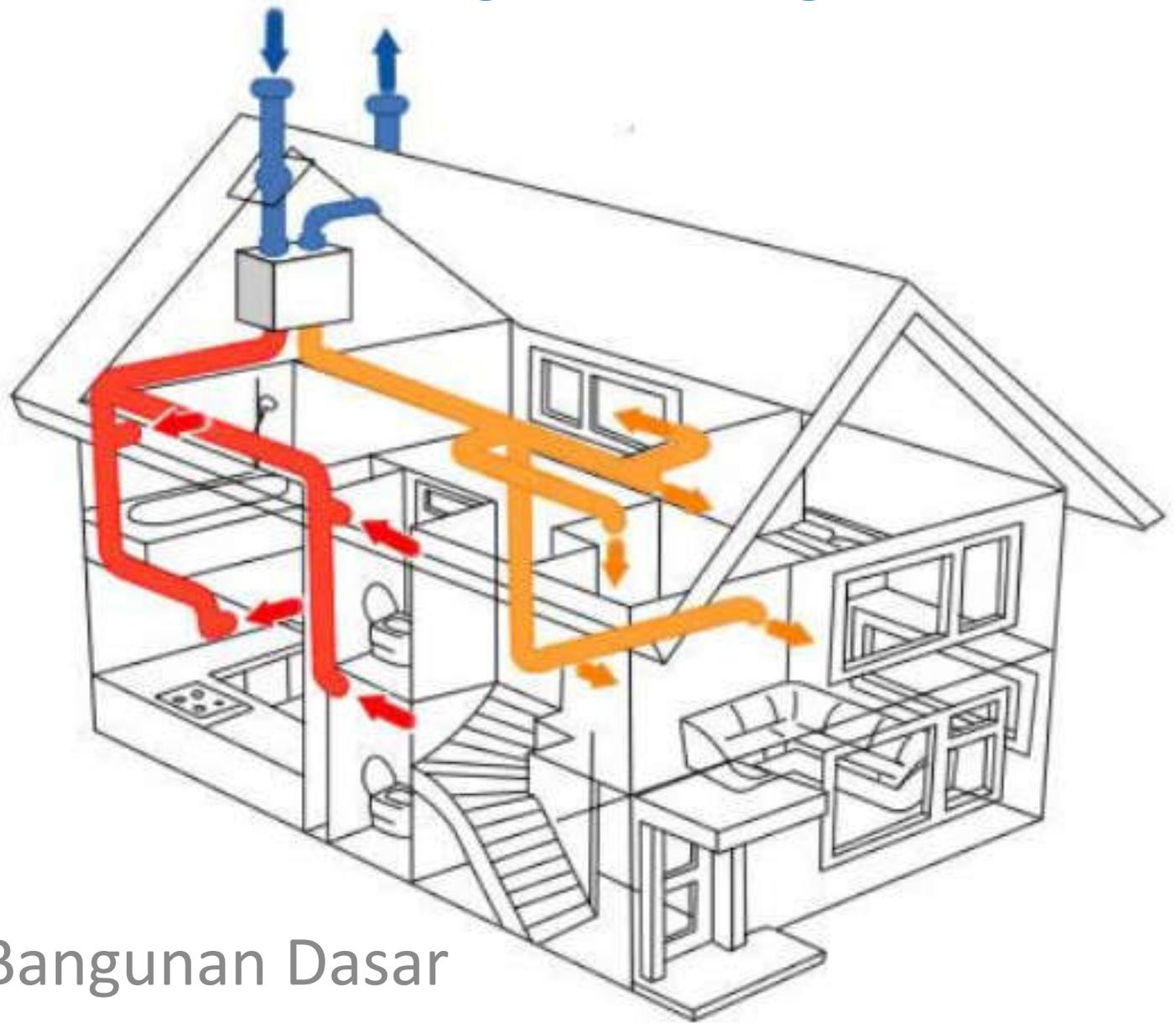


Ventilasi di Tempat Kerja



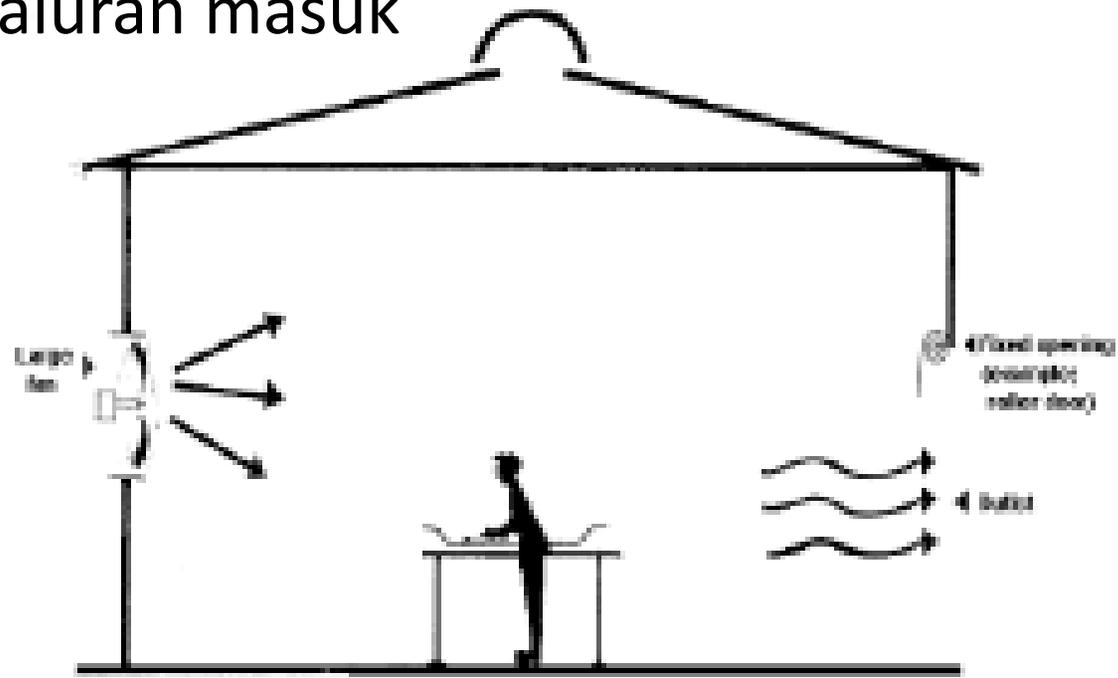
Utilitas Bangunan Dasar

Ventilasi di Tempat Kerja

Eko Hartini – F.Kes Udinus

Definisi Ventilasi

- Adalah proses pertukaran udara dengan cara pengeluaran udara terkontaminasi dari suatu ruang kerja, melalui saluran buang, dan pemasukan udara segar melalui saluran masuk



General dilution ventilation

Definisi Ventilasi - **SNI 03-6572-2001**

- Ventilasi merupakan proses untuk mencatu udara segar ke dalam bangunan gedung dalam jumlah yang sesuai kebutuhan.

Tujuan Ventilasi

- Menyediakan pasokan udara segar di luar secara kontinu.
- Mempertahankan suhu dan kelembaban di tingkat yang nyaman.
- Mengurangi potensi bahaya kebakaran atau ledakan.
- Mencairkan konsentrasi kontaminan dalam udara di lingkungan tempat kerja
- Mengontrol kontaminan meliputi:
 - menghilangkan penggunaan bahan kimia berbahaya atau material,
 - mengganti dengan bahan kimia yang kurang beracun, atau perubahan proses

Tujuan Ventilasi - SNI 03-6572-2001

- menghilangkan gas-gas yang tidak menyenangkan yang ditimbulkan oleh keringat dan sebagainya dan gas-gas pembakaran (CO₂) yang ditimbulkan oleh pernafasan dan proses-proses pembakaran.
- menghilangkan uap air yang timbul sewaktu memasak, mandi dan sebagainya.
- menghilangkan kalor yang berlebihan.
- membantu mendapatkan kenyamanan termal.

