

ANALISIS VENTILASI UDARA ALAMI PADA RUMAH SAKIT

Razali Thaib^{1*}

¹⁾ Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 15 Agustus 2020

Direvisi dari 02 September 2020

Diterima 30 November 2020

Kata Kunci:

ventilasi alamiah, kecepatan udara, rumah sakit, penyakit menular.

ABSTRAK

Partikel yang terkontaminasi di rumah sakit dapat menyebar dari pasien yang terinfeksi ke mereka yang dirawat di rumah sakit karena alasan yang tidak terkait penyakit. Rumah sakit daerah terutama kabupaten/kota yang tidak memiliki fasilitas isolasi yang baik, memerlukan strategi desain yang berfokus pada menghentikan atau mengendalikan penyebaran penyakit di antara pasien. Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisis kerja ventilasi udara alamiah, ayang ada di Rumah Sakit Daerah Kota Langsa. Adapun besaran yang di ukur meliputi suhu udara dalam dan luar ruangan, kecepatan udara, dan kelembaban. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan jendela harus ditempatkan di zona tekanan yang berlawanan. Dua bukaan di sisi berlawanan dari suatu ruang meningkatkan aliran ventilasi. Bukaan di sisi yang berdekatan memaksa udara untuk mengubah arah, memberikan ventilasi ke area yang lebih luas.

© 2020 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

PENDAHULUAN

Penyakit menular adalah penyakit yang dapat ditularkan (berpindah- pindah dari orang yang satu ke orang yang lainnya, baik secara langsung maupun tidak langsung maupun perantara). Penyakit menular ini ditandai dengan adanya agen atau penyebab penyakit yang hidup dan dapat berpindah. Penularan penyakit disebabkan proses infeksi oleh kuman.

Seluruh pasien yang dirawat di rumah sakit merupakan individu yang rentan terhadap penularan penyakit. Hal ini karena daya tahan tubuh pasien yang relative menurun. Penularan penyakit terhadap pasien yang dirawat di rumah sakit disebut infeksi nasokomial. Infeksi nasokomial dapat disebabkan oleh kelalaian tenaga medis atau penularan dari pasien lain. Pasien yang dengan penyakit infeksi menular dapat menularkan penyakitnya selama dirawat di rumah sakit. Penularan dapat melalui udara, cairan tubuh, makanan dan sebagainya.

Meningkatnya angka kejadian infeksi di rumah sakit, baik terhadap petugas kesehatan atau pasien yang dirawat di rumah sakit, mengharuskan diwujudkan suatu langkah pencegahan sehingga angka infeksi di rumah sakit dapat menurun. Salah satu upaya adalah dengan menyediakan fasilitas ruang isolasi yang bertujuan untuk merawat pasien dengan penyakit infeksi yang dianggap berbahaya di suatu

ruangan tersendiri, terpisah dari pasien lain, dan memiliki aturan khusus dalam prosedur pelayanannya.

Banyak orang di negara berkembang takut pergi ke rumah sakit untuk, katakanlah, patah kaki, karena mereka telah mendengar cerita tentang orang lain yang mendapatkan penyakit mematikan dan infeksi di rumah sakit.

Di rumah sakit, di mana tingkat ventilasi yang rendah berkorelasi positif dengan wabah penyakit dan penyebaran infeksi, sangat penting bagi pola aliran udara untuk menghentikan dan mengendalikan penyebaran penyakit menular.

Menurut (Escombe et al 2007) ventilasi alami terbukti efektif dalam mengurangi penularan penyakit TB di Peru. Kamar dengan ventilasi mekanis modern seharusnya memiliki 12 perubahan udara per jam tetapi pada kenyataannya ini tidak tercapai, karena sistem tidak dipelihara dengan baik. Persamaan Wells-Riley meramalkan bahwa jika orang yang berpenyakit TBC tidak diobati maka dalam waktu 24 jam orang ini akan menginfeksi 39% orang di ruangan berventilasi mekanis, 33% orang di kamar rumah sakit baru yang berventilasi alami, dan hanya 11% orang di kamar rumah sakit tua berventilasi alami.

