

# KAITAN SISTEM VENTILASI BANGUNAN DENGAN KEBERADAAN MIKROORGANISME UDARA

**Moerdjoko**

Staf Pengajar Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Arsitektur, Universitas Trisakti

## ABSTRAK

Peningkatan pengetahuan dan teknologi bangunan untuk mengkondisikan 'ruang dalam' yang nyaman dan sehat dalam sistem pengaturan suhu udara, telah digunakan untuk mengendalikan 'ruang dalam' yang luas pada kantor-kantor dan bangunan publik. Apa yang sering disebut sebagai "sick building syndrome" sering dikeluhkan, sebagai kejadian yang menyebabkan berbagai gejala penyakit yang dilaporkan oleh penghuni gedung. Ventilasi yang kurang serta mutu udara yang tidak sehat, sering menjadi penyebab utama dari keluhan ini. Dalam banyak kasus penyelidikan telah dilakukan untuk mengidentifikasi polutan seperti biogenik seperti 'mold' dan bakteri yang dibawa melalui udara.

Studi ini berniat untuk menghubungkan sistem sirkulasi udara dengan tumbuhnya mikroorganisme di dalam ruang yang udaranya dikondisikan dan ruang dengan ventilasi alam. Riset ini ditujukan untuk masyarakat luas, yang mencakup disiplin kesehatan masyarakat, para profesional lingkungan, arsitek dan akademi.

**Kata kunci:** kenyamanan, AC, sistem ventilasi udara.

## ABSTRACT

*The building knowledge and technology have been increased regarding to make room comfortable and healthy, and air conditioning (HVAC) system had been used for indoor control of large offices and other public access buildings. The appellation "Sick Building Syndrome" is applied to occurrences of variety of illness symptoms reported by occupants. Inadequate ventilation and poor air quality was described as the primary cause of illness complaints; in most cases the focus of investigations has been carried out to identify the pollutant like a biogenic particles such as mold and bacteria by air quality monitoring. In this case the study intends to correlate the air circulation system and the growth of microorganism in the room with air conditioning and room without air conditioning (natural ventilation).*

*The research is intended for a variety of audience, including public health and environmental professionals, architect and academics.*

**Keywords:** comfortable, air conditioning, air circulation system.

## PENDAHULUAN

### Latar belakang

Udara merupakan elemen yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Tanpa ada udara manusia tidak dapat bertahan hidup. Adanya ventilasi di dalam ruangan akan memudahkan pergerakan udara, dari luar ruang akan masuk ke dalam ruangan, sehingga ada pergantian udara. Karena kualitas udara yang buruk dalam ruangan sering menimbulkan keluhan pada penghuninya seperti sakit kepala, tenggorokan kering, iritasi pada mata dan kulit, kehilangan konsentrasi dan menurunnya prestasi kerja atau yang biasa disebut "Sick Building Syndrome".

Kenyamanan ruangan menjadi hal penting bagi penghuni. Unsur kenyamanan meliputi kenyamanan thennis, kelembaban, akustik,

penerangan dan visual termasuk kualitas udara dalam ruangan yang dipengaruhi oleh semua elemen yang berada dalam ruangan itu sendiri, termasuk perilaku pengguna ruangan dan sistem ventilasi serta sirkulasi udara. Udara dalam ruang yang mengandung bahan pencemar seperti Oksida Nitrogen, Karbon Dioksida, Formaldehid dan Mikroorganisme, dengan adanya pergerakan udara diharapkan dapat memperbaiki kualitas udara, sehingga meningkatkan kenyamanan dan kesehatan pengguna ruangan tersebut.

Mikroorganisme di udara merupakan unsur pencemaran yang sangat berarti sebagai penyebab gejala berbagai penyakit antara lain iritasi mata, kulit, saluran pernapasan (ISPA) dan lain-lain. Mikroorganisme dapat berada di udara melalui berbagai cara terutama dari debu yang berterbangan. Debu yang mengandung mikroorganisme antara lain berasal dari tanah, kotoran hewan/manusia dan bahan buangan lain.

Jumlah koloni mikroorganisme di udara tergantung pada aktifitas dalam ruangan serta banyaknya debu dan kotoran lain. Ruangan yang kotor akan berisi udara yang banyak mengandung mikroorganisme dari pada ruangan yang bersih.