Penerapan sistem ventilasi berkaitan....

- sistem pabrik,
- perbedaan pemakaian bahan baku,
- perbedaan proses,
- perbedaan senyawa kimia karena penggunaan bahan kimia.

Jenis Ventilasi di Tempat Kerja

- ventilasi sistem pengenceran,
- ventilasi pengeluaran setempat,
- ventilasi sistem tertutup,
- ventilasi kenyamanan,

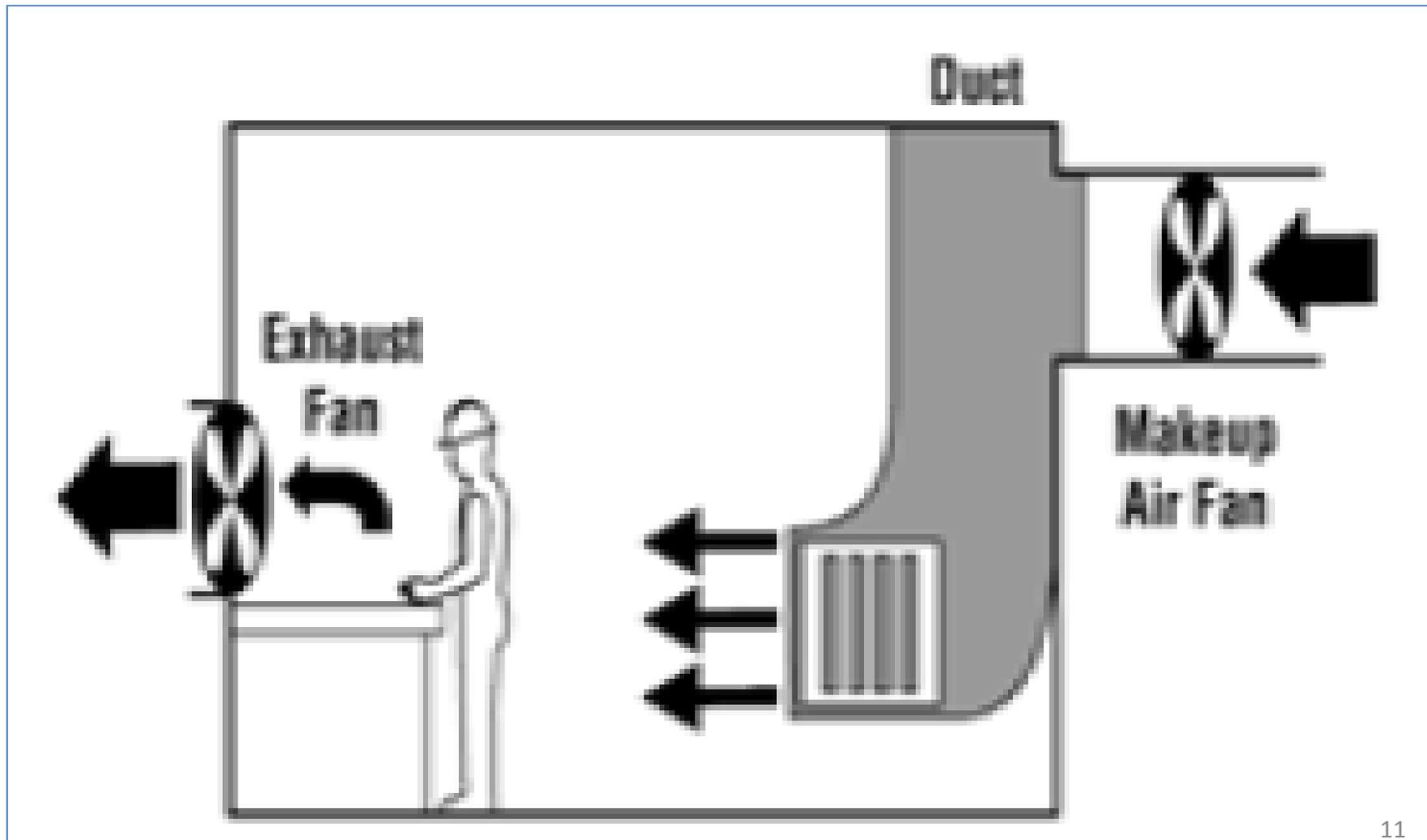
Dilusin (general) ventilasi/ Ventilasi Pengenceran Udara,