(Jiang et al 2003) juga menemukan bahwa jendela ventilasi besar di dua gedung rumah sakit mengurangi

risiko infeksi oleh petugas kesehatan selama wabah SARS 2003 di Guandong.

Ventilasi alami menggunakan kekuatan alam, mis. Perbedaan angin dan kepadatan untuk mendorong aliran udara di dalam dan di sekitar bangunan. Secara umum, ventilasi alami dapat memberikan tingkat ventilasi yang tinggi lebih ekonomis daripada ventilasi mekanis, dan aliran udara serta suhunya sulit diprediksi dan dikendalikan. Namun, ventilasi alami modern juga merupakan solusi yang bergantung pada teknologi mirip dengan sistem mekanis. Tidak seperti sistem ventilasi alami tradisional, ventilasi alami saat ini bergantung pada sistem kontrol komputer modern, desain modern dari bukaan ventilasi, desain kipas bantu.

Dengan demikian, jika dirancang dengan baik, ventilasi alamiah juga dapat diandalkan, khususnya jika dikombinasikan dengan sistem mekanis menggunakan prinsip ventilasi hybrid (Aalborg 2002). Meskipun sebagian besar penelitian perancangan ventilasi rumah sakit dilakukan di negara maju, beberapa kelompok berusaha memanfaatkan konsep desain baru dan menerapkannya di negara berkembang.

Dalam merancang pengendalian penyebaran penyakit menular, sumber patogen, potensial kontak dengan inang, dan cara penularan yang dapat terjadi semua harus dikontrol. Mikroorganisme dapat memasuki rumah sakit melalui orang (seperti pekerja dan pengunjung) yang masuk dan keluar, atau pada benda mati yang bersentuhan dengan pasien.

Setiap orang memiliki tingkat kekebalan yang berbeda, yang berarti bahwa inang manusia tidak menyadari bahwa mereka membawa patogen tertentu. Ketidaktahuan ini menyebabkan mereka tanpa sengaja mencemari pasien. Patogen dapat ditularkan dengan berbagai cara, yang semuanya harus diatasi ketika merancang rumah sakit. Sarana penularan yang paling umum adalah kontak, tetesan, dan udara (Vikan dan Muhammad 2020).

Dalam laporan Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) Tahun 2009, menguraikan persyaratan desain untuk sistem ventilasi alamiah yang bertujuan untuk mengendalikan penyebaran infeksi yang ditularkan melalui udara. Diperlukan setidaknya 80 liter per detik per pasien udara segar, dan 160 liter udara / detik / pasien di ruang isolasi. Ini juga menetapkan 60 liter / detik / pasien untuk bangsal dan departemen rawat

jalan, dan 2,5 liter / detik / meter kubik untuk koridor. Kadang-kadang, ventilasi alami tidak dapat mendukung tingkat aliran udara ini (Atkinson et al).

Qian et al 2008 melakukan penelitian di mana mereka menilai pola aliran udara untuk menguji manfaat sistem ventilasi ke bawah jika dibandingkan dengan sistem tradisional di ruangan isolasi dan bangsal rumah sakit umum. Secara umum, tujuannya adalah untuk mencapai aliran udara laminar (tidak terganggu; kurang turbulen) yang membawa polutan langsung ke lubang buangan yang rencanakan. Analisa dilakukan menggunakan simulasi CFD dan eksperimental untuk memetakan pola aliran udara dan dispersi polutan dari pasien yang terinfeksi, Qian et al (Qian et al 2008) menemukan bahwa tidak mungkin untuk aliran udara ke bawah dipertahankan dengan empat kali perubahan udara per jam. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh lapisan batas termal di atas tubuh pasien, serta kesulitan menempatkan outlet pasokan dan pembuangan di lokasi yang optimal.

(Myrup et al, 2008) mempelajari strategi ventilasi yang berbeda dan potensinya pada ruang isolasi rumah sakit. Laporan mereka menawarkan tinjauan mendalam tentang ventilasi satu sisi, ventilasi tumpukan, ventilasi silang, ventilasi hybrid, dan ventilasi dengan pendinginan atau pemanasan udara sekitar. Sistem ventilasi satu sisi sangat bergantung pada daya apung termal dan angin. Yang pertama ditentukan oleh tinggi dan ukuran jendela, dan yang terakhir tergantung pada kondisi cuaca dan tekanan udara eksterior dan interior.

(Rydock et al 2004) menilai aliran udara sebagai fungsi geometri ruang, kisi-kisi jendela, dan arah kipas. Menggunakan CFD untuk memetakan kecepatan di sejumlah sistem, mereka menentukan mana yang terbaik di bawah kondisi yang berbeda untuk mempertahankan ACH (Air Change per Hours) yang diperlukan untuk bangsal penyakit menular. Mereka bertujuan untuk mengoptimalkan aliran udara dengan minimum intervensi mekanis. Mereka menyoroti bahwa banyak dari analisis mereka adalah lokasi spesifik, tetapi beberapa fitur arsitektur penting dalam berkontribusi terhadap aliran udara adalah halaman tengah, koridor luar, dan atap miring.

METODE PENELITIAN

Studi lapangan dilakukan di Rumah Sakit Daerah Kota Langsa. Penelitian dimulai dengan pengukuran lapangan tentang kenyamanan termal dalam ruangan

dan sifat lingkungan termal rumah sakit selama bulan September dan Oktober Tahun 2020. Pengukuran dilakukan dengan harapan mendapatkan variasi pengukuran suhu dalam dan luar ruangan, kelembaban relatif dan kecepatan udara. Pengukuran tersebut meliputi:

- Suhu yang diukur baik di dalam maupun di luar ruangan. Suhu udara di dalam ruang tertutup biasanya tidak konstan tetapi meningkat secara vertikal dari lantai ke langit-langit atau bervariasi secara horizontal dari dinding luar atau jendela ke dinding internal.
- Suhu radiasi: Ini adalah suhu permukaan ruangan yang tersedia. Ini adalah panas yang dipancarkan oleh permukaan seperti lantai, langit-langit, dan dinding. Suhu radiasi rata-rata yang akan digunakan merupakan rata-rata radiasi panas dari langit-langit, lantai dan dinding.
- Kecepatan udara: Pengukuran besaran dan arah kecepatan udara pada suatu titik sering kali diperlukan untuk menentukan laju aliran udara di dalam dan di luar ruangan. Pengukuran akan dilakukan pada atau mendekati tekanan atmosfer.
- Kelembaban udara: Ini adalah jumlah kelembapan yang dapat ditahan udara pada waktu tertentu. Namun, kelembapan spesifik dan relatif akan dipertimbangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

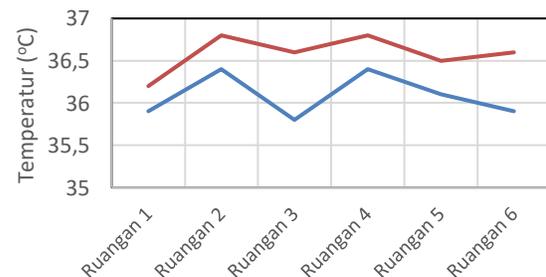
Fungsi utama dari semua bangunan adalah untuk beradaptasi dengan iklim yang ada dan menyediakan lingkungan internal dan eksternal yang nyaman dan kondusif bagi penghuninya. Namun di era perubahan iklim dan pemanasan global ini, memberikan kenyamanan bagi penghuni sebuah gedung cukup menantang dan sangat mendasar. Ini sebagai hasil dari berbagai tantangan yang sekarang dihadapi para desainer untuk menyediakan bangunan yang sesuai dan nyaman untuk abad ke-21. Kenyamanan termal pada dasarnya berkaitan dengan temperatur yang dianggap nyaman untuk ditinggali oleh penghuni. Kenyamanan termal dalam ruangan dicapai jika penghuni dapat melakukan aktivitas tanpa halangan yang menjadi tujuan bangunan tersebut. Oleh karena itu, penting untuk kesejahteraan, produktivitas, dan efisiensi penghuni. ASHRAE menggunakan hasil penelitian ekstensif yang dilakukan oleh Fanger (1970) untuk mendefinisikan kenyamanan termal sebagai kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termal.

Namun, untuk penelitian khusus yang dilakukan di kota metropolitan Ibadan ini, beberapa data dikumpulkan di lapangan tentang sensasi penghuni di musim hujan dan kemarau. Data ini dapat didefinisikan dengan baik dan diberi bentuk yang sesuai jika dianalisis. Dan analisis ini membuat peneliti sampai pada kesimpulan yang memberikan rekomendasi yang memadai dan efisien. Oleh karena itu, bab ini pada dasarnya digunakan untuk menganalisis, membahas dan menyajikan data secara bergambar guna mendapatkan hasil yang dibutuhkan.

Data Parameter Lingkungan

Hasil statistik dari data parameter lingkungan ditunjukkan pada tabel 1 berikut ini. Selama periode kemarau, temperatur udara dalam ruangan di dalam gedung ditemukan berada di antara 30,9 °C dan 31,3 °C dengan kelembaban relatif dalam ruangan antara 58% dan 71%. Hasil ini menunjukkan bahwa temperatur dan kelembaban relatif melebihi standar (ISO EN7730, 1994) untuk aktivitas pada daerah dengan iklim tropis. Temperatur yang ditentukan oleh standar harus antara 23 °C dan 26 °C dan kelembaban relatif antara 30% dan 70%. Kecepatan rata-rata 0.15 m/s masih dalam ambang batas < 0.2 m/s (ISOEN77304, 1994).

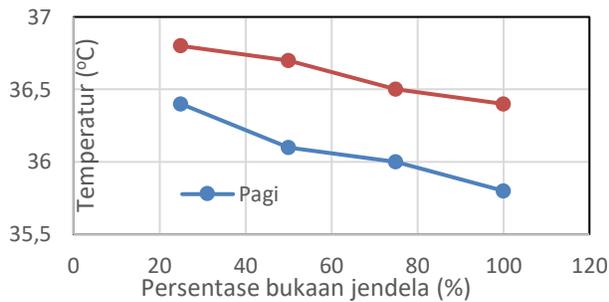
Hasil pengukuran temperatur kulit, pada 6 ruangan inap yang berbeda dengan persentase pembukaan jendela 25%, 50%, 75%, dan 100%, diberikan dalam Tabel 1. Dari tabel terlihat temperatur kulit berada pada kisaran 35 °C sampai dengan 37.1 °C. Hal ini jelas menunjukkan bahwa perubahan persentase bukaan jendela mempengaruhi temperatur kulit yang selanjutnya akan mempengaruhi tingkat kenyamanan penghuninya. Gambar 1 dan Gambar 2 masing-masing menunjukkan perubahan temperatur kulit pada setiap ruangan inap dan perubahan kulit akibat pembukaan jendela.



Gambar 1. Perubahan temperatur kulit rata-rata pada persentase bukaan jendela berbeda

Tabel 1. Pengaruh pembukaan jendela terhadap temperatur kulit penghuni ruangan

Ruangan	Persentase pembukaan jendela (%) / Temperatur kulit (oC)								Temperatur kulit rata-rata (oC)	
	25		50		75		100		Pagi	Siang
	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang		
1	36.2	36.6	36.1	36.5	35.8	35.9	35.4	35.8	35.9	36.2
2	36.6	37	36.4	36.8	36.3	36.7	36.1	36.6	36.4	36.8
3	35.9	36.7	35.9	36.6	35.8	36.6	35.7	36.5	35.8	36.6
4	36.4	36.9	36.3	36.8	36.2	36.7	36.1	36.7	36.4	36.8
5	36.3	36.9	36.2	36.8	36.1	36.7	35.7	36.6	36.1	36.5
6	36.8	36.8	35.7	36.7	35.6	36.6	35.5	36.2	35.9	36.6
rata-rata	36.4	36.8	36.1	36.7	36	36.5	35.8	36.4		



Gambar 2. Perubahan temperatur kulit rata-rata pada persentase bukaan jendela berbeda

Hasil pengukuran tersebut menegaskan adanya hubungan kuat yang menghubungkan pembukaan jendela dengan persepsi kenyamanan yang berkenaan dengan kualitas lingkungan dalam ruangan. Temperatur luar ruangan dan dalam ruangan, merupakan variabel terpenting dalam penentuan kemungkinan membuka dan menutup jendela. Sedangkan pada kenyataannya hanya kondisi temperatur dalam ruangan yang menjadi alasan untuk membuka jendela.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran temperatur permukaan dalam ruangan seperti ditunjukkan dalam Tabel 2. Dari table terlihat temperatur permukaan dinding, lantai dan plafon menurun seiring dengan penambahan persentase pembukaan jendela. Dan Temperatur terbesar terjadi pada permukaan plafon. Hal ini menunjukkan adanya pergerakan udara didalam ruangan.

Hasil pengukuran kecepatan udara, kelembaban udara diberikan dalam Tabel 3 dan dari tabel terlihat bahwa

Tabel 2. Distribusi temperature permukaan dalam ruangan dengan pembukaan jendela berbeda.

Persentase pembukaan jendela (%)	Temperatur permukaan dalam ruangan (oC)			Temperatur Rata-Rata (oC)
	Dinding	Lantai	Plafon	
25	36,4	32,3	36,7	35,1
50	36,1	31,9	36,7	34,9
75	35,9	31,4	36,1	34,5
100	35,8	31,1	35,9	34,3

Tabel 3. Kecepatan udara, kelembaban udara dalam ruangan dengan pembukaan jendela berbeda.

Persentase pembukaan jendela (%)	Temperatur (oC)	Kecepatan udara (m/s)	Kelembaban udara (%)	Temperatur Rata-Rata (oC)	Temperatur Rata-rata kulit (oC)
25	31,02	0,17	59,00	35,01	36,08
50	31,02	0,18	63,00	35,00	36,02
75	31,01	0,18	65,00	34,09	36,00
100	31,00	0,19	67,00	34,08	35,00

Dapat dilihat bahwa terdapat banyak parameter yang terlibat dalam ventilasi alami, yaitu temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan udara, temperatur radiasi, temperatur kulit arah angin, perbedaan ketinggian bukaan dan lokasi bukaan. Makalah ini membahas penggunaan hasil dari lapangan untuk menginformasikan standar termal di gedung. Studi lapangan menunjukkan bahwa indeks rasional sulit digunakan dalam situasi nyata dan merupakan indikator buruk dari kondisi nyaman di gedung.

Hal ini menunjukkan bahwa hubungan yang didasarkan pada eksperimen laboratorium harus diuji di lapangan sebelum dimasukkan dalam standar. Pendekatan adaptif memungkinkan perancang bangunan untuk memperkirakan temperatur dalam ruangan yang menurut penghuni bangunan paling nyaman, terutama di bangunan yang berjalan bebas.

Oleh karena itu, secara praktis dapat disimpulkan bahwa ukuran bukaan jendela, posisi dan lokasi sangat mempengaruhi laju operasi parameter lingkungan luar ruang - kecepatan udara, temperatur udara, kelembaban - pada lingkungan dalam ruangan. Dari penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap tingkat sensasi penghuni terhadap temperatur, kelembaban dan kecepatan udara.

KESIMPULAN

Penting untuk memahami sifat umum ventilasi alami dan pedoman ini memberikan beberapa wawasan tentang konsep ventilasi alami.

- Di iklim yang hangat dan lembab, kecepatan udara di zona yang ditempati - kamar tidur dan ruang keluarga - harus dimaksimalkan untuk pendinginan tubuh.
- Manfaatkan topografi, lansekap, dan bangunan di sekitarnya untuk mengarahkan aliran udara dan memberikan paparan angin yang maksimal. Gunakan vegetasi untuk menyalurkan angin dan hindari penghalang angin, yang mengurangi perbedaan tekanan aliran udara di sekitar gedung.
- Bentuk bangunan untuk mengekspos luas permukaan maksimum ke angin sepoi-sepoi.
- Gunakan elemen arsitektur seperti dinding sayap, tembok pembatas, dan overhang untuk mendorong aliran udara ke interior bangunan.
- Fasad bangunan yang panjang dan sebagian besar bukaan pintu dan jendela harus diorientasikan dengan memperhatikan angin barat daya yang berlaku. Jika tidak ada arah yang berlaku, bukaan harus cukup untuk memberikan ventilasi terlepas dari arah angin.
- Jendela harus ditempatkan di zona tekanan yang berlawanan. Dua bukaan di sisi berlawanan dari suatu ruang meningkatkan aliran ventilasi. Bukaan di sisi yang berdekatan memaksa udara untuk mengubah arah, memberikan ventilasi ke area yang lebih luas. Manfaat pengaturan jendela tergantung pada lokasi keluaran relatif terhadap arah aliran udara masuk.
- Jika sebuah ruangan hanya memiliki satu dinding luar, aliran udara yang lebih baik dapat dicapai dengan dua jendela dengan jarak yang lebar.
- Jika bukaan berada pada tingkat yang sama dan dekat dengan langit-langit, banyak aliran dapat melewati tingkat yang ditempati dan menjadi tidak efektif dalam mengencerkan kontaminan di sana.
- Efek tumpukan memerlukan jarak vertikal antara bukaan untuk memanfaatkan efek tumpukan; semakin besar jarak vertikal, semakin besar ventilasi.
- Bukaan di sekitar Neutral Pressure Level (NPL) paling tidak efektif untuk ventilasi yang di induksi secara termal. Jika bangunan hanya memiliki satu bukaan besar, NPL cenderung bergerak ke tingkat tersebut, yang mengurangi tekanan di bukaan tersebut.
- Jendela saluran masuk yang lebih kecil dari saluran keluar menghasilkan kecepatan saluran masuk yang lebih tinggi. Aturan praktisnya adalah memiliki area keluaran 50% lebih besar dari area inlet, dengan asumsi bahwa mereka tidak memiliki kecenderungan untuk membalikkan peran dengan perubahan arah angin.
- Bukaan dengan area yang jauh lebih luas dari yang dihitung terkadang diperlukan untuk mengantisipasi peningkatan hunian atau cuaca yang sangat panas.
- Jendela horizontal umumnya lebih baik daripada jendela persegi atau vertikal. Mereka menghasilkan lebih banyak aliran udara di berbagai arah angin dan paling bermanfaat di lokasi di mana pola angin yang berlaku bergeser.
- Bukaan jendela harus dapat diakses dan dioperasikan oleh penghuni.
- Jendela jenis tingkap jauh kurang efektif dibandingkan dengan jendela geser.
- Bukaan saluran masuk tidak boleh terhalang oleh partisi dalam ruangan. Partisi dapat ditempatkan untuk memisahkan dan mengarahkan aliran udara, tetapi tidak boleh membatasi aliran antara inlet dan outlet bangunan.
- Airshaft vertikal atau tangga terbuka dapat digunakan untuk menambah dan memanfaatkan efek tumpukan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. R. Escombe *et al.*, “Natural Ventilation for the Prevention of Airborne Contagion,” vol. 4, no. 2, 2007.
- A. W. Vikan and M. Sc, “Designing Simplified Airborne Infection Isolation Rooms to Reduce Infection Rate in Future Pandemics,” vol. 125, pp. 280–287, 2020.
- H. Qian, Y. Li, P. V Nielsen, and C. E. Hyldgaard, “Dispersion of exhalation pollutants in a two-bed hospital ward with a downward ventilation system,” vol. 43, pp. 344–354, 2008.
- Hybrid Ventilation Centre, *PRINCIPLES of HYBRID VENTILATION*. Aalborg University, Aalborg, Denmark First Published, 2002.
- J. Atkinson, Y. Chartier, C. L. Pessoa-silva, P. Jensen, and Y. Li, “Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings.”
- J. P. Rydock and P. K. Eian, “Containment testing of isolation rooms,” pp. 228–232, 2004.
- M. L. Myrup, “Natural ventilation in hospitals,” Aalborg University, 2008.
- S. Jiang *et al.*, “Ventilation of wards and nosocomial outbreak of severe acute respiratory syndrome among healthcare workers.,” *Chin. Med. J. (Engl.)*, vol. 116, no. 9, pp. 1293–1297, Sep. 2003.