### Hipotesa

Dalam pengumpulan data empirik, peneliti menduga adanya hubungan antara beberapa variabel:

- a. ada hubungan antara sistem ventilasi dalam ruangan dengan pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme
- b. ada hubungan antara temperatur dan kelembaban udara dalam ruangan dengan pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme
- c. ada hubungan antara intensitas sirkulasi udara dalam ruangan dengan pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme

### TUJUAN PENELITIAN

Berusaha mengetahui seberapa besar pengaruh ventilasi udara dalam ruangan, baik yang menggunakan pengontrol udara (Air Conditioning) maupun yang tidak terhadap kualitas udara khususnya terhadap pencemar biogenik.

### KAJIAN PUSTAKA

#### Sistem ventilasi bangunan

Sistem ventilasi adalah masalah pergerakan udara dimana udara dalam ruangan selalu mengalir sehingga udara yang buruk selalu berganti dengan udara yang bersih. Dengan udara yang selalu bergerak diharapkan kondisi udara di dalam ruangan akan bertambah baik, meliputi kenyamanan dan kualitasnya.

Ventilasi yang dimaksud disini adalah proses pemasukan udara (bersih) dan pengeluaran udara yang berkualitas buruk atau kurang baik dari dalam ruangan. Ventilasi dapat berjalan secara alami (natural) ataupun mekanikal (buatan) dengan menggunakan bantuan alat.

Dengan ventilasi alami, pemasukan dan pengeluaran udara berjalan secara alamiah tanpa menggunakan alat. Sehingga banyak tergantung

pada kekuatan angin dan perbedaan tekanan udara serta temperatur di luar dan di dalam ruangan. Angin yang menerpa bangunan akan mengakibatkan tekanan positif (+) pada bidang penerima angin datang, dan mengakibatkan tekanan negatif (-) pada bidang yang berlawanan dan pada bidang samping.

Hal ini menyebabkan udara masuk ke dalam bangunan melalui lubang-lubang ventilasi dari berbagai tekanan positif ke arah tekanan negatif. Aliran udara dalam ruang juga dapat terjadi karena perbedaan temperatur udara yang mengakibatkan perbedaan tekanan secara vertikal.

Kedua pola ini dapat diatur dalam perancangan ruang-ruang yang harus saling mendukung dan tidak saling berlawanan. Besarnya tekanan angin pada bangunan tergantung pada banyak faktor, yaitu kecepatan angin itu sendiri, ukuran dan bentuk geometri dari bangunan dan sudut datangnya angin. Lubang ventilasi dan penempatannya harus dirancang demikian agar dapat memenuhi kebutuhan pengaturan udara dalam ruang.

#### Sick Building Syndrome

Apabila penghuni suatu ruangan lebih dari 30% sering mengalami gangguan kesehatan, tanpa diketahui sebab yang jelas dan gangguan tersebut hilang dalam beberapa saat setelah keluar dari ruangan, kejadian demikian disebut Sick Building Syndrome. Keluhan-keluhan kesehatan yang dapat digolongkan sebagai gejala Sick Building Syndrome adalah keluhan di hidung (tersumbat, gatal dan keluar cairan), keluhan di mata (keluar air mata, gatal dan iritasi), keluhan sakit kepala, badan lesu, sukar bernapas, dada sesak, bernapas dengan bersuara dan keluhan seperti demam, sakit otot dan sendi-sendi.

World Health Organization (WHO) telah menentukan beberapa "features" yang umumnya terdapat pada Sick Building Syndrome yaitu biasanya bangunan tersebut dilengkapi dengan sistem Air Conditioning, menggunakan bahan finishing tekstil di dalam gedung, gordijn, karpet, dan dinding luar tertutup rapat (air tight). Kemungkinan terjadinya Sick Building Syndrome dapat juga disebabkan oleh air borne pollutant, seperti chemical pollutants, debu dari luar dan dalam ruangan serta kontaminasi mikroorganisme, odours yang digunakan dalam ruangan, fresh air supply yang kurang memadai,

kelembaban nisbi yang terlalu rendah dan hal-hal yang bersifat psikologis

**Pencemar udara oleh mikroorganisme**

Pencemaran udara yang terjadi di dalam ruang karena pengaruh benda-benda dan bahan-bahan di dalam ruangan serta perilaku aktifitas pengguna ruangan seperti memasak, merokok, penerangan dsb. Bahan sintesis masa kini yang sering digunakan sebagai bahan finishing interior dan mikroorganisme yang terbawa oleh debu di dalam ruang berperan besar menyebabkan beberapa gangguan kesehatan terutama alergi dan asma, yang sebenarnya berasal dari pencemaran debu biogenik, yaitu debu/partikulat yang mengandung mikroorganisme, baik itu tungau (sering disebut dust mites) maupun jamur (mold) dan bakteri (*Legionella pneumophilla*).