- Pengenceran terhadap udara yang terkontaminasi di dalam bangunan atau ruangan, dengan meniup **udara bersih** (tidak tercemar),
- Tujuannya untuk mengendalikan bahaya di tempat kerja.

pengenceran udara

- Dilusi ventilasi biasanya dicapai dengan cara mengencerkan udara yang terkontaminasi atau mengandung gas yang mudah terbakar dengan meniupkan udara ketempat kerja dan mengeluarkan kembali lewat saluran buang.
- Ventilasi pengenceran udara dapat lebih efektif jika exhaust fan terletak dekat dengan pekerja yang terpapar dan udara yang di makeup terletak di belakang pekerja sehingga udara yang tercemar akan jauh dari zona pernapasan pekerja.

Tipe Dilusi Ventilasi rekomendasi dari ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist)



Dilusi Ventilasi



APLIKASI

- Jika 6 liter methanol yang tertumpah dalam selang waktu 1 jam pada suatu ruang kerja.
- Hitunglah tingkat pengenceran (dalam cfm), yang diperlukan untuk mengurangi tingkat paparan kepada pekerja yang terpapar, dengan level dibawah NAB?

DATA:

- NAB/TLV = 220 ppm
- Berat Jenis (SG) = 0,792
- Tingkat emisi (ER) = 6/60 liter/menit
- Berat Melekul (MW) = 32,04
- Factor (k) = 4

Jawaban....

$$Q' = \frac{(403 * 10^6 * SG * ER)}{(MW * C)}$$

$$Q' = \frac{(403 * 10^6 * 0,792 * 6/60)}{32,03 * 220} = 4528,09 \text{ cfm}$$

$$Q = Q' \cdot k$$

$$Q = 4528,09 * 4 =$$

$$Q = 18.126,36 \text{ cfm}$$

Maka tingkat pengenceran adalah sebesar 18.126 cfm

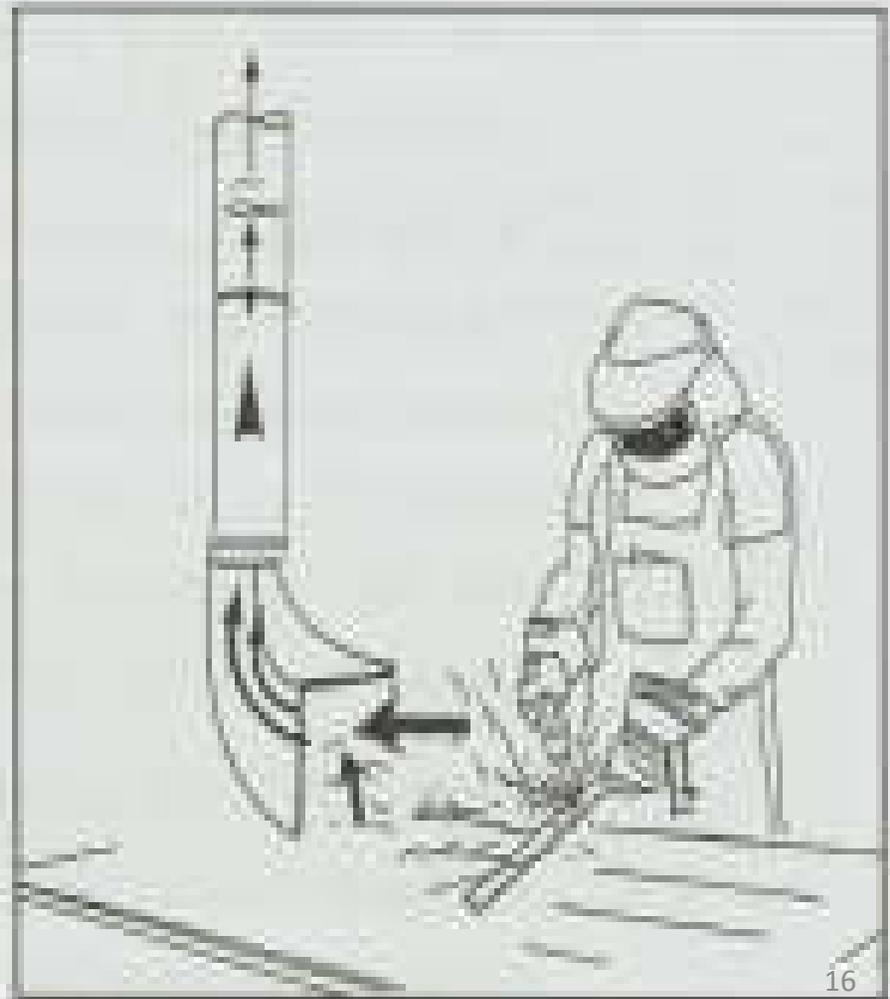
Lokal exhaust ventilasi/ Ventilasi pengeluaran setempat

- Proses pengisapan dan pengeluaran udara terkontaminasi secara serentak dari sumber pencemaran sebelum udara berkontaminasi berada pada ketinggian zona pernapasan dan menyebar ke seluruh ruang kerja,
- Umumnya ventilasi jenis ini di tempatkan sangat dekat dengan sumber emisi
- Tujuan dari sistem ini adalah mengeluarkan udara kontaminan bahan kimia dari sumber tanpa memberikan kesempatan kontaminan mengalami difusi dengan udara di tempat kerja.

Kontaminan ditarik melalui meja kerja sebelum zona pernapasan si pekerja



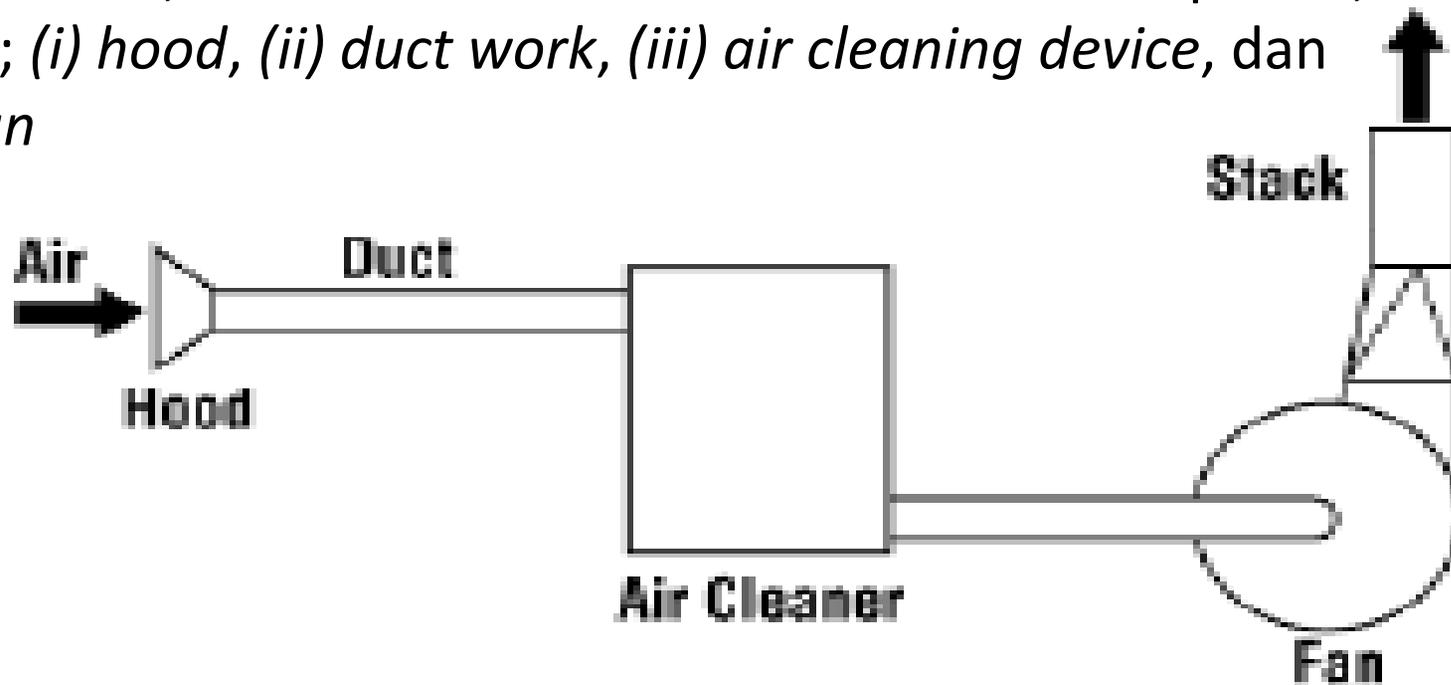
Asap dari pengelasan ditarik ke dalam sistem pembuangan udara



Komponen Dasar Lokal Ekshaust Sistem

Local Exhaust Ventilasi (LEV) termasuk alat kontrol engineering (kerekayasaan) yang utama dan harus tersedia untuk mengurangi konsentrasi dari gas, debu, uap, asap dan kotoran di udara

Secara ideal, Lokal Exhaust Sistem terdiri dari 4 komponen, yaitu ; (i) *hood*, (ii) *duct work*, (iii) *air cleaning device*, dan (iv) *fan*



Eshausted Enclosure / Ventilasi sistem tertutup

- Kontaminan yang beracun yang dipancarkan dari suatu sumber dengan kecepatan yang tinggi harus dikendalikan dengan isolasi sempurna, atau menutup proses (khususnya pada pekerjaan blasting).
- Pekerjaan balasting adalah suatu proses yang tertutup, misalnya disebabkan oleh emisi debu silica bebas yang sangat besar.

Comfort ventilation/ Ventilasi kenyamanan.

- Pertukaran udara didalam industri merupakan bagian dari 'Air Conditioning/AC, sering digunakan bersama –sama degan alat pemanas atau alat pendingin dan alat pengatur kelembaban udara.

Ventilasi Ruangan - SNI 03-6572-2001

- Suatu ruangan yang layak ditinggali, misalkan kantor, pertokoan, pabrik, ruang kerja, kamar mandi, binatu dan ruangan lainnya untuk tujuan tertentu, harus dilengkapi dengan :
 - a). ventilasi alami
 - b). ventilasi mekanis atau sistem pengkondisian udara

Ventilasi Alami (1)

- **Ventilasi alami** terjadi karena adanya perbedaan tekanan di luar suatu bangunan gedung yang disebabkan oleh angin dan karena adanya perbedaan temperatur, sehingga terdapat gas-gas panas yang naik di dalam saluran ventilasi.

Ventilasi Alami (2)

Ventilasi alami yang disediakan harus terdiri dari **bukaan permanen, jendela, pintu** atau **sarana lain yang dapat dibuka**, dengan :

- a). jumlah bukaan ventilasi **tidak kurang dari (>) 5% terhadap luas lantai ruangan** yang membutuhkan ventilasi; dan
- b). arah yang menghadap ke :
 - 1). halaman berdinding dengan ukuran yang sesuai, atau daerah yang terbuka keatas.
 - 2). teras terbuka, pelataran parkir, atau sejenis; atau
 - 3). ruang yang bersebelahan

kerugian dan keuntungan Ventilasi Alami

- **Keuntungannya** dengan menggunakan ventilasi alamiah :
 - ✓ Menyediakan udara yang sehat
 - ✓ membantu suhu dalam ruangan
 - ✓ tidak memerlukan energi
- **Kekurangan** dengan ventilasi alamiah :
 - ✓ suhu tidak mudah diatur
 - ✓ kecepatan air tidak mudah diatur
 - ✓ kualitas udara tidak mudah diatur
 - ✓ gangguan lingkungan seperti: Bising, debu dan serangga yang masuk dalam ruangan.

Persyaratan Ventilasi Mekanik

- Sistem ventilasi mekanis harus diberikan jika *ventilasi alami* yang memenuhi syarat *tidak memadai*.
- Penempatan *Fan* harus memungkinkan *pelepasan udara* secara *maksimal* dan juga memungkinkan *masuknya udara segar* atau sebaliknya.
- Sistem ventilasi mekanis bekerja terus menerus *selama ruang tersebut dihuni*.
- *Bangunan* atau *ruang parkir tertutup* harus dilengkapi sistem ventilasi mekanis untuk *membuang udara kotor* dari dalam dan minimal 2/3 volume udara ruang harus terdapat pada ketinggian maksimal 0,6 meter dari lantai.
- Ruang parkir pada *ruang bawah tanah* (basemen) yang terdiri dari lebih satu lantai, gas buang mobil pada setiap lantai tidak boleh mengganggu udara bersih pada lantai lainnya.

Kebutuhan Ventilasi Mekanis

Tipe	Catu udara segar minimum	
	Pertukaran udara/jam	m ³ /jam per orang
Kantor	6	18
Restoran/kantin	6	18
Toko, Pasar Swalayan.	6	18
Pabrik, bengkel.	6	18
Kelas, bioskop	8	
Lobi, koridor, tangga	4	
Kamar mandi, peturasan.	10	
Dapur	20	
Tempat parkir	6	

Ventilasi mekanik

- Penggantian udara terjadi dengan bantuan alat mekanik seperti **kipas angin (*fan*)**, **penyedot udara (*blower*)**, ***exhauster***.
- Jenis kipas angin yaitu sistem **baling-baling** dan **sistem sedot pompa sentrifugal**.
- Kipas angin yang digunakan garis tengah besar dengan putar per menit sekecil mungkin untuk memberikan kenyamanan.

- Aliran udara dibuat merata dalam seluruh ruang, diletakkan dekat sumber kontaminan.
- Bila sumber kontaminan dekat dinding kipas angin berfungsi sebagai pengisap kontaminan keluar (*exhauster*).
- Bila berat jenis kontaminan lebih besar dari berat jenis udara, maka kipas dipasang dekat lantai.
- Bila dipasang pada langit-langit, tinggi ruang harus lebih dari 3 m;
- Kapasitas kipas ditentukan oleh volume ruang, jumlah pergantian udara dalam ruang yang diperlukan.
- Contoh : bila volume ruang 90 m³ dan dibutuhkan pergantian udara 30 kali per jam, maka kapasitas adalah : $30 \times 90 = 2700 \text{ m}^3 / \text{jam}$.

Ventilasi Lokal

- Pembuangan udara dilakukan langsung dari sumber kontaminan melalui corong (*hood*) penghisap yang dipasang dan ditempatkan dekat sumber kontaminan.
- Dari corong penghisap kontaminan disalurkan dalam pipa (*duct*) menggunakan penyedot udara (*blower*) kemudian kontaminan dipisahkan oleh sistem pembersih udara.
- Udara bersih selanjutnya dibuang ke atmosfer.
- Tipe corong penghisap dan sistem pemasangannya harus disesuaikan dengan jenis kontaminan dan cara kerja operator sehingga terhindar dari pengaruh kontaminasi dari hasil proses produksi.
- Kapasitas penghisap harus kecil, sehingga pemakaian energi kecil dan ekonomi.

Ventilasi Pengendalian Suhu Udara

- Pengendalian suhu bertujuan untuk penyegaran udara dalam lingkungan kerja, dilaksanakan dengan menurunkan panas dengan cara mengalirkan udara segar dan dingin menggantikan udara panas dalam ruang kerja.
- Dapat dilaksanakan dengan ventilasi alamiah atau mekanik

kerugian dan keuntungan Ventilasi Mekanik (Buatan)

Keuntungan ventilasi buatan:

