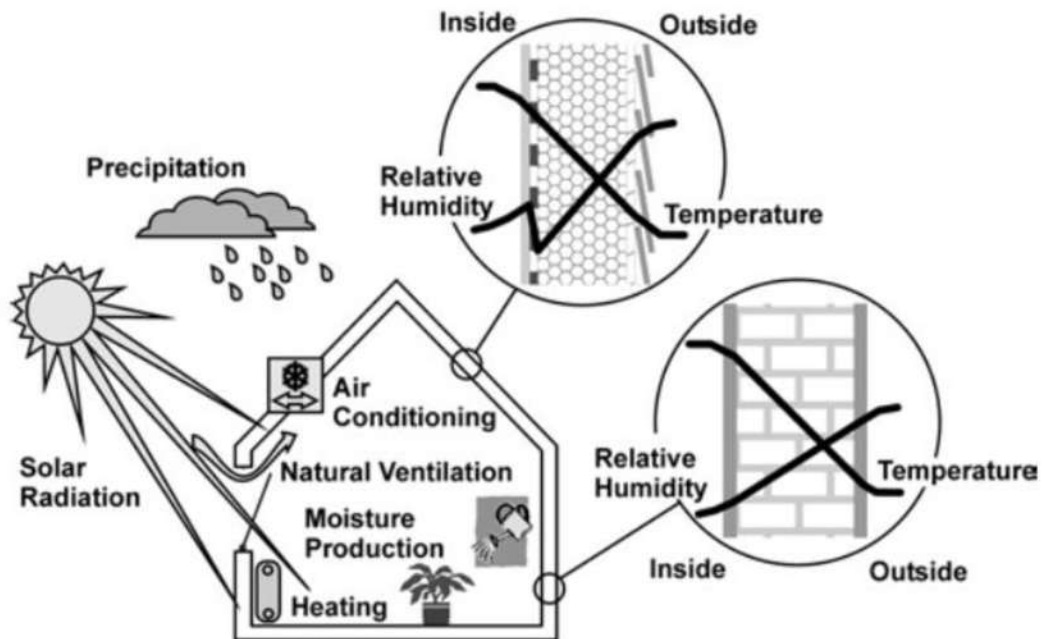
3. Aspek curah hujan

Iklim tropis lembab terkait curah hujan tinggi yang memberikan kontribusi partikel air di udara membentuk kondisi kelembaban. Bangunan pada daerah bercurah hujan tinggi dirancang untuk mencegah penumpukan air hujan agar tidak berlebih, mengalirkan ke lokasi tertentu agar tidak mengenai selubung dan masuk ke bukaan, serta mengurangi efek angin yang kadang kencang bersamaan dengan hujan. Oleh karena hal tersebut maka dibuat bentuk miring pada atap.

4. Kelembaban

Ciri utama iklim tropis lembab adalah panas dan kelembaban tinggi sepanjang hari dan sepanjang tahun. Iklim yang lembab di dalam sebuah bangunan akan menciptakan ketidaknyamanan pada badan. Terjadi peningkatan pengeluaran keringat tubuh sebagai mekanisme fisiologi tubuh berupa evaporasi cairan tubuh ke udara. Pada saat daya serap udara atas uap air telah jenuh maka akan memunculkan

kelembaban yang direspon tubuh dengan rasa lengket. Teknik yang digunakan untuk menurunkan kelembaban menggunakan alat dehumidifier.



Gambar 6: Konsep panas dan kelembaban
Sumber: Künzeli, Holm, Zirkelbach and Karagiozis, 2005

BAB III

TATA UDARA RUANG ISOLASI

Pendahuluan

Arsitektur berkelanjutan dijelaskan sebagai filosofi pemikiran dan tindakan jangka panjang termasuk proses pemrograman bangunan, penggunaan, manajemen sepanjang kehidupan ekonominya, penghancuran bangunan atau penggunaan kembali.

Tujuan dari arsitektur berkelanjutan:

- a. Desain bangunan tahan lama yang dapat beradaptasi dengan kondisi fleksibel dan berubah-ubah.
- b. Penggunaan yang efisien dari sumber daya alam yang terbatas.
- c. Penggunaan sumber energi terbarukan.
- d. Pengurangan limbah.
- e. Meminimalkan risiko kesehatan dan keselamatan.
- f. Memastikan kualitas udara dalam ruangan yang sehat.
- g. Mengambil tindakan untuk mengurangi pencemaran lingkungan.
- h. Perlindungan keanekaragaman hayati.

Dalam tujuan arsitektur berkelanjutan tersebut dengan jelas ditekankan tentang kualitas udara dalam ruangan yang sehat termasuk bangunan rumah sakit yang mempunyai kekhususan sangat berbeda dan tidak ditemui di bangunan gedung umum lainnya. Suasana rumah sakit identik dengan para pasien yang datang dengan beragam penyakit dan masalah kesehatan termasuk penyakit infeksi yang bisa ditransmisikan antar individu. Selain itu jam kerja di rumah sakit berlangsung 24 jam dalam sehari dan 7 hari dalam sepekan. Kondisi ini berarti membutuhkan pengkondisian udara yang terus menerus dengan sistem tata udara. Sistem harus

memberikan pasokan udara yang hampir bebas dari debu, bau, kimia dan polutan radioaktif. Dalam beberapa kasus, udara luar berbahaya untuk kondisi pasien yang menderita penyakit pada sistem kardiovaskuler dan pernafasan. Oleh karena itu sistem yang memberikan udara selang seling (*intermittent*) dari resirkulasi maksimum yang diijinkan perlu dipertimbangkan.

Mengingat rumah sakit bisa dikatakan sebagai pusat sumber dari berbagai jenis mikroorganisme. Setiap fungsi ruangan membutuhkan pengkondisian udara yang berbeda-beda tingkat kebersihannya. Pengkondisian udara di rumah sakit mempunyai peran yang lebih penting dari sekedar promosi kenyamanan. Dalam banyak kasus, pengkondisian udara yang tepat merupakan faktor terapi pasien dan dalam beberapa kasus merupakan pengobatan utama.

Faktor udara memegang peranan penting pada transmisi mikroorganisme. Indikator kualitas udara ruang pada rumah sakit, salah satunya ialah jumlah kuman udara. Pengkondisian udara di rumah sakit memiliki tujuan dalam menciptakan kenyamanan dan keamanan bagi pasien, tenaga kesehatan, dan pengunjung. Salah satu lokasi di rumah sakit yang menjadi sasaran dalam penataan udara dan merupakan sumber terjadinya *Healthcare Associated Infections* (HAIs) adalah ruang isolasi yang saat buku ini disusun, menjadi fokus perhatian rumah sakit terkait pandemi COVID-19. Munculnya emerging diseases sejak tahun 2002 hingga sekarang, dari SARS, H5N1, H1N1, MERS CoV, dan terakhir adalah COVID-19 yang keseluruhannya merupakan kasus transmisi droplet dan airborne sehingga menyebabkan rumah sakit harus menyiapkan ruang isolasi.

Istilah-Istilah Dasar

Ada beberapa istilah yang perlu dijelaskan dalam bab ini sebagai pijakan dalam memahami tata udara rumah sakit, khususnya ruang isolasi.

1. Sistem tata udara

Kesatuan perangkat yang mengatur pengkondisian udara di dalam bangunan dengan tujuan terciptanya kondisi ruangan yang nyaman dan aman. dengan mengatur besaran termal seperti temperatur dan kelembaban relatif, serta kesegaran dan kebersihannya, sedemikian rupa sehingga diperoleh kondisi ruangan yang nyaman.

2. Pengkondisian udara

Penataan dan pengolahan udara yang meliputi faktor ventilasi, tekanan, masukan udara luar, saluran udara keluar, filter udara, temperatur ruangan, kelembaban relatif, kualitas udara, aliran udara dan sebarannya.

3. Masukan udara luar (*Outdoor Intake*)

Pembukaan atau saluran masuk dimana udara luar dibawa ke sistem pendingin udara atau ke ruang mekanik (*boiler room*).

4. Tempat udara keluar (*Outlet Pembuangan*), dapat disebut juga *exhaust opening*. Merupakan bukaan di mana udara dikeluarkan dari sebuah ruang.

5. Filter udara

Perangkat yang digunakan untuk menghilangkan polutan di dalam udara.

Hal-hal Pemengaruh Tata Udara

1. Aspek pergerakan udara

Pada ruang isolasi, pergerakan udara diatur dengan pengaturan tekanan negatif sehingga aliran dari koridor bergerak ke dalam ruang perawatan pasien. Untuk menjaga aliran udara dan tekanan maka tidak ada jendela yang dapat dibuka sehingga udara tetap kedap dan diatur menggunakan *HEPA Filter*.

Aliran udara diukur menggunakan vane anemometer dengan satuan kilometer per jam (km/h) yang kemudian dikonversi menjadi satuan meter per detik (m/s). Kemudian masuk ke dalam rumus untuk menentukan pergantian udara per jam nya atau ACH (*Air Change per Hour*).

$$ACH = (v \times \text{Luas Penampang Exhaust fan} \times 3600) \text{ atau } V$$

Keterangan:

v: Volume Ruangan diukur dengan satuan meter kubik (m³).

Luas penampang *Exhaust fan* diukur dengan satuan dalam meter (m).

V: Velocity diperoleh dari anemometer, diukur dalam satuan meter per detik (m/s).

2. Pembatasan pergerakan panas

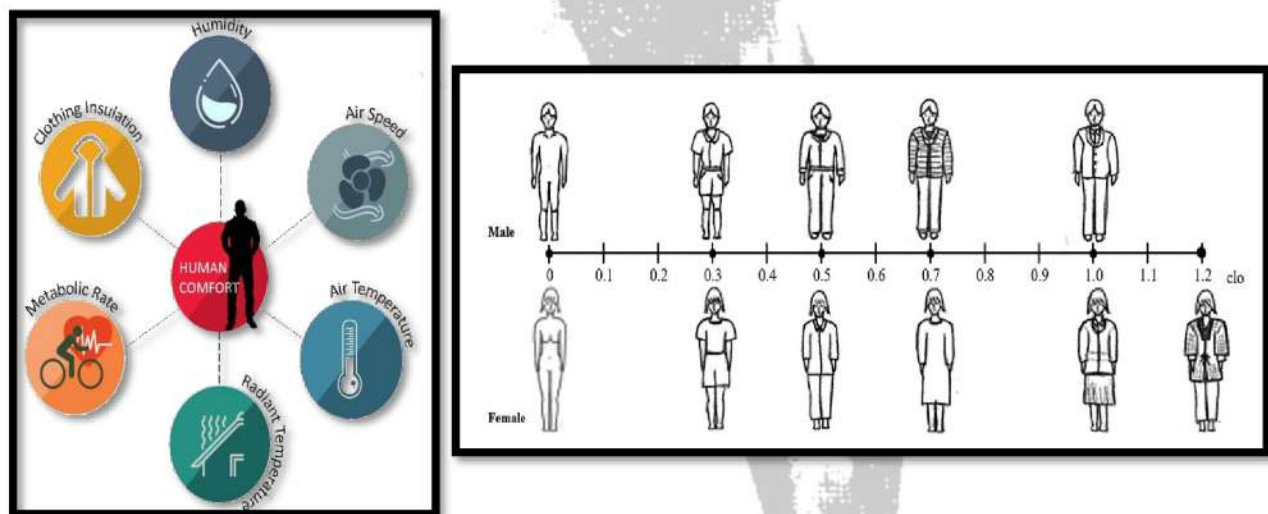
Dalam pergerakan panas secara fisika selalu bergerak ke atas dimana pergerakan tersebut akan diatur baik yang berasal dari dalam ruang maupun menuju ke dalam ruang. Pada iklim tropis lembab, panas dari luar bangunan dicegah untuk tidak masuk sedangkan panas di dalam ruang digerakkan ke luar dengan bantuan udara luar dan udara dingin yang secara fisika bergerak ke bawah akan masuk sehingga penghawaan yang sesuai dengan iklim tropis lembab tercapai.

3. Kelembaban

Ciri utama iklim tropis lembab adalah panas dan kelembaban tinggi sepanjang hari dan sepanjang tahun. Iklim yang lembab di dalam sebuah bangunan akan menciptakan ketidaknyamanan pada badan. Terjadi peningkatan pengeluaran keringat tubuh sebagai mekanisme fisiologi tubuh berupa evaporasi cairan tubuh ke udara. Pada saat daya serap udara atas uap air telah jenuh maka akan memunculkan kelembaban yang merespon tubuh dengan rasa lengket. Teknik yang digunakan untuk menurunkan kelembaban menggunakan alat *dehumidifier*.

4. 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 (matau), 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.

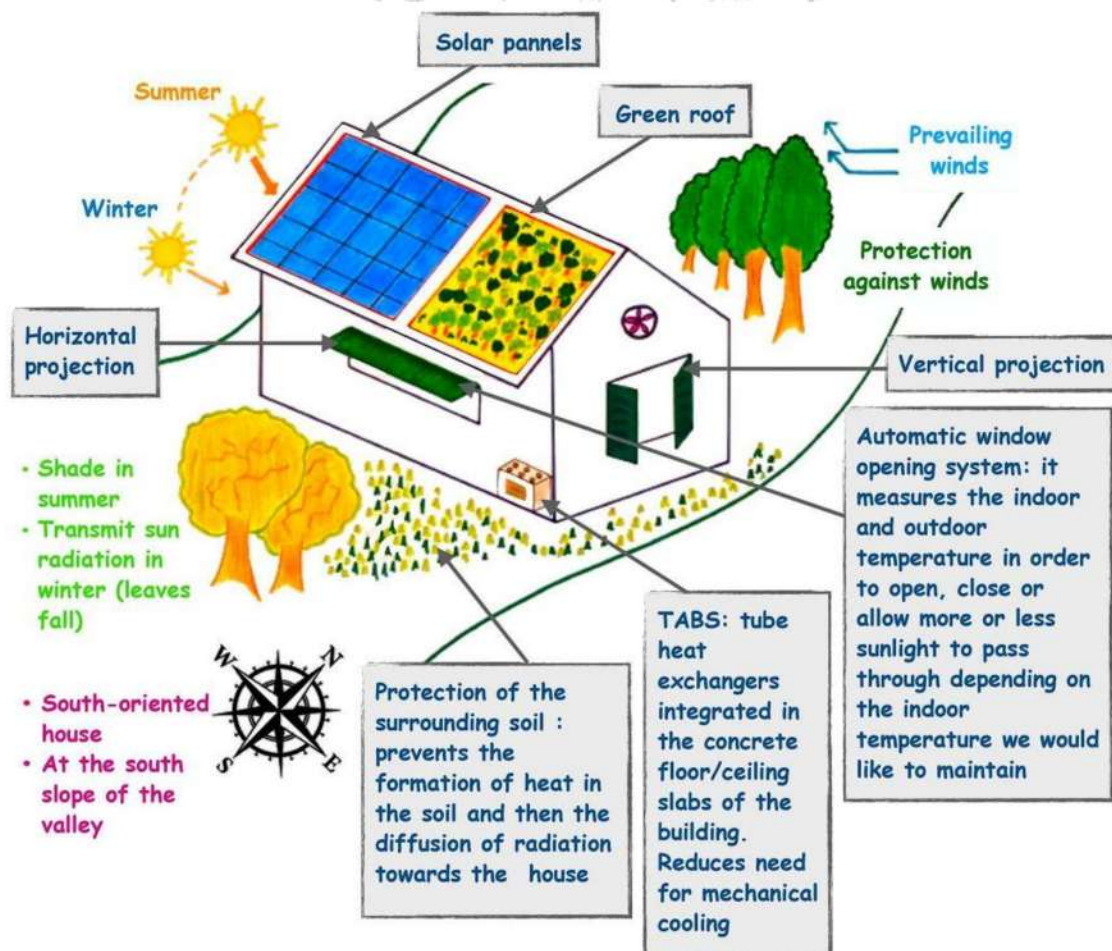


Gambar 8: Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal dan insulasi pakaian

Sumber: Kamarul Aini et al., 2019; Rijal, Humphreys and Nicol, 2019

Usaha untuk mendapatkan kenyamanan termal terutama adalah mengurangi perolehan panas, memberikan aliran udara yang cukup dan membawa panas keluar bangunan serta mencegah radiasi panas, baik radiasi langsung matahari maupun dari permukaan dalam yang panas. Perolehan panas dapat dikurangi dengan menggunakan bahan atau material yang mempunyai daya tahan terhadap panas yang besar, sehingga laju aliran panas yang menembus bahan tersebut akan terhambat.

Oleh sebab itu sumber cahaya seharusnya mengambil dari pencahayaan alami dengan memasukkan terang langit.



Gambar 9: Orientasi bangunan dan faktor kenyamanan termal

Sumber: <https://atautauwww.epfl.ch/ataulabs/atauhobelatau1048-2/atautau>

BAB IV

KONSEP TEKANAN UDARA

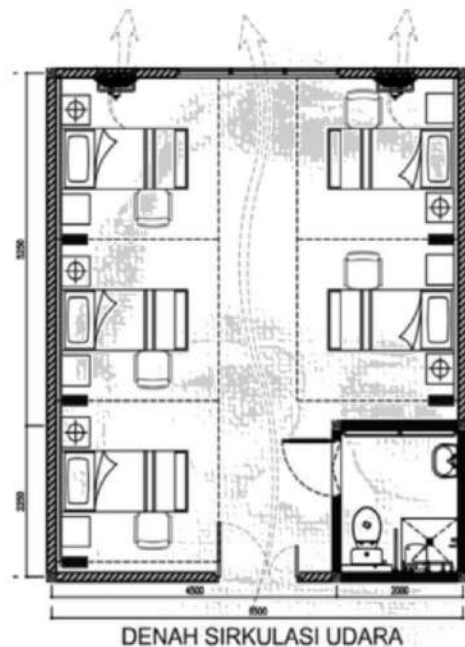
Hal terpenting terkait desain ruang isolasi adalah penataan udara sesuai tujuan pembangunan ruang isolasi yang pada prinsipnya untuk melindungi petugas kesehatan, pasien dan pengunjung di rumah sakit dari transmisi mikroorganisme yang melibatkan udara. Penataan udara di ruang isolasi ini dicapai dengan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

- a) Pengendalian udara masuk dan udara keluar ruang isolasi, baik secara kualitas maupun kuantitasnya.
- b) Proses reduksi unsur mikroorganisme dalam udara.
- c) Pengaturan tekanan udara ruang isolasi, anteroom, dan ruang koridor.
- d) Perancangan aliran udara.
- e) Penetapan desain ruang isolasi.

Penetapan desain ruang isolasi terutama meliputi pengaturan tekanan dimana ada tiga klasifikasi ruang isolasi yaitu:

- a. Ruangan isolasi tipe tekanan standar (kelas S), merupakan ruang isolasi dengan memanfaatkan tekanan alami udara normal. Pada tipe ini tidak ada perbedaan tekanan antara ruang isolasi perawatan pasien dengan koridor penghubung ruangan. Ruangan dengan desain S digunakan untuk pasien yang membutuhkan isolasi kontak, droplet atau airborne dimana pengaturan tekanan

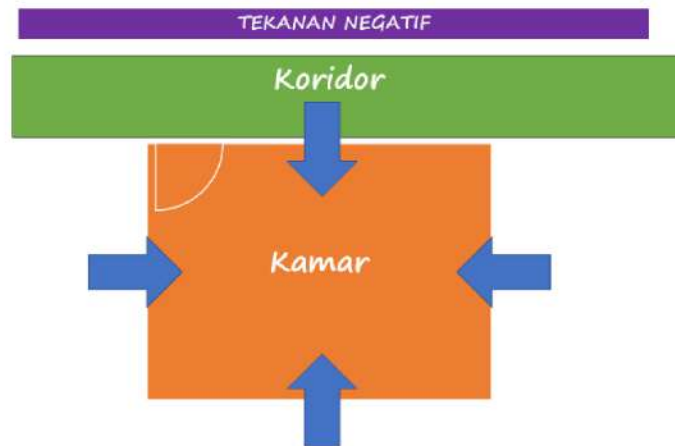
tidak dapat dilakukan oleh rumah sakit karena kendala biaya pembuatan dan operasional.



Gambar 10: Sirkulasi Udara pada Ruangan Rawat Isolasi Tipe S

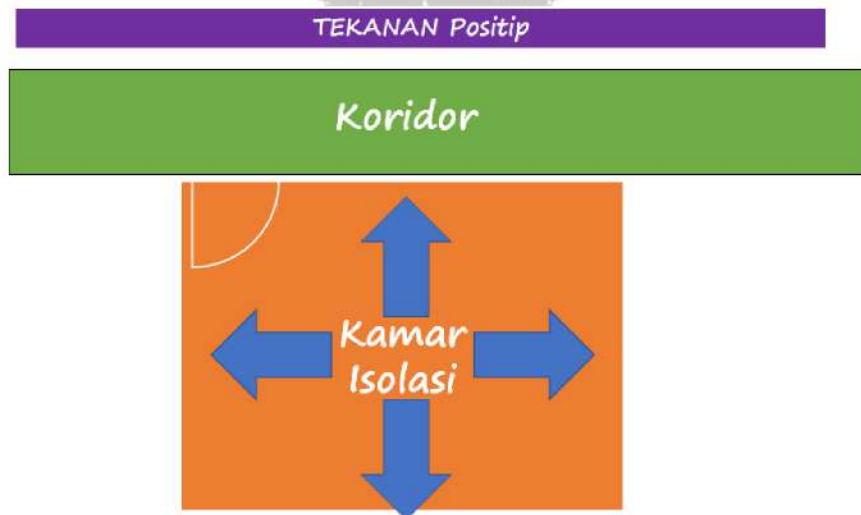
Sumber: Manullang et al., 2015

- b. Ruangan isolasi tipe tekanan negatif (kelas N), merupakan ruang isolasi yang diatur sehingga tekanan di dalam ruang isolasi perawatan pasien lebih rendah dibandingkan dengan tekanan di koridor penghubung ruangan. Ruangan isolasi tekanan negatif digunakan untuk pasien yang membutuhkan isolasi *droplet* melalui udara. Pasien ditempatkan di ruang tekanan negatif untuk mengurangi penularan penyakit melalui rute udara.



Gambar 11: Arah udara ruang isolasi bertekanan negatif
Sumber: dokumen pribadi

- c. Ruangan isolasi tipe tekanan positif (kelas P), dimana tekanan di dalam ruang isolasi perawatan pasien dibuat lebih tinggi dibandingkan koridor. (*Victorian Advisory Committee on Infection Control*, 2007). Ruang ini diperuntukkan bagi pasien dengan penurunan sistem kekebalan tubuh atau *immuno-compromised* seperti pasien AIDS, leukemia, dan luka bakar.



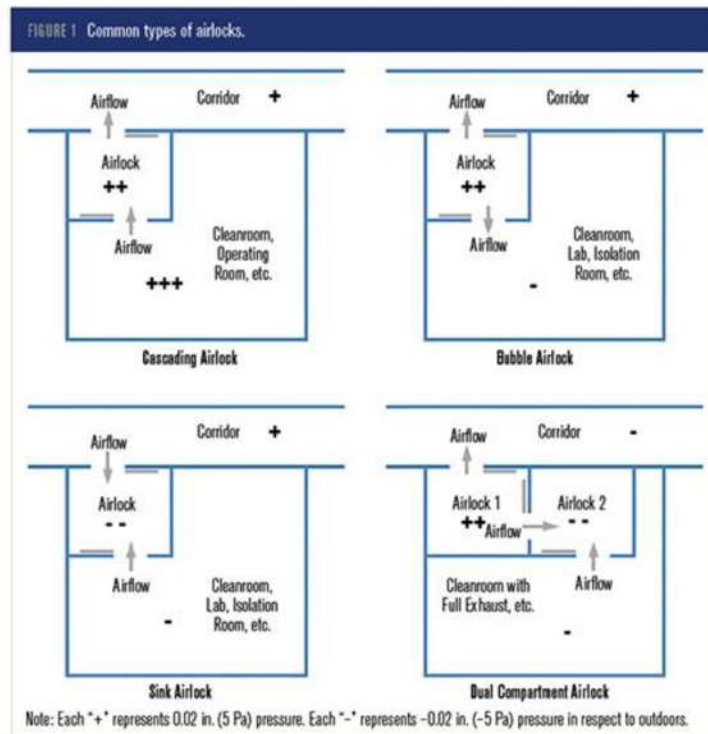
Gambar 12: Arah udara ruang isolasi bertekanan positif
Sumber: dokumen pribadi

Untuk mengetahui jenis tekanan dan besarnya tekanan, maka dilakukan pengamatan pada *magnehelic*. Gambar 12 menunjukkan *magnehelic* di ruang perawatan yang memiliki tekanan negatif, ditandai dengan jarum *magnehelic* menunjuk ke arah kiri, ke angka 5 *pascal*. Artinya kamar 1 memiliki tekanan negatif sebesar -5 *pascal*.



Gambar 13: *Magnehelic* Kamar isolasi, Tekanan -5 Pascal
Sumber: dokumen pribadi

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 14: *Air lock*

Sumber: <https://ata.ashrae.org/technical-resources/ashrae-journal/featured-articles/cleanroom-airlock-performance-and-beyond>

BAB V

DESAIN BANGUNAN

Konsep Dasar Desain

Desain suatu bangunan meliputi penataan ruang dan interior ruang. Kedua unsur ini pada akhirnya menjadi satu kesatuan desain ruang. Penataan ruang mengatur alokasi ruang, ukuran ruang, dan elemen yang mendukung fungsi ruang tersebut.

Sedangkan dalam bukunya, Francis D.K. Ching menyatakan bahwa desain interior merupakan proses merencanakan, menata, dan merancang ruang dalam bangunan. Desain interior adalah karya arsitek yang menyangkut bagian dalam dari suatu bangunan. Desainnya sejalan dengan perkembangan ilmu dan teknologi yang dalam proses perancangan selalu dipengaruhi unsur-unsur geografi setempat dan kebiasaan atau adat atau pranata sosial. Elemen-elemen desain interior membentuk sebuah ruang yang dapat memisahkan ruang dalam dari ruang luar.

Elemen-elemen desain interior tersebut adalah :

1. Lantai

Adalah bidang ruang interior yang datar dan mempunyai dasar yang rata. Sebagai bidang dasar yang menyangga aktivitas interior dari furniture yang ada, lantai harus terstruktur sehingga mampu memikul beban tersebut dengan aman, dan permukaannya harus kuat untuk menahan semua beban yang berada di atasnya baik manusia ataupun beban mati.

2. Dinding

Adalah elemen arsitektur yang penting untuk setiap bangunan. Secara tradisional, dinding telah berfungsi sebagai struktur pemikul lantai di atas permukaan tanah, langit-langit dan atap. Dinding adalah elemen utama yang

dengannya terbentuk ruang interior. Bersama dengan bidang lantai dan langit-langit, dinding mengendalikan ukuran dan bentuk ruang. Dinding juga dapat dilihat sebagai penghalang yang merupakan batas sirkulasi, memisahkan satu ruang dengan ruang di sebelahnya, dan menyediakan privasi visual maupun akustik bagi pemakainya.

3. **Langit-langit (*plafond*)**

Adalah elemen yang menjadi naungan dalam desain interior, dan menyediakan perlindungan fisik maupun psikologis untuk semua yang ada di bawahnya. Meskipun berada di luar batas jangkauan tangan kita dan tidak digunakan seperti halnya lantai dan dinding, langit-langit memainkan peran visual penting dalam pembentukan ruang interior dan dimensi vertikalnya.

4. **Jendela**

Merupakan elemen dari desain arsitektur dan interior yang menghubungkan, baik secara visual dan fisik, satu ruang ke ruang lain maupun bagian dalam ruangan dengan ruang luar seperti halaman atau pun view lainnya.

5. **Pintu**

Jalan masuk memungkinkan akses fisik untuk manusia, perabot, dan barang-barang untuk masuk dan keluar bangunan dan dari satu ruang ke ruang lain di dalam bangunan. Melalui desain, konstruksi dan lokasinya, pintu dan jalan masuk dapat mengendalikan penggunaan ruang, pandangan dari satu ruang ke ruang berikutnya dan masuknya cahaya, suara, udara hangat dan udara sejuk.

6. **Tangga**

Tangga merupakan sarana sirkulasi vertikal antara lantai-lantai dari suatu bangunan. Dua kriteria fungsional terpenting dalam pembuatan desain tangga adalah keselamatan dan kemudahan untuk dinaiki dan dituruni.

7. **Perabot**

Adalah salah satu kategori elemen desain yang pasti selalu ada di hampir semua desain interior. Perabot menjadi perantara antara arsitektur dan manusianya. Menawarkan adanya transisi bentuk dan skala antara ruang interior dan masing-masing individu.

8. **Pencahayaan Lampu**

Merupakan bagian yang tak terpisahkan dari sistem elektrik bangunan, mengubah energi menjadi pencahayaan yang berguna.

9. **Dekorasi**

Dekorasi atau aksesoris dalam desain interior merujuk pada benda-benda yang memberi kekayaan estetika dan keindahan dalam ruang. Aksesoris yang dapat menambah kekayaan visual dan rasa pada suatu tatanan interior dapat berupa alat-alat dan obyek-obyek yang memang berguna, elemen-elemen dan kelengkapan arsitektur, benda seni dan tanaman



Gambar 15: Interior yang tertata simetri

Sumber: <http://atauatautheinterioreditor.comatauinterior-designatauabalance-how-it-works-an-interior-design-principleatau>

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



Gambar 16: Interior yang tertata asimetri

Sumber: <http://atauatautheinterioreditor.comatauinterior-designatauabalance-how-it-works-an-interior-design-principleatau>

Persyaratan Arsitektur Ruang Isolasi

A. Kebutuhan Ruang

Ruang isolasi diperuntukkan bagi pasien menderita penyakit menular, pasien yang rentan terkena infeksi, pasien menderita penyakit yang menimbulkan bau (seperti tumor, ganggren, dan diabetes), dan untuk pasien yang menderita penyakit yang mengeluarkan suara dalam ruangan misalnya pasien gaduh histeris. Kebutuhan ruang pada daerah rawat pasien, terdiri dari :

1. Ruang administrasi.

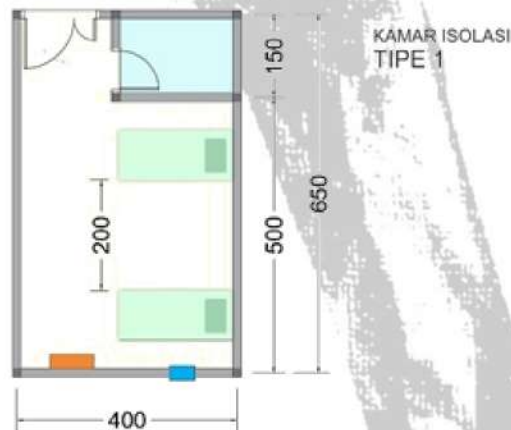
Ruang untuk menyelenggarakan kegiatan administrasi khususnya pelayanan pendaftaran dan rekam medik internal pasien di ruang isolasi. Ruang ini berada pada bagian depan ruang isolasi dengan dilengkapi loket, meja kerja, lemari berkasatauarsip dan

telepon atau interkom.

2. Ruang untuk tempat tidur pasien.

Persyaratan umum:

- Ruang tempat tidur berfungsi untuk merawat pasien lebih dari 24 jam, dalam keadaan yang sangat membutuhkan pemantauan khusus dan kontinyu.
- Ruang pasien harus dirancang untuk menunjang semua fungsi perawatan yang penting.
- Luas lantai yang digunakan untuk setiap tempat tidur pasien dapat mengakomodasi kebutuhan ruang dari semua peralatan dan petugas yang berhubungan dengan pasien untuk kebutuhan perawatan. Harus diingat jarak antar tempat tidur adalah ≥ 1 meter sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2017 Tentang Pedoman PPI Di Fasilitas Pelayanan Kesehatan.



Gambar 17: Contoh penataan tempat tidur di ruang isolasi

Sumber: dokumen pribadi

- Desain ruang isolasi dengan luas lantainya 16 m²- 20 m² per kamar.
- Tombol alarm harus ada pada setiap *bedside* di dalam ruang rawat

pasien. Sistem alarm sebaiknya terhubung secara otomatis ke pusat telekomunikasi rumah sakit, pos sentral perawat (*nurse station*), ruang pertemuan di area ruang isolasi, ruang istirahat petugas ruang isolasi, dan setiap ruang panggil. Perletakan alarm ini harus dapat terlihat.

- f. Pencahayaan alami harus optimal.
- g. Sebaiknya memaksimalkan jumlah jendela sebagai sarana visual untuk menguatkan orientasi pada siang dan malam hari. Jendela sebaiknya tahan lama, tidak menyimpan debu dan mudah dibersihkan dan harus dibersihkan secara rutin.
- h. Daerah rawat pasien harus teduh, dan tidak silau, harus mudah dibersihkan, tahan api, bersih debu dan kuman, dan dapat digunakan sebagai peredam suara dan dapat mengontrol tingkat pencahayaan.
- i. Rasio kebutuhan tempat tidur di ruang isolasi dipengaruhi oleh :
 - Jumlah total tempat tidur pasien di rumah sakit.
 - Jumlah kasus yang memerlukan pelayanan perawatan intensif.Untuk rumah sakit, diasumsikan jumlah ruang isolasi dapat diadakan sekitar 10% dari jumlah total tempat tidur di rumah sakit tergantung jenis penyakit infeksi yang ditemukan di komunitas. Beberapa negara atau kondisi seperti pandemi kemungkinan membutuhkan lebih banyak ruang isolasi. Anjuran dari *Oxford Regional Health Authority* adalah 1 ruang isolasi tiap 100 kasus Tuberkulosis pertahun.
- j. Pintu dan partisi pada ruang isolasi terbuat dari kaca minimal setinggi 100 cm dari permukaan lantai agar pasien terlihat dari pos perawat.

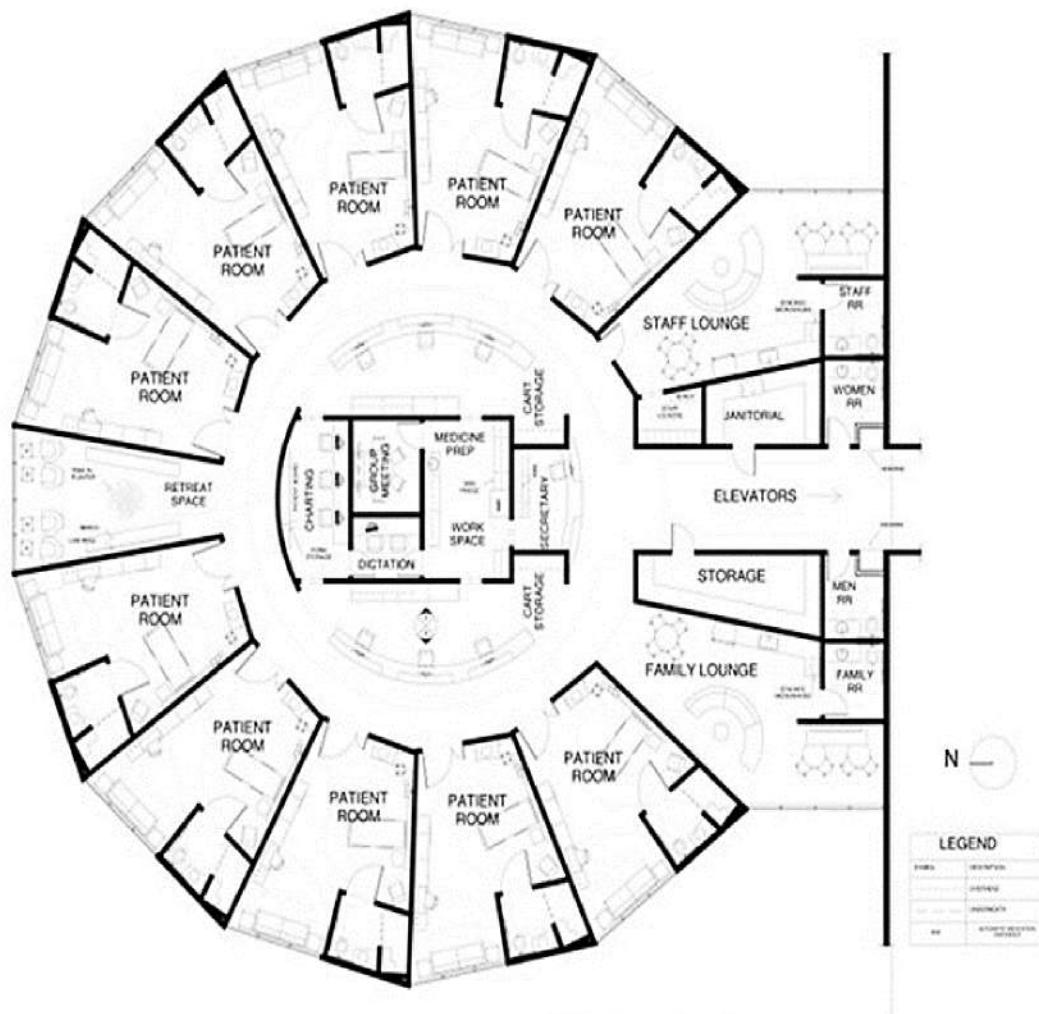


Gambar 18: Ruang isolasi dengan akses jendela ke taman
Sumber: dokumen pribadi

3. Pos sentral perawat (*Nurse Central Station*)

- a. Pos sentral perawat adalah tempat untuk memonitor perkembangan pasien ruang isolasi selama 24 jam, sehingga apabila terjadi keadaan darurat pada pasien segera diketahui dan dapat diambil tindakan terhadap pasien.
- b. Letak pos perawat harus dapat menjangkau seluruh pasien.
- c. Pos stasiun perawat sebaiknya memberikan ruangan yang nyaman dan berukuran cukup untuk mengakomodasi seluruh fungsi yang penting.
- d. Pos stasiun perawat harus mempunyai pencahayaan cukup, dan dilengkapi jam dinding.

- e. Kepala perawat sebaiknya mempunyai ruang kerja tersendiri. Pos perawat (*nurse station*) dilengkapi dengan lemari penyimpanan barang habis pakai dan obat.



Gambar 19: Ruang isolasi sirkular dengan nurse station ada di tengah
Sumber: Morelli A, 2007

4. Ruangan dokter jaga

- Ruangan kerja dan istirahat dokter dilengkapi dengan sofa, wastafel, dan toilet
- Ruangan ini dilengkapi sistem komunikasi internal dan sistem alarm.

- c. Ruang istirahat petugas.
- d. Ruang istirahat petugas medik dilengkapi dengan sofa, wastafel, dan toilet.
- e. Ruang istirahat petugas medik harus berada dekat dengan ruang rawat pasien ruang isolasi.
- f. Ruang ini sebaiknya memberikan keleluasaan, kenyamanan, dan lingkungan yang santai.
- g. Ruangan ini dilengkapi sistem komunikasi internal dan sistem alarm.

5. Pantri.

Daerah untuk menyiapkan makanan dan minuman untuk petugas, dilengkapi meja untuk menyiapkan makanan, *freezer*, bak cuci dengan kran air dingin dan air panas, *microwave* dan atau kompor, dan lemari pendingin.

6. Ruang penyimpanan alat medik.

- a. Ruang penyimpanan alat medik berfungsi sebagai penyimpanan peralatan medik yang setiap saat diperlukan dan belum digunakan.
- b. Peralatan yang disimpan di ruangan ini harus dalam kondisi siap pakai dan dalam kondisi yang sudah disterilisasi.
- c. Alat-alat yang disimpan dalam ruangan ini antara lain respirator atau ventilator, alat atau mesin hemodialisa (HD), *mobile X-ray*, monitor pasien, *syringe pump*, *infusion pump*, *defibrillator* dan lain-lain.
- d. Ruang sebaiknya cukup besar untuk memudahkan akses, lokasinya mudah untuk mengeluarkan peralatan .

- e. Kotak kontak listrik sebaiknya tersedia di dalam ruang dengan kapasitas yang cukup.

7. Ruang utilitas bersih.

- a. Ruang utilitas bersih dan kotor harus ruang terpisah yang tidak saling berhubungan.
- b. Lantai sebaiknya ditutup dengan bahan tanpa sambungan untuk memudahkan pembersihan.
- c. Ruang utilitas bersih sebaiknya digunakan untuk menyimpan obat-obatan, semua barang-barang yang bersih dan steril, dan boleh juga digunakan untuk menyimpan linen bersih.
- d. Rak dan lemari untuk penyimpanan harus diletakkan cukup tinggi dari lantai untuk memudahkan akses pembersihan lantai yang ada di bawah rak dan lemari tersebut.
- e. Tempat penyimpanan instrumen dan bahan perbekalan yang diperlukan, termasuk untuk barang-barang steril.

8. Ruang utilitas kotor

- a. Ruang utilitas bersih dan kotor harus ruang terpisah yang tidak saling berhubungan.
- b. Ruang utilitas kotor harus menghadap ke luar atau berada di luar ruang rawat pasien Ruang Isolasi ke arah koridor kotor.
- c. Ruang utilitas kotor tempat membuang kotoran bekas pelayanan pasien khususnya yang berupa cairan.
- d. Ruang ini temperaturnya harus terkontrol, dan pasokan udara dari ruang utilitas kotor harus dibuang ke luar.
- e. Ruang utilitas kotor harus dilengkapi dengan *spoelhoek* dan selang

pembilas serta pembuangan air limbahnya disalurkan instalasi pengolahan air limbah RS.

- f. *Spoelhoek* adalah fasilitas untuk membuang kotoran bekas pelayanan pasien khususnya yang berupa cairan. *Spoelhoek* berupa bak atau kloset yang dilengkapi dengan leher angsa (*water seal*).
- g. Pada ruang *spoolhoek* juga harus disediakan kran air bersih untuk mencuci wadah kotoran pasien. Ruang *spoolhoek* ini harus menghadap keluar atau berada di luar ruang rawat pasien ruang isolasi ke arah koridor kotor.
- h. Saluran air kotor atau limbah dari *spoolhoek* dihubungkan ke jaringan IPAL.
- i. Kontainer tertutup yang terpisah harus disediakan untuk linen kotor dan limbah padat.
- j. Kontainer khusus sebaiknya disediakan untuk buangan jarum suntik dan barang-barang tajam lainnya.

9. Ruangan kepala ruang isolasi

Ruang kerja dan isitirahat kepala perawat dilengkapi sofa, meja dan kursi kerja.

10. Parkir troli.

Tempat untuk parkir troli selama tidak ada kegiatan pelayanan pasien atau selama tidak diperlukan.

11. Ruang ganti penunggu pasien dan ruang ganti petugas.

- a. Pada tempat ganti pakaian disediakan area untuk meletakkan sepatu atau alas kaki sebelum masuk daerah rawat pasien dan

sebaliknya setelah keluar dari ruang rawat pasien, yang diperuntukkan bagi staf medis maupun non medis dan pengunjung.

- b. Fasilitas mencuci tangan untuk pengunjung pasien dan untuk petugas harus disediakan, lengkap dengan sabun antiseptik.
- c. Kontainer atau wadah khusus baju pelindung bekas pakai harus disediakan, karena baju pelindung tidak boleh digunakan lebih dari sekali.

12. Ruang tunggu keluarga pasien.

- a. Tempat keluarga atau pengantar pasien menunggu. Tempat ini perlu disediakan tempat duduk dengan jumlah sesuai dengan aktivitas pelayanan pasien yang dilaksanakan di ruang isolasi. Disarankan untuk menyediakan pesawat televisi.
- b. Letak ruang tunggu pengunjung dekat dengan ruang isolasi dan di luar ruang rawat pasien.
- c. Akses pengunjung sebaiknya dikontrol dari ruang resepsionis.
- d. Rasio kebutuhan jumlah tempat duduk keluarga pasien adalah 1 tempat tidur pasien ruang isolasi berbanding 1-2 tempat duduk.
- e. Dilengkapi dengan fasilitas toilet pengunjung.
- f. Disarankan menyediakan ruang konsultasi untuk keluarga.

13. Koridor untuk kebutuhan pelayanan.

- a. Koridor disarankan mempunyai lebar minimal 2,4 m.
- b. Pintu masuk ke ruang isolasi, ke daerah perawatan pasien dan pintu-pintu yang dilalui tempat tidur pasien dan alat medik harus lebarnya minimum 36 inci (1,2 m), yang terdiri dari 2 daun pintu (dimensi 80 cm dan 40 cm) untuk memudahkan pergerakan tanpa hambatan.

- c. Lantai harus kuat sehingga dapat menahan beban peralatan yang berat.

14. Janitor atau ruang *cleaning service*.

Ruangan tempat penyimpanan barang-barang atau bahan-bahan dan peralatan untuk keperluan kebersihan ruangan, tetapi bukan peralatan medik.

15. Toilet petugas medik.

Toilet petugas medik terdiri dari kloset yang dilengkapi *hand shower* dan *wastafel* atau *lavatory*.

16. Ruang penyimpanan silinder gas medik.

- a. Ruang yang digunakan untuk menyimpan tabung-tabung gas medis cadangan yang digunakan di ruang isolasi.
- b. Penyimpanan silinder gas medik ini berlaku bagi rumah sakit yang tidak memiliki pusat gas (*gas central*) O_2 , *vacuum* dan *compress air* (udara bertekanan untuk keperluan medik).

17. Toilet pengunjung atau penunggu pasien.

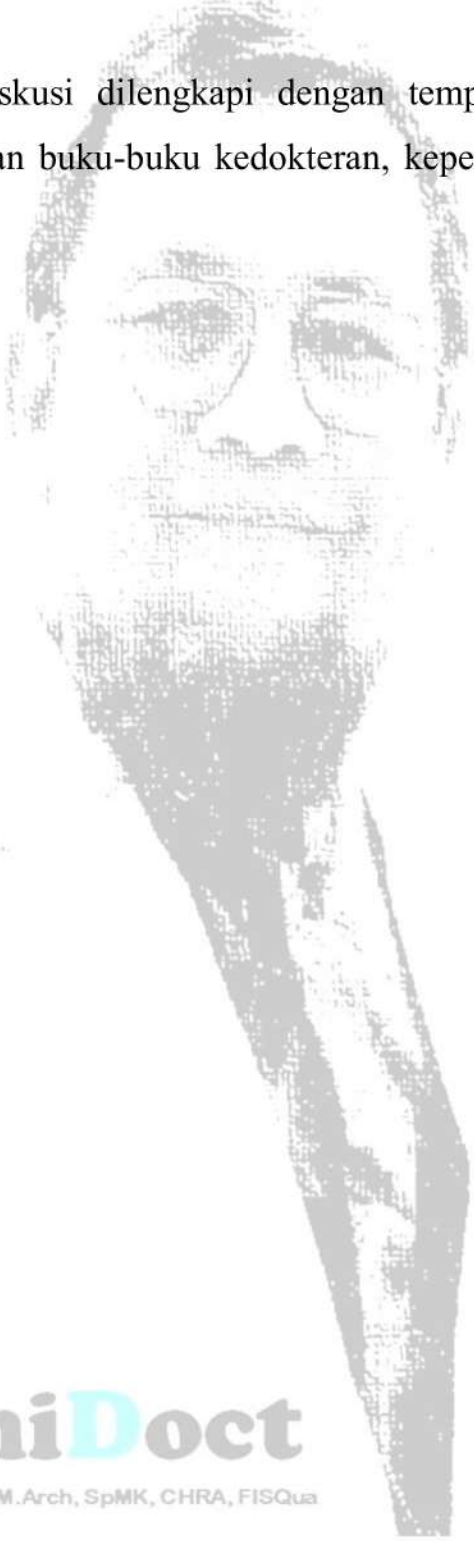
Toilet pengunjung atau penunggu pasien terdiri dari kloset dan *wastafel* atau *lavatory*.

18. Ruang diskusi medis (terutama bagi RS A dan B).

- a. Ruang diskusi ditempatkan di ruang isolasi atau dekat dengan ruang isolasi untuk digunakan sebagai tempat kegiatan

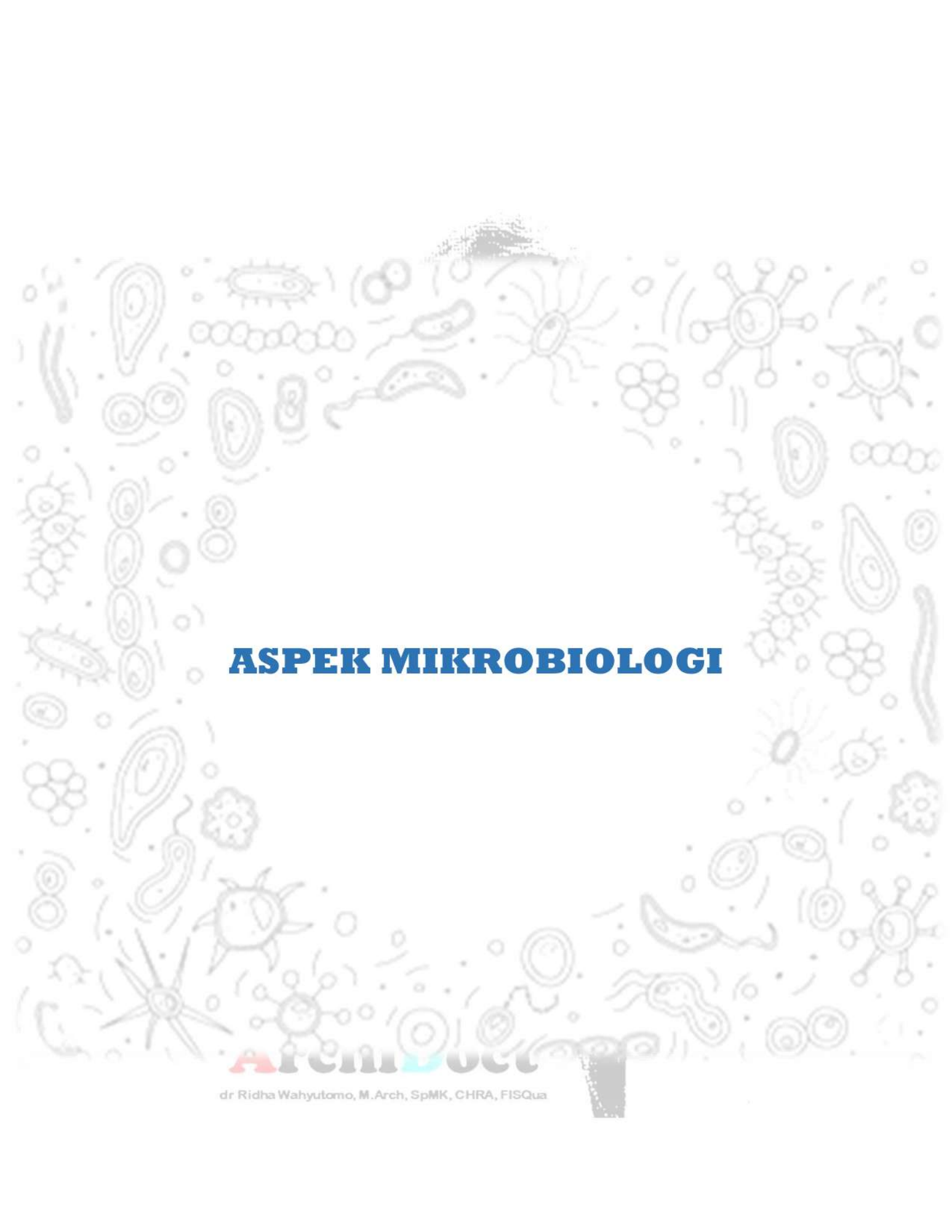
pendidikan dan diskusi medis.

- b. Ruangan ini dilengkapi dengan telepon atau sistem komunikasi internal dan sistem alarm yang tersambung langsung ke ruang isolasi.
- c. Ruang diskusi dilengkapi dengan tempat atau lemari untuk menyimpan buku-buku kedokteran, keperawatan, dan peralatan belajar.



ArchiDoct

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



ASPEK MIKROBIOLOGI

Archiboc

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

BAB I

MIKROORGANISME DI UDARA

Konsep mikroorganisme di udara sebenarnya tidak merujuk ke mikroorganisme yang memiliki habitat dan berkembang biak di udara, namun mikroorganisme ini berasal dari permukaan lingkungan yang terbawa dalam partikel debu maupun aerosol. Mikroorganisme sering ditemukan di udara, sebenarnya mikroorganisme tidak berkembang biak di udara, tetapi terbawa dari bahan partikel seperti debu, lalu lintas manusia dan tetesan cairan (*droplet*).

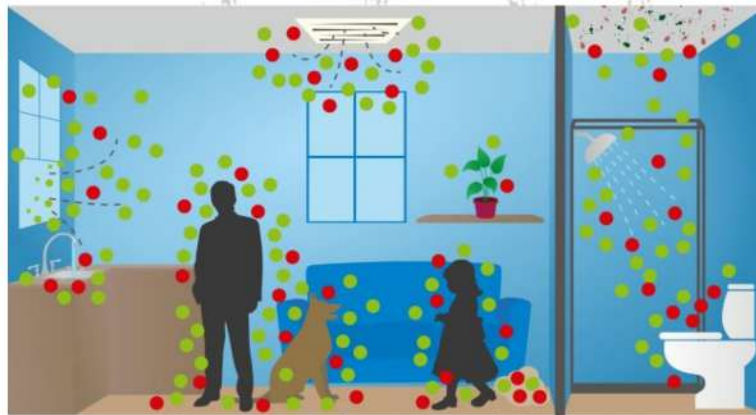
Pengaturan aliran udara (*air flow*) merupakan hal penting pada ruang isolasi karena udara memegang peranan dalam penyebaran mikroorganisme. Proporsi signifikan mikroorganisme di udara mencerminkan mikroorganisme di lantai. Pola mikroorganisme yang didapatkan lebih didominasi mikroorganisme patogen ataupun mikroorganisme yang memiliki potensi patogen pada pasien maupun tenaga kesehatan dan pengunjung.

Fasilitas pelayanan kesehatan terutama rumah sakit memiliki karakteristik udara yang berbeda dengan bangunan lain seperti rumah pribadi, gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, maupun bangunan yang lain. Udara di ruangan rumah sakit tersusun oleh mikroorganisme yang berbeda-beda antara satu rumah sakit dengan rumah sakit yang lain, namun tercatat tidak kurang dari 10.000 mikroorganisme dari berbagai spesies yang dilaporkan dari berbagai penelitian dapat ditemukan melalui kultur udara ruang susunan udara.

Mikroorganisme tersebut dapat berwujud bakteri, virus, ataupun jamur mikroskopik. Mikroorganisme-mikroorganisme tersebut dapat merupakan mikroorganisme yang memiliki habitat normal di kulit manusia, saluran nafas,

ditemukan pada alat dan perkakas medis, serta menempel pada bangunan rumah sakit termasuk debu dan tetesan air di AC.

Empat hal yang harus diperhatikan pula saat pembangunan ruang isolasi adalah sumber kontaminasi, pengaturan operasional HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) dan desain, akses antara ruang isolasi dengan sumber kontaminasi yang telah diidentifikasi, dan lalu lintas manusia serta kondisi terkait penghuni ruangan (misalnya, pasien infeksi atau imunokompromis atau keduanya). Lokasi untuk *supply diffuser* berada di langit-langit pada area kaki pasien dan *exhaust fan* diletakkan di dinding dekat mendekati lantai setinggi area kepala tempat tidur.



Gambar 20: Sumber mikroorganisme udara di dalam suatu ruang
Sumber: Prussin and Marr, 2015

BAB II

PEMERIKSAAN MIKROORGANISME DI UDARA

Metode pengambilan spesimen udara ada dua macam yaitu metode aktif dan metode pasif. *Settle plates* merupakan metode pengambilan yang bersifat pasif langsung dengan menghitung jumlah mikroorganisme yang tertampung dan jatuh dari udara ke dalam media pertumbuhan mikroorganisme di dalam cawan petri. Metode ini merujuk pada teori mengenai partikel yang terlarut dalam udara, selama tidak ada faktor pengaruh apapun, maka akan mengikuti aliran ke partikel yang lebih besar dan menempel pada area partikel besar tersebut. Pergerakan tersebut hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi. Mikroorganisme memiliki faktor pendukung berupa kecepatan jatuh ke permukaan sebesar 1 cm/detik. Dalam panduan *Guidelines On Test Methods For Environmental Monitoring For Aseptic Dispensing Facilities* yang disusun pada tahun 2004 oleh *A Working Group Of The Scottish Quality Assurance Specialist Interest Group*, menggunakan lima cawan petri yang digunakan dan diletakkan di keempat sudut dan di tengah ruangan, setiap titik menggunakan 1 cawan petri. Posisi petri dibuka dalam waktu 30 menit sampai 60 menit. Media agar dapat menggunakan media *blood agar* (BA). Setelah diletakkan di beberapa sudut ruangan, media tersebut didiamkan selama 30 menit untuk memberi kesempatan kuman dari sirkulasi udara ruang menempel pada media.

Proses pengambilan spesimen dari udara ini dilakukan dengan cara membuka cawan petri yang mengandung media agar-agar pertumbuhan mikroorganisme. Cawan petri dibuka dalam waktu 30 menit sampai 60 menit. Setelah itu ditutup kembali dan dibawa ke laboratorium untuk diinkubasi selama 18-24 jam. Paska inkubasi, dilakukan penghitungan koloni mikroorganisme menggunakan *colony counter* dan hasil penghitungan dinyatakan sebagai *Colony Forming Unit* atau bentukan unit koloni.

Selain mempergunakan metode sederhana settle plates, dapat menggunakan alat otomatis *microbiology air sampler* merk MERCK tipe MAS 100 NT. Prinsip kerjanya serupa dengan metode sederhana, namun udara dihisap menggunakan alat tersebut, dimana di dalam alat sudah diletakkan media agar untuk pertumbuhan kuman.



Gambar 27: microbiology air sampler merk MERCK tipe MAS 100 NT
Sumber: dokumen pribadi

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/m³. Ruang isolasi disejajarkan dengan ruang rawat pada umumnya, dengan jumlah kuman udara ruang maksimal yaitu 200-500 CFU/m³.

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 rung tersebut sebagaimana pada Permenkes 1204 tahun 2004.





ASPEK PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN INFEKSI

ArchiDoct

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

BAB I

PEMBERSIHAN RUANG ISOLASI

Pendahuluan

Saat bicara sebuah desain bangunan maupun ruangan terlebih sebuah fasilitas pelayanan kesehatan, maka aspek pencegahan dan pengendalian infeksi (PPI) akan turut serta. Tidak saja terkait desain yang meminimalisasi infeksi, akan tetapi juga proses dan tehnik pembersihan ruang yang sesuai kaidah PPI.

Organisasi kesehatan dunia, WHO, telah menyusun secara rinci dan sistematis berbagai panduan terkait pandemi COVID-19. Salah satunya adalah pembersihan dan disinfeksi permukaan lingkungan dalam konteks COVID-19. Ruang isolasi merupakan ruang khusus yang menjadi lokasi berbagai prosedur medis dijalankan. Terkait COVID-19 dan penyakit infeksi lain, maka risiko kontaminasi akan lebih tinggi terutama di area permukaan bidang, baik itu permukaan bidang meja, perkakas, dinding, lantai ataupun langit-langit. Karena itu, permukaan-permukaan ini, terutama di tempat dimana pasien dirawat, harus dibersihkan dan didisinfeksi dengan tepat guna mencegah penularan lebih lanjut.

Pengetahuan terkait karakteristik mikroorganisme sangat membantu dalam proses pembersihan ruang. Sebagai contoh adalah SARS-CoV-2 yang merupakan virus dengan lapisan pembungkus yang disebut *envelope*, dimana setiap virus berselubung lebih rentan dengan disinfektan. Hal ini pula yang mendasari WHO menyarankan mencuci tangan dengan sabun dan air mengalir.

Karakteristik kemampuan bertahan suatu mikroorganisme juga sangat penting dalam proses disinfeksi, misalnya penelitian Neeltje van Doremalen menemukan bahwa virus COVID-19 dapat bertahan hidup hingga 1 hari pada kain dan kayu, hingga 2 hari pada kaca, hingga 4 hari pada stainless steel dan plastik, dan hingga 7 hari pada lapisan luar masker medis. Penelitian Guenter Kampf

menemukan bahwa virus COVID-19 bertahan selama 4 jam pada tembaga, 24 jam pada kardus, dan hingga 72 jam pada plastik dan stainless steel. Virus COVID19 juga bertahan di berbagai tingkat pH dan suhu ambien tetapi rentan terhadap panas dan metode disinfeksi standar.

Prinsip Pembersihan Ruang Isolasi

Pada prinsipnya pembersihan merupakan bagian dari proses disinfeksi yang bertujuan membantu menghilangkan mikroorganisme patogen atau mengurangi jumlah patogen secara signifikan. Oleh karena itu prosesnya tidak dapat menggunakan zat biasa seperti air atau sabun non germisida.

Menjadi catatan penting bahwa efektifitas zat disinfektan, seperti alkohol ataupun klorin, akan berkurang jika terhalang kotoran maupun materi organik. Berangkat dari hal tersebut maka sebelum penggunaan disinfektan, dilakukan pembersihan kotoran seperti debu ataupun pembersihan materi organik seperti darah dan cairan/jaringan tubuh lain.

Efektifitas disinfektan dalam proses pembersihan kamar isolasi juga ditentukan oleh konsentrasi zat disinfektan. Larutan disinfektan harus dipersiapkan dan digunakan sesuai aturan volume pembuatan dan waktu kontak. Konsentrasi yang tidak tepat, baik terlalu berlebih atau terlalu rendah, dapat mengurangi efektivitas larutan disinfektan. Konsentrasi yang terlalu tinggi membahayakan pengguna dengan sifat kimia toksiknya dan dapat merusak permukaan sebuah bidang. Takaran yang sesuai aturan akan menjaga permukaan yang dilakukan disinfeksi tidak cepat kering namun juga tidak terlalu lama dalam kondisi basah. Hal ini akan memberikan waktu bagi disinfektan untuk bekerja di setiap lapisan mikroorganisme sehingga proses inaktivasi patogen bekerja dengan cara yang seksama.

Di dalam ruangan, pemberian disinfektan pada permukaan lingkungan secara rutin dengan cara penyemprotan atau *fogging* atau disebut *fumigasi* tidak

disarankan untuk ruang isolasi COVID-19. 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.

BAB II

ALAT PELINDUNG DIRI RUANG ISOLASI

Pendahuluan

Di fasilitas pelayanan kesehatan termasuk rumah sakit, petugas kesehatan memiliki peran sebagai media transmisi dari infeksi. Sebenarnya petugas kesehatan bukan merupakan perantara tunggal yang menjadi penyebab resiko HAIs tetapi memang sumber HAIs utama kepada pasien berasal dari petugas kesehatan terutama terkait transmisi kontak melalui tangan. Oleh karena itu, baik untuk pasien maupun petugas kesehatan memerlukan perlindungan dari adanya penularan HAIs.

Pencegahan dan pengendalian infeksi, baik dari maupun ke petugas kesehatan dapat menghasilkan tiga keuntungan yaitu kesehatan dari petugas itu sendiri tetap terjaga, terhindar dari pemutusan hubungan kerja pada tenaga kesehatan yang terpapar infeksi dan berkurangnya kejadian HAIs yang menggambarkan semakin berkualitasnya pelayanan sebuah pelayanan kesehatan.

Dalam menentukan hal-hal yang menjadi kebutuhan dalam program pencegahan dan pengendalian infeksi terkait petugas kesehatan, yang paling utama dipertimbangkan yaitu pekerjaan dari setiap tenaga kesehatan, berbagai resiko yang dihadapi setiap tenaga kesehatan, dan penyebab infeksi yang dicurigai seandainya muncul kejadian HAIs.

Secara umum, resiko dari penularan suatu infeksi dapat dinilai berdasarkan karakteristik suatu mikroorganisme dan faktor dari manusia itu sendiri. Jadi bila ditemukan suatu kejadian HAIs maka harus dilihat kondisi klinis pasien, mikroorganisme yang diperkirakan menjadi penyebab (jika tidak ada fasilitas mikrobiologi klinik) atau jika ada fasilitas mikrobiologi klinik maka harus dilihat apakah hasil laboratorium kultur bakteri sesuai dengan kondisi klinis pasien secara

menyeluruh. Hal ini nantinya akan menentukan langkah dalam penanganan pasien baik dalam pemberian antibiotik maupun usulan lain terkait kondisi klinis pasien.

Rantai Infeksi

Untuk memahami pencegahan dan pengendalian infeksi, maka sangat penting untuk memahami transmisi dari suatu patogen atau mikroorganisme terutama yang menyebabkan infeksi dan kolonisasi.

Ada lima jalur yang disebut rantai infeksi, dimana rantai ini saling terkait satu dengan yang lainnya sebagai jalur yang menjadi transmisi suatu patogen. Jalur tersebut adalah:

1. Agent

Agent merupakan istilah yang merujuk pada jasad renik penyebab infeksi. Ada bakteri yang sering disebut kuman, lalu virus yang saat ini menjadi pandemi dengan munculnya coronavirus COVID-19, fungi atau jamur yang mikroskopis, protozoa, anthropoda, dan prion yang merupakan pembawa penyakit menular yang hanya terdiri dari protein.

2. Sumber mikroorganisme

Mikroorganisme didapatkan di kulit dan lingkungan pasien termasuk alat-alat yang terpasang pada pasien. Pada tubuh manusia hidup flora normal misalnya bakteri-bakteri berbentuk *coccus* (bulat) gram positif yang juga menempel di alat dan perkakas yang kontak dengan pasien terutama kontak dengan kulit. Sehingga bila dilakukan swab pada baju pasien, sprei, perabot di samping tempat tidur dan benda-benda lain di lingkungan pasien, akan ditemukan bakteri-bakteri tersebut.

Sumbernya pun beraneka macam bisa dari cairan tubuh pasien, bagian tubuh pasien yang infeksi seperti luka, aerosol dan sebagainya.

Kontaminasi pada alat dan perkakas tersebut dapat meluas ke area cuci tangan di pos keperawatan (*nurse station*). Sehingga pembersihan atau disinfeksi permukaan tidak hanya berpusat di tubuh pasien saja, namun harus meluas pada alat yang terpasang di tubuh pasien, perkakas yang kontak dengan tubuh pasien, dan area lain seperti keran air di area cuci tangan. Selain itu ada pula sumber infeksi dari luar fasilitas pelayanan kesehatan seperti dari peternakan atau tanaman.

3. Cara transmisi

Transmisi mikroorganisme dari pasien ke petugas kesehatan sangat besar mengingat adanya kontak dari keduanya.

Transmisi kontak melalui tangan merupakan cara transmisi terbanyak. Casewell dan Phillips dalam penelitiannya menemukan bahwa tangan seorang perawat dapat terkontaminasi bakteri yang termasuk bakteri pencernaan yaitu *Klebsiella spp* sebanyak 100–1000 CFU, pada saat melakukan aktifitas bersih seperti saat mengukur tekanan darah pasien, mengangkat pasien, mengukur temperatur tubuh pasien dan lain-lain. Penelitian Didier Pittet menggunakan metode *finger print* pada media agar di dalam cawan petri, membuktikan bahwa tangan petugas kesehatan dapat menjadi transmisi mikroorganisme. Dalam kondisi bersih didapatkan 0 CFU (*Collony Forming Unit*-Satuan jumlah bakteri yang dihitung pertumbuhan koloninya pada agar di cawan petri) menjadi 300 CFU setelah terjadi kontak dengan pasien maupun setelah tindakan lain seperti merawat luka, merawat jalur kateter intravena, menangani sekresi cairan yang keluar dari tubuh pasien dan sebagainya. Selain kontak baik langsung maupun tidak langsung, juga dikenal transmisi bentuk lain. *Droplet* yang menjadi transmisi COVID-19 saat ini merupakan transmisi melalui percikan dari cairan saluran nafas dan

mulut dengan jarak kurang dari 1 meter. Ukurannya lebih dari 5 μ m. Atau jika lebih kecil maka kita sebut penularan *droplet nuklei* atau *aerosol*. Harap digarisbawahi bahwa aerosol ini bukan *airborne*.

Airborne mirip droplet tapi bisa dibawa lebih dari 1 meter. Biasanya berupa droplet nuklei. WHO dan CDC menggolongkan COVID-19 bukan sebagai *airborne*.

4. *Port d'entre* atau pintu masuk ke host

Untuk menimbulkan infeksi, agent harus masuk ke dalam tubuh. Pintu masuk sangat penting dalam rantai infeksi ini.

Pintu masuk yang utama dari mikroorganisme:

- Saluran pernafasan
- Saluran gastrointestinal
- Mukosa
- Saluran kemih
- Kulit yang mengalami diskontinuitas

5. Host yang rawan terkena

Mudah tidaknya infeksi terjadi juga sangat tergantung kondisi host atau individu yang mendapatkan mikroorganisme, karena tubuh kita selalu berinteraksi dengan jutaan mikroorganisme yang akan dieliminasi oleh sistem imun. Faktor-faktor yang mempengaruhi adalah usia, status gizi, diabetes, perubahan respon imunitas, infeksi di tempat lain, lama rawat inap, kondisi pre operatif, obesitas, merokok, kolonisasi, mikroorganisme, perioperatif, dan *hypothermia*.

Alat Pelindung Diri

Alat pelindung diri (APD) merupakan salah satu strategi untuk memecah atau memutus rantai infeksi. Pemakaian APD merupakan salah satu komponen dalam kewaspadaan standar.

OSHA *Occupational Safety and Health Administration*, mendefinisikan APD sebagai “pakaian dan perlengkapan spesial” yang dipakai oleh petugas kesehatan sebagai proteksi terhadap paparan material infeksius.

Secara garis besar, APD merupakan alat kesehatan yang terdiri dari masker, topi, sarung tangan, pelindung wajah, dan sepatu yang digunakan petugas maupun pasien untuk melindungi diri dari kontaminasi penyakit infeksi.

Penggunaan APD mengikuti kaidah keilmuan tertentu dan digunakan sesuai indikasi dan segera dilepas jika sudah selesai tindakan.

Ketika menentukan pemakaian APD, maka selalu pertimbangkan tiga hal:

1. Tentukan jenis paparan atau kontaminasi yang akan diantisipasi. Apakah yang akan dihalau dari tubuh berupa kontaminasi kontak, cairan tubuh, droplet, ataupun udara.
2. Kedua, dan sangat terkait dengan yang pertama, adalah daya tahan dan kesesuaian APD untuk tindakan tersebut. Misalnya pemilihan antara pemakaian gaun atau apron. Harus dipilih sesuai indikasi, jika memang diperlukan memakai salah satunya maka dipertimbangkan pula bahan yang tidak tembus cairan.
3. Ketiga merupakan ketentuan yang bersifat pilihan dalam penentuan pemakaian APD. Misalnya ukuran APD setiap individu berbeda maka harus dipilih yang ukurannya sesuai dengan postur tubuh pekerja kesehatan tersebut.

A. Sarung Tangan

Sarung tangan adalah jenis APD yang paling umum digunakan dalam aktifitas pelayanan kesehatan. Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan ketika memilih sarung tangan yang tepat untuk sebuah tindakan.

Sebagian besar kegiatan pelayanan terhadap pasien membutuhkan penggunaan sepasang sarung tangan nonsteril yang terbuat dari lateks, nitril, atau vinil. Ada kalanya dengan alasan masalah alergi pada beberapa pekerja kesehatan, beberapa fasilitas pelayanan kesehatan telah menghilangkan atau membatasi produk lateks, termasuk sarung tangan, dan sekarang menggunakan sarung tangan yang terbuat dari nitril atau bahan lainnya.

Sarung tangan berbahan vinil merupakan produk lain yang tersedia dan berfungsi dengan baik jika kontak pasien terbatas. Namun, perlu diingat jika sarung tangan tidak pas di tangan, terutama di area pergelangan tangan maka tidak boleh digunakan jika terjadi kontak pada pasien dengan intensitas yang sering.

Sarung tangan harus pas dengan tangan pengguna dengan nyaman, tidak boleh terlalu longgar ataupun terlalu kencang. Selain itu harus memiliki bahan yang tidak mudah robek atau rusak. Sarung tangan kadang-kadang dipakai selama beberapa jam dan harus memenuhi persyaratan tersebut.

Hal lain yang perlu diingat mengenai penggunaan sarung tangan ada yang bersih dan ada yang steril. Sarung tangan bedah steril dipakai oleh ahli bedah dan petugas kesehatan lainnya yang melakukan prosedur invasif pasien. Selama beberapa prosedur bedah, dua pasang sarung tangan dapat dikenakan dalam arti dirangkap.

Petugas kebersihan lingkungan atau sanitasi juga sering menggunakan sarung tangan yang dapat digunakan kembali dengan bahan dari lateks atau nitril. Bahan ini mendukung kinerja terutama yang berkaitan dengan pemakaian disinfektan saat pembersihan permukaan lingkungan.

Sarung tangan melindungi dari kontak dengan bahan infeksius. Namun, sekali terkontaminasi, sarung tangan dapat menjadi sarana penyebaran bahan menular ke diri sendiri, pasien atau permukaan lingkungan.

Beberapa kaidah saat menggunakan sarung tangan:

a. **Bekerja dari area bersih ke area kotor.**

Ini merupakan prinsip dasar pengendalian infeksi. Contohnya saat menyentuh permukaan tubuh yang bersih sebelum menyentuh area yang kotor atau terkontaminasi.

b. **Batasi peluang untuk kontak dengan kontaminan.**

Tujuan hal ini untuk melindungi diri, orang lain, dan permukaan lingkungan. Hindari membenarkan posisi kacamata, menggosok hidung atau menyentuh wajah dengan sarung tangan terutama yang telah bersentuhan dengan pasien. Karena berpotensi mengekspos diri kepada agen infeksi. Waspada juga permukaan lingkungan dan hindari menyentuhnya dengan sarung tangan jika tidak sangat perlu. Permukaan seperti sakelar lampu, kenop pintu dan pegangan almari dapat terkontaminasi jika disentuh oleh sarung tangan yang kotor.

c. **Ganti sarung tangan sesuai kebutuhan.**

Jika sarung tangan menjadi sobek atau sangat kotor dan tugas terkait pelayanan pasien bertambah serta harus dilakukan, maka ganti sarung tangan sebelum memulai tugas berikutnya. Selalu ganti sarung tangan setelah digunakan pada setiap pasien, dan buang di tempat terdekat yang sesuai dengan kaidah sampah infeksius. Sarung tangan yang sudah digunakan untuk perawatan pasien tidak boleh dicuci dan digunakan lagi. Mencuci sarung tangan bukan metode untuk membuatnya aman digunakan kembali karena tidak mungkin untuk menghilangkan semua

mikroorganisme dan mencuci dapat membuat sarung tangan lebih rentan sobek atau bocor.



Gambar 30: Sarung tangan rumah tangga dan sarung tangan medis
Sumber: dokumen pribadi

B. Gaun atau Apron

Ada tiga faktor yang mempengaruhi pemilihan gaun atau apron sebagai APD.

a. Pertama adalah tujuan penggunaan.

Gaun di ruang isolasi umumnya merupakan APD pilihan, akan tetapi apron kadang-kadang digunakan di mana kontaminasi bisa diantisipasi. Jika kontaminasi lengan harus diantisipasi, maka pilihan jatuh pada gaun. Gaun harus sepenuhnya menutupi tubuh, pas dengan nyaman di tubuh, dan memiliki lengan panjang yang pas di pergelangan tangan.

b. Kedua adalah sifat material gaun itu.

Gaun untuk ruang isolasi dibuat dari katun atau bahan sintetis yang disebut spun yang menentukan apakah dapat dicuci dan digunakan kembali atau harus dibuang. Gaun berbahan kapas dan spun sintetis bervariasi dalam tingkat resistensi cairan, ini merupakan faktor lain yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan pakaian ini. Jika penetrasi

cairan diduga mungkin terjadi, maka gaun tahan cairan harus digunakan.

- c. Faktor terakhir adalah menyangkut risiko pasien dan apakah gaun yang digunakan termasuk gaun bersih, atau yang steril.

Gaun bersih umumnya digunakan untuk di ruang isolasi. Gaun steril hanya diperlukan untuk melakukan prosedur invasif, seperti memasukkan kateter vena sentral. Dalam hal ini, gaun steril bertujuan memberi perlindungan pasien dan petugas kesehatan.



Gambar 31: Gown
Sumber: dokumen pribadi

C. Pelindung Muka

Jenis APD ini untuk melindungi seluruh atau sebagian dari wajah yang kontak dengan bahan yang berpotensi menular. Pemilihan APD wajah ditentukan jenis tindakan yang diperlukan untuk pasien atau sifat transmisi. Jenis goggles memberikan perlindungan untuk mata. Penggunaan lensa kontak tidak memberikan pelindung mata yang optimal dan tidak boleh digunakan sebagai penggantiacamata.

Kacamata harus pas dengan area sekitar mata. Kacamata dengan fitur anti kabut akan membantu menjaga kejernihan penglihatan. Pelindung wajah harus menutupi dahi, membentang sampai ke bawah dagu, dan menutup sisi wajah.



Gambar 32: *Face Shield*
Sumber: dokumen pribadi

D. Masker

Masker digunakan untuk melindungi petugas layanan kesehatan dari bahaya atau infeksi aerosol, seperti droplet yang mengandung *Mycobacterium tuberculosis*.

Masker ada beraneka jenis. Untuk masker bedah dipergunakan jika yang kita hadapi adalah tindakan yang menghasilkan partikel besar.

Masker respirator partikulat N95, N99, atau N100 seperti APD lainnya, dalam pemilihan jenis respirator harus mempertimbangkan sifat paparan dan risiko yang terlibat. Misalnya, respirator partikulat N95 mungkin dipakai oleh petugas yang memasuki ruangan pasien dengan tuberkulosis infeksius.



Gambar 33: Masker respiratorik dan masker medis
Sumber: dokumen pribadi

Urutan pemakaian APD :

1. Sebelum memakai APD, pastikan untuk mencuci tangan dengan baik dan benar
2. Pakai masker N95. Silangkan tali keatas dan kebawah
3. Pakai Googles, pastikan tali cukup kencang mengikat kepala
4. Kenakan coverall, pastikan ritsleting dan penutup kepala tertutup rapat
5. Pakai sepatu boot, menutupi coverall bagian kaki
6. Cuci tangan dengan cairan antiseptik
7. Kenakan sarung tangan bedah, rapikan sarung tangan dibawah coverall
8. Kenakan sarung tangan panjang, menutupi bagian lengan coverall

Urutan Melepas APD :

1. Lepaskan sarung tangan panjang dengan cara digulung keluar lalu buang ke tempat limbah infeksius
2. Lepaskan sepatu boots lalu masukkan ke tempat limbah infeksius
3. Lepaskan coverall dengan cara digulung kearah luar lalu buang ke tempat limbah infeksius
4. Lanjutkan dengan mencuci tangan menggunakan cairan antiseptik
5. Lepaskan googles dan masukkan ke dalam tempat limbah infeksius

6. Lepaskan masker lalu buang ke tempat limbah infeksius dengan memegang pada bagian tali
7. Akhiri dengan mencuci tangan sesuai cara yang baik dan benar

DAFTAR PUSTAKA

- A Working Group Of The Scottish Quality Assurance Specialist Interest Group, 2004. Guidelines On Test Methods For Environmental Monitoring For Aseptic Dispensing Facilities. Edinburgh: Scottish Quality Assurance Specialist Interest Group. <https://paulyeatman.net.au/wp-content/uploads/2016/08/guidelines-on-test-methods-for-environmental-monitoring.pdf>. Diakses pada 24 Maret 2020.
- Afzal, M., Mehdi, F. dan Siddiqui, Z., 2004. Effect of Relative Humidity and Temperature on Airborne Fungal Allergens of Karachi City. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(2), pp.159-162. <https://scialert.net/fulltext/?doi=pjbs.2004.159.162>. Diakses pada 2 Juli 2021.
- Agus Nugroho, D., Budiyo dan Nurjazuli, 2021. Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Angka Kuman Udara Di Ruang Rawat Inap Kelas III RSUD DR. Moewardi Surakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(ISSN: 2356-3346), pp.900-906. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm/article/view/14385>. Diakses pada 17 Februari 2020.
- Aladenika, S. S. T. dan Olaniyan, M. F. 2014. Indoor Airborne Microflora In Various Section Of A Tertiary Healthcare Centre In Rural Area Of Ovia Northeast Edo State *American Journal Of Infectious Diseases And Microbiology*, 2, 86-90 <http://pubs.sciepub.com/ajidm/2/4/3/>. Diakses pada 31 Mei 2021.
- Andualem, Z., Gizaw, Z., Bogale, L. dan Dagne, H., 2019. Indoor bacterial load and its correlation to physical indoor air quality parameters in public primary schools. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, 14. <https://mrjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40248-018-0167-y>. Diakses pada 6 Maret 2021.
- Atkinson, J., Chartier, Y., Lúcia Pessoa-Silva, C., Jensen, P., Li, Y. and Hong Seto, W., 2009. Natural Ventilation for Infection Control in Health Care Settings. World Health Organization.
- Black, J., 2012. Growth and Culturing of Bacteria. In: J. Black, ed., *Microbiology Principles And Explorations*, 3rd ed. Danvers, Massachusetts: John Wiley dan Sons, Inc, pp.156-160, 437.
- Capolongo, S., Carla Bottero, M., Lettieri, E., Buffoli, M., Bellagarda, A., Birocchi, M., Cavagliato, E., Dervishaj, A., Di Noia, M., Gherardi, G., Gola, M., Mantua, F., Miljatovic, S., Nickolova, M., Rostagno, M., Speranza, S. And Volpatti, L., 2015. Healthcare Sustainability Challenge. In: S. Capolongo, M. Carla Bottero, M. Buffoli And E. Lettieri, Ed., *Improving Sustainability During Hospital Design And Operation A Multidisciplinary Evaluation Tool*, 1st Ed. Switzerland: Springer International Publishing.
- Centers For Disease Control And Prevention, 1991. Building Air Quality. Washington: CDC. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/91-114/pdfs/91-114.pdf?id=10.26616/NIOSHPUB91114>. Diakses pada 25 April 2020.

Centers for Disease Control and Prevention, 2003. Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/environmental-guidelines-P.pdf>. Diakses pada 27 November 2021.

Cholis Idham, N., 2016. Arsitektur Dan Kenyamanan Termal. 1St Ed. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Dougall, L. R., Booth, M. G., Khoo, E., Hood, H., Macgregor, S. J., Anderson, J. G., Timoshkin, I. V. dan Maclean, M. 2019. Continuous Monitoring Of Aerial Bioburden Within Intensive Care Isolation Rooms And Identification Of High-Risk Activities. Journal Of Hospital Infection, 103, 185-192. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7114667/pdf/main.pdf>. Diakses pada 8 Agustus 2021.

Frick, H., Ardiyanto, A. dan Darmawan, A., 2008. Ilmu Fisika Bangunan. 9th Ed. Yogyakarta: Penerbit Kanisius, pp.44-52.

Genet, C., Kibru, G. dan Tsegaye, W., 2011. Indoor Air Bacterial Load and Antibiotic Susceptibility Pattern of Isolates in Operating Rooms and Surgical Wards at Jimma University Specialized Hospital, Southwest Ethiopia. Ethiopian Journal of Health Sciences, 21(1). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3275854/>. Diakses pada 8 Agustus 2021.

Hayleeyesus, S., Ejeso, A. dan Derseh, F., 2015. Quantitative Assessment of Bio-Aerosols Contamination in Indoor Air of University Dormitory Rooms. International Journal of Health Sciences, 9(3), pp.247-254. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4633188/#:~:text=Results,were%20above%20the%20recommended%20level>. Diakses pada 31 Agustus 2021.

<https://planet-earth-2017.com/heat-not-from-the-sun/figure-10-axial-tilt-of-the-earth/>

http://www.med.uottawa.ca/SIM/data/Pub_Infectious_e.htm#epi_triad

http://www.med.uottawa.ca/SIM/data/Pub_Infectious_e.htm#epi_triad

<https://knowledge.autodesk.com/support/revit/learnexplore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Revit-Analyze/files/GUID-CA024825-3211-4354-AC06-D81751AADA1A-htm.html>

<https://www.epfl.ch/labs/hobel/1048-2/>

<https://www.ashrae.org/technical-resources/ashrae-journal/featured-articles/cleanroom-airlock-performance-and-beyond>

<http://theinterioreditor.com/interior-design/balance-how-it-works-an-interior-design-principle/>

<http://theinterioreditor.com/interior-design/balance-how-it-works-an-interior-design-principle/>

- Kamarul Aini, M., Wan Noor Hanani, W., Mohd Arif, R., Nor Haslina, H., Nur Aini, M. and Haris Fadzillah, H., 2019. Thermal comfort study at Dewan Sultan Ibrahim, UTHM. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 373(1), p.012012.
- Kawasaki, K., Aoki, T., Sudo, M. and Mizutani, A., 2020. Thermal influence caused by the vertical distribution of reflected solar radiation and re-radiation on the building in various climate areas and its solar shading method. Japan Architectural Review, 4(1), pp.192-201.
- Kementerian Kesehatan, 2002. Standar Operasional Pengambilan Dan Pengukuran Sampel Kualitas Udara Ruangan Rumah Sakit. Jakarta: Kementerian Kesehatan. <https://manajemenrumahsakit.net/wp-content/uploads/2012/09/kmk13352002.pdf>. Diakses pada 6 Maret 2021.
- Kementerian Kesehatan, 2004. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor: 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang. Persyaratan. Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit. Jakarta: Kemenkes. <https://persi.or.id/wp-content/uploads/2020/11/kmk12042004.pdf>. Diakses pada 6 Maret 2021.
- Kementerian Kesehatan, 2012a. Pedoman-Pedoman Teknis Di Bidang Bangunan Dan Sarana Rumah Sakit. Pedoman Bangunan RS: Ruang Perawatan Intensif Rumah Sakit. Jakarta: Kementerian Kesehatan. Diakses pada 5 Juni 2020.
- Kementerian Kesehatan, 2012b. Pedoman Teknis Prasarana Rumah Sakit Sistem Instalasi Tata Udara. Jakarta: Kementerian Kesehatan. <https://manajemenrumahsakit.net/wp-content/uploads/2012/11/Pedoman-Teknis-Tata-Udara-complete.pdf>. Diakses pada 5 Juni 2020
- Kementerian Kesehatan, 2016. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 24 Tahun 2016 tentang Persyaratan Teknis Bangunan Dan Prasarana Rumah Sakit. http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No_30_Th_2019_ttg_Klasifikasi_dan_Perizinan_Rumah_Sakit.pdf. Diakses pada 20 Maret 2022.
- Kementerian Kesehatan, 2017. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 27 Tahun 2017 tentang Pedoman Pencegahan Dan Pengendalian Infeksi Di Fasilitas Pelayanan Kesehatan. http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No_27_ttg_Pedoman_Pencegahan_dan_Pengendalian_Infeksi_di_FASYANKES_.pdf. Diakses pada 6 Maret 2020.
- Kementerian Kesehatan, 2020. Pedoman Teknis Bangunan dan Prasarana Ruang Isolasi Penyakit Infeksi Emerging (PIE). Jakarta: Kementerian Kesehatan. <https://badanmutu.or.id/2020/04/02/pedoman-teknis-bangunan-dan-prasarana-ruang-isolasi-penyakit-infeksi-emerging-pie/>. Diakses pada 5 Juni 2020
- Kowalski, W., 2012. Hospital airborne infection control. 1st ed. Florida: CRC Press, pp.17-38.
- Künzel, H., Holm, A., Zirkelbach, D. and Karagiozis, A., 2005. Simulation of indoor temperature and humidity conditions including hygrothermal interactions with the building envelope. Solar Energy, 78(4), pp.554-561.

- Lacanna, G. 2014. Planning Strategies For Nosocomial Infection Control. *World Hospitals And Health Services*, 50, 14-18. https://www.researchgate.net/publication/282909645_Planning_strategies_for_nosocomial_infection_control. Diakses pada 31 Agustus 2021.
- Manullang, S. H., Ariyani, A., Silawiweka, I. B., Wahyutomo, R. dan Machfud 2015. Pedoman Teknis Ruang Isolasi. In: Kemenkes (ed.). Jakarta.
- Memarzadeh, F. dan Xu, W., 2011. Role of air changes per hour (ACH) in possible transmission of airborne infections. *Building Simulation*, 5(1), pp.15-28. <https://orf.od.nih.gov/TechnicalResources/Bioenvironmental/Documents/RoleofACHinTransmissionofAirborneInfections508.pdf>. Diakses pada 9 November 2021.
- Mirbahar, A. dan Memon, B., 2005. Bacteriological Monitoring Through Air Sampling In Different Locations of Teaching/Civil Hospital Sukkur. *Journal Application Emerging Science*, 1(2), p.14. https://www.researchgate.net/publication/310461344_Measurement_of_air_contamination_in_different_wards_of_public_sector_hospital_Sukkur. Diakses pada 21 September 2021.
- Napoli, C., Marcotrigiano, V. dan Montagna, M. T. 2012. Air Sampling Procedures To Evaluate Microbial Contamination: A Comparison Between Active And Passive Methods In Operating Theatres. *BMC Public Health*, 12, 2-6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3444341/pdf/1471-2458-12-594.pdf>. Diakses pada 5 November 2021.
- Onmek, N., Kongcharoen, J., Singtong, A., Penjumrus, A. dan Junnoo, S., 2020. Environmental Factors and Ventilation Affect Concentrations of Microorganisms in Hospital Wards of Southern Thailand. *Journal of Environmental and Public Health*, 2020, pp.1-8. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7298270/pdf/JEPH2020-7292198.pdf>. Diakses pada 21 September 2021.
- Pati, P. 2018. Review On Common Microbiological Contamination Found In Hospital Air. *Journal Of Microbiology And Pathology*, 2, 1-5. <https://www.hilarispublisher.com/open-access/review-on-common-microbiological-contamination-found-in-hospital-air.pdf>. Diakses pada 9 November 2021.
- Prussin, A. and Marr, L., 2015. Sources of airborne microorganisms in the built environment. *Microbiome*, 3(1).
- Raimunah, Lutpiatina, L., Kartiko, J. J. dan Norsiah, W. 2018. Angka Kuman Udara Ruang Rawat Inap Anak Dengan Dan Tanpa Air Conditioner (AC) Di Rumah Sakit. *Jurnal Skala Kesehatan Politeknik Kesehatan Banjarmasin*, 9. <https://www.ejurnalskalakesehatan-poltekkesbjm.com/index.php/JSK/article/view/15-22/115>. Diakses pada 21 September 2021.
- Rijal, H., Humphreys, M. and Nicol, J., 2019. Adaptive model and the adaptive mechanisms for thermal comfort in Japanese dwellings. *Energy and Buildings*, 202, p.109371.

Rohli, R. and Vega, A., 2012. Climatology. Sudbury, MA: Jones & Bartlett Learning.

Samsuddin, S., Edyas, A., Daming, T. dan Syarif, E., 2017. Konsep Arsitektur Tropis Pada Green Building Sebagai Solusi Hemat Biaya (Low Cost). In: Temu Ilmiah Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI). Lhoksumawe: Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI), pp.33-40. <https://temuilmiah.iplbi.or.id/wp-content/uploads/2017/12/ti6h033.pdf>. Diakses pada 6 Maret 2021.

Sandle, T., 2020. Ready For The Count? Back-To-Basics Review Of Microbial Colony Counting. https://www.researchgate.net/publication/339416178_Ready_for_The_Count_Back-To-Basics_Review_Of_Microbial_Colony_Counting. Diakses pada 6 April 2021.

Sapkota, A., 2021. Incubator- Definition, Parts, Working, Types, Uses, Precautions. <https://microbenotes.com/incubator/>. Diakses pada 6 April 2021.

Sentosa, R. A. dan Hapsari, R. 2019. Jumlah Dan Pola Bakteri Udara Pre Dan Post Pembersihan: Studi Observasional Di Ruang Operasi Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang. Jurnal Kedokteran Diponegoro, 8, 811-22. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/medico/article/view/23805/21638>. Diakses pada 25 April 2020.

Smith, J., Adams, C. A., King, M. F., Noakes, C. J., Robertson, C. dan Dancer, S. J. 2018. Is there an association between airborne and surface microbes in the critical care environment? Journal of Hospital Infection, 100 (3). e123-e129. http://www.healthdesign.com.au/vic.dghdp/dghdp_content/RDS/complete_room_data_sheets.pdf. Diakses pada 5 Oktober 2020.

Tang, J., 2009. The effect of environmental parameters on the survival of airborne infectious agents. Journal of The Royal Society Interface, 6(suppl_6). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2843949/pdf/rsif20090227.pdf>. Diakses pada 8 Oktober 2021.

The Department of Human Services, 2004. Design Guidelines For Hospitals And Day Procedure Centres Standard Components Room Data Sheets. Victoria: Health Projects International. http://www.healthdesign.com.au/vic.dghdp/dghdp_content/RDS/complete_room_data_sheets.pdf. Diakses pada 8 Oktober 2021.

The Facility Guidelines Institute, 2014. Guidelines For Design And Construction Of Hospitals And Outpatient Facilities. Chicago: American Society For Healthcare Engineering Of The American Hospital Association. <https://fgiguideines.org/guidelines/2014-fgi-guidelines/>. Diakses pada 5 Juni 2015.

Victorian Advisory Committee On Infection Control, 2007. Guidelines For The Classification And Design Of Isolation Rooms In Health Care Facilities. Melbourne, Victoria, Australia: The Victorian Government Department Of Human Services. https://galihendradita.files.wordpress.com/2019/11/australia_isolation_rooms_2007.pdf. Diakses pada 5 Juni 2015.

- Vonci, N., De Marco, M., Grasso, A., Spataro, G., Cevenini, G. dan Messina, G., 2019. Association between air changes and airborne microbial contamination in operating rooms. *Journal of Infection and Public Health*, 12(6), pp.827-830. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876034119301789>. Diakses pada 8 Oktober 2021.
- Wirjohamidjojo, S. dan Swarinoto, Y., 2010. *Iklim Kawasan Indonesia (Dari Aspek Dinamik - Sinoptik)*. [ebook] Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, pp.1-23. Available at: <https://www.scribd.com/document/437686955/Iklim-Kawasan-Indonesia>. Diakses pada 20 March 2020.
- World Health Organization, 2011. *Report on the Burden of Endemic Health Care-Associated Infection Worldwide*. Geneva, Switzerland: WHO Press. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/80135/9789241501507_eng.pdf. Diakses pada 7 Juni 2017.
- World Meteorological Organization, 2018. *Guide To Meteorological Instruments And Methods Of Observation*. Geneva, Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization. https://library.wmo.int/index.php?id=12407&danlvl=notice_display. Diakses pada 5 Juni 2021.
- Wulandari, K. dan Wahyudin, D., 2018. *Sanitasi Rumah Sakit*. 1st ed. Jakarta: Pusat Pendidikan Sumber Daya Kesehatan Kementerian Kesehatan. http://bppsdmk.kemkes.go.id/pusdiksdmk/wp-content/uploads/2018/09/Sanitasi-Rumah-Sakit_SC.pdf. Diakses pada 5 Juni 2021.
- Zarb P, Coignard B, Griskeviciene J, Muller A, Vankerckhoven V, Weist K, Goossens MM, Vaerenberg S, Hopkins S, Catry B, Monnet DL, Goossens H, Suetens C, National Contact Points for the ECDC pilot point prevalence survey, Hospital Contact Points for the ECDC pilot point prevalence survey. The European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) pilot point prevalence survey of healthcare-associated infections and antimicrobial use. *Euro Surveill*. 2012;17(46):pii=20316. Available online: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=20316>. Diakses pada 9 November 2021