**Tabel 1. Sumber Kontaminan Pencemar Udara Dalam Ruang**

Sumber kontaminan	Jumlah	%
Bahan bangunan	14	4
Mikroorganisme	19	5
Udara luar ruangan	38	11
Udara dalam ruangan	67	19
Ventilasi buruk	179	50
Tidak diketahui	39	11
Total	356	100

Sumber: NIOSH dalam Godish (1991)

Mikroorganisme yang berada di dalam ruang dapat bertambah banyak karena adanya faktor yang mendukung pertumbuhannya, yaitu kelembaban udara, yang berkaitan erat dengan musim yang terjadi pada saat itu. Kelembaban ruang yang berkisar antara 25 - 75% sangat mempengaruhi pertumbuhan spora jamur. Jenis-jenis bakteri yang pathogen pada manusia yang banyak terdapat di dalam ruangan adalah jenis *Legionella*. Bakteri berasal dari soil borne yang kemudian masuk ruangan saat penggalian atau saat pembangunan.

**Analisa statistik**

Logistic regression adalah pendekatan model matematik yang dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan beberapa variabel bebas kepada variabel terikat yang dichotomous (Hosmer & Lemeshow, 1989). Fungsi logistik jika digambarkan dalam model matematis adalah:

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

nilai fungsi ini berada antara -  $\infty$  <  $z$  <  $\infty$  yang dapat ditulis sebagai probability  $P(D=1 | X_1, X_2, X_k)$  atau secara sederhana  $P(X)$  dimana  $X$  adalah variabel  $X_1$  sampai  $X_k$  (Kleinbaum, D.G., 1994).

$$P(X) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \sum \beta_i X_i)}} \ln P = \ln [\exp(\alpha + \beta X)]$$

Transformasi logit menjadi model regresi logistik adalah:  $\text{Logit}(p) = \alpha + \beta X$  (Prasetyo, S., 1996)

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan pada ruang sidang jurusan Arsitektur USAKTI sebagai sampel bangunan perkantoran yang menggunakan pendingin ruang (AC) dan rumah tinggal yang mewakili ruang yang tidak menggunakan pendingin ruang (non-AC). Pelaksanaan penelitian selama satu tahun untuk mengumpulkan data pada musim kemarau dan musim penghujan.

Desain penelitian yang digunakan adalah *cross sectional* dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Semua variabel penelitian yang masuk kriteria inklusi dimasukkan sebagai data dan diolah dengan bantuan *software SPSS (Statistical Product and Services Solutions)*. Analisa data dilakukan melalui tahap univariat, bivariat dan multivariat sesuai dengan kerangka konsep berikut:

Sebagai variabel terikat *independent variable* adalah jumlah koloni mikroorganisme udara, sedangkan variabel bebas *independent variable* adalah sistem ventilasi (apakah menggunakan AC atau tidak). Variabel lain yang dianggap sebagai konfounding adalah temperatur, kelembaban dan sirkulasi udara (ada pergerakan udara atau tidak )

**DISKUSI**

Hasil pengamatan mikroorganisme udara yang dibiakkan pada cawan petri menunjukkan bahwa jumlah koloni mikroorganisme pada ruang yang menggunakan AC lebih sedikit dibandingkan mikroorganisme dari ruangan yang tidak menggunakan AC (tabel 3). Batas jumlah koloni yang digunakan sebagai standar kualitatif banyak-sedikit adalah 20 koloni dalam satu cawan petri, sesuai dengan ketentuan yang

umum digunakan oleh WHO untuk mikroorganisme udara (Godish, 1991).

**Tabel 3. Jumlah koloni mikroorganisme udara pada lokasi penelitian**

Ruang	Jumlah mikroba (koloni)	Temperatur ruang (°t C)	Kelembaban ruang (% relatif)
Ber AC	3-15 (< 20)	23,8	49,8
Non AC	24-43 (> 20)	28,8	71,2

Dari tabel 3 di atas diketahui bahwa mikroorganisme udara pada ruang yang menggunakan AC lebih sedikit dibanding yang tidak ber AC, yaitu antara 3 -15 koloni ( $\leq$  20 koloni) per cawan petri. Sedangkan pada ruang yang tidak menggunakan AC jumlah koloni per cawan petri adalah 24 - 43 koloni ( $>$  20 koloni). Untuk memudahkan analisa maka jumlah koloni dikelompokkan menjadi kategorik dengan batas pembagian 20 koloni sesuai dengan ketentuan yang umum dipakai.

Untuk pertumbuhan optimal, mikroorganisme memerlukan lingkungan yang memadai. Pada ruangan yang tidak menggunakan pengontrol udara maka pengaruh udara luar sangat berperan, seperti temperatur dan kelembaban. Maka temperatur dan kelembaban ruang tergantung pada temperatur dan kelembaban udara luar. Pada musim hujan temperatur udara relatif rendah dan kelembaban sangat tinggi, sehingga merupakan media sangat baik untuk tumbuhnya mikroorganisme. Tetapi pada ruang yang menggunakan *air conditioning* (AC) temperatur dan kelembaban diatur dengan alat tersebut, sehingga kondisi udara menjadi media yang kurang menguntungkan untuk pertumbuhan mikroorganisme. Oleh sebab itu jumlah dan jenis mikroorganisme yang teridentifikasi pada cawan petri tidak banyak. Berbeda halnya dengan sampel yang diambil dari ruang non-AC, jumlah dan jenis mikroorganisme bervariasi.

Lingkungan (termasuk di dalamnya mahluk hidup) adalah suatu sistem yang saling terkait dan mempengaruhi satu sama lain. Dalam hal ini antara temperatur dan kelembaban adalah variabel yang sangat berkaitan erat dan keduanya saling mempengaruhi. Sehingga dalam analisa ditinjau kemungkinan adanya interaksi antara kedua variabel ini. Hasil analisa semua variabel yang termasuk kriteria inklusi dan kemungkinan adanya interaksi antar variabel tersebut ditampilkan pada tabel 4.

**Table 4. Hasil analisa statistik antara jumlah koloni mikroorganisme udara dengan digunakannya sistem ventilasi dalam ruang (AC dan non-AC)**

Variabel	$\beta$	Nilai p	Resiko relatif
Sistem ventilasi	2,7734	0,0781	16,0132
Sistem sirkulasi	9,1709	0,9278	9613,1547
Temperatur	3,6260	0,2814	37,5636
Kelembaban	1,5638	0,3311	4,7772
Ventilasi *	0,3626	0,9955	1,4370
Sirkulasi			
Temperatur *	0,0510	0,3702	0,9503
Kelembaban			
Konstan ( $\alpha$ )	-126,212		

Dari tabel tersebut diketahui variabel yang mempunyai pengaruh terbesar terhadap keberadaan mikroorganisme udara adalah sistem sirkulasi. Artinya dengan sirkulasi yang baik dimana udara dapat bergerak atau bertukar maka mikroorganisme akan berkurang jumlahnya. Sebaliknya jika sirkulasi buruk dimana udara relatif tidak bergerak atau ada pergerakan tetapi sedikit dan tidak mampu mengganti udara berkualitas buruk dengan udara bersih/segar maka kemungkinan akan mengandung mikroorganisme lebih besar, dengan probabilitas mencapai 9613 kali sesuai tabel 4 di atas. Angka ini berarti pada ruangan yang menggunakan AC ataupun ventilasi alami, jika sirkulasi udara buruk maka mikroorganisme akan tetap dapat tumbuh, asalkan temperatur dan kelembaban memenuhi syarat. Dalam hal ini temperatur tinggi (jumlah koloni banyak) dan temperatur rendah (jumlah koloni sedikit) sebagai urutan tingkat faktor peran dalam pertumbuhan mikroorganisme dalam ruang sebagai berikut:

1. sirkulasi udara (baik -buruk) (resiko relatif = 9613,15)
2. temperatur (resiko relatif = 37,56)
3. sistem ventilasi (ada -tidak ada AC) (resiko relatif = 16,01)
4. kelembaban udara (resiko relatif = 4,78)

Model persamaan matematik melalui regresi logistik yang dapat dibuat adalah:

$$Y = \alpha + \beta X$$

$$\begin{aligned} \text{Logit (p)} &= \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \\ &= \alpha + \beta_1 (\text{sistem ventilasi atau penggunaan AC}) \\ &+ \beta_2 (\text{sistem sirkulasi}) + \beta_3 (\text{temperatur}) + \beta_4 (\text{kelembaban}) \\ &+ \beta_5 (\text{ventilasi * sirkulasi}) + \beta_6 (\text{temperatur * kelembaban}) \end{aligned}$$

Probabilitas diperoleh dengan rumus:

$$P = \frac{1}{1 + \exp^{-(\log it p)}} \text{ (Kleinbaum, D.G., 1994).}$$

Jika koefisien ( $\beta$ ) pada tabel 4 dimasukkan ke persamaan di atas, pada keadaan ruangan yang menggunakan AC, kelembaban 50% dan temperatur ruang 24°C maka probabilitas untuk tidak terdapat mikroorganisme dalam ruang dengan kondisi tersebut adalah 96%. Dengan demikian hipotesis telah terjawab.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dengan pengamatan empirik dan hasil analisis statistik yang dilakukan pada ruangan ber-AC (ruang sidang jurusan Arsitektur Universitas Trisakti) dan ruangan tidak ber-AC (rumah tinggal) dapat diambil kesimpulan:

1. Terdapat hubungan yang bermakna (signifikan) secara statistik antara jumlah koloni mikroorganisme pada ruangan ber-AC dan ruangan tidak ber-AC (ventilasi alami) dengan kemungkinan adanya mikroorganisme pada ruangan tanpa AC adalah 1,08x lebih besar dari pada ruangan yang menggunakan AC.
2. Sirkulasi udara berperan cukup signifikan terhadap jumlah koloni mikroorganisme. Lokasi yang mempunyai sirkulasi udara buruk kemungkinan untuk mengandung mikroorganisme udara sebesar 2,98x lebih tinggi dibandingkan lokasi dengan sirkulasi udara baik, pada ruang tanpa AC maupun ruang ber-AC
3. Menurut urutan besarnya pengaruh terhadap jumlah koloni mikroorganisme udara pada ruang ber AC dan tanpa AC adalah sirkulasi udara, temperatur udara, sistem ventilasi (ber-AC/ tanpa AC) dan kelembaban. Dari estimasi model menunjukkan bahwa ruangan yang menggunakan AC mempunyai probabilitas untuk tidak terdapat mikroorganisme udara sebesar 96%.

### SARAN

1. Untuk mendapatkan kualitas udara yang baik dan nyaman, pengaturan tata letak (*block plan*) bangunan perlu mempertimbangkan arah angin segar dengan kandungan polutan udara yang minim.

2. Dalam membangun gedung perlu memperhatikan penggunaan *finishing material* (terutama interior) yang mudah dibersihkan dari debu dan polutan.
3. Mengatur letak lubang ventilasi yang tepat termasuk pintu dan jendela atau lainnya, yaitu dari arah datangnya angin yang segar sehingga dapat meningkatkan kualitas udara dalam ruangan.
4. Diusahakan agar tiap titik (sudut) di dalam ruangan selalu ada pergerakan atau sirkulasi udara, kalau perlu dengan alat bantu seperti *fan*, *air conditioning*, ventilasi dan lain-lain
5. Memasukkan sinar matahari pagi ke dalam ruangan satu atau dua jam secara periodik, karena sinar ultra violet di kenal sebagai antiseptik, dapat membunuh mikroorganisme
6. Membersihkan secara periodik filter pada sistem HV AC untuk mencegah masuknya dan bersarangnya mikroorganisme dan polutan yang lain di dalam ruangan

### DAFTAR PUSTAKA

- Baechler, Mc et al, *Sick Building Syndrome: Source, Health Effects, Mitigation*, New Jersey: Noyes Data Corporation. 1991.
- Dermott, H.Mc., *Handbook of Ventilation for Contaminant Control*, Boston: Butterworth Publisher. 1985.
- Godish, Thad, *Indoor Air Pollution Control*, Lewis Ptlblishers, Inc.121 South Main Street, Chelsea Michigan 48118. 1991.
- Hosmer, D.W., Lemeshow, S., *Applied Logis/ic Regression*, A Wiley- Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York - Singapore. 1989.
- Kleinbaum, D.G., *Logistic Regression. A Self Learning Text*, Springer-Verlag, New York -Budapest. 1994.
- Prasetyo, S., *Analisis Regresi Linier dan Analisis Regresi Logistik*, Jurusan Kependudukan dan Biostatistik Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Jakarta. 1996.
- Sumhudi, M., Aslam, *Komposisi Disain Riset*, Lembaga Penelitian Universitas Trisakti, Jakarta. 1986.
- Supranto, J., *Statistik*, jilid I, Erlangga, Jakarta. 1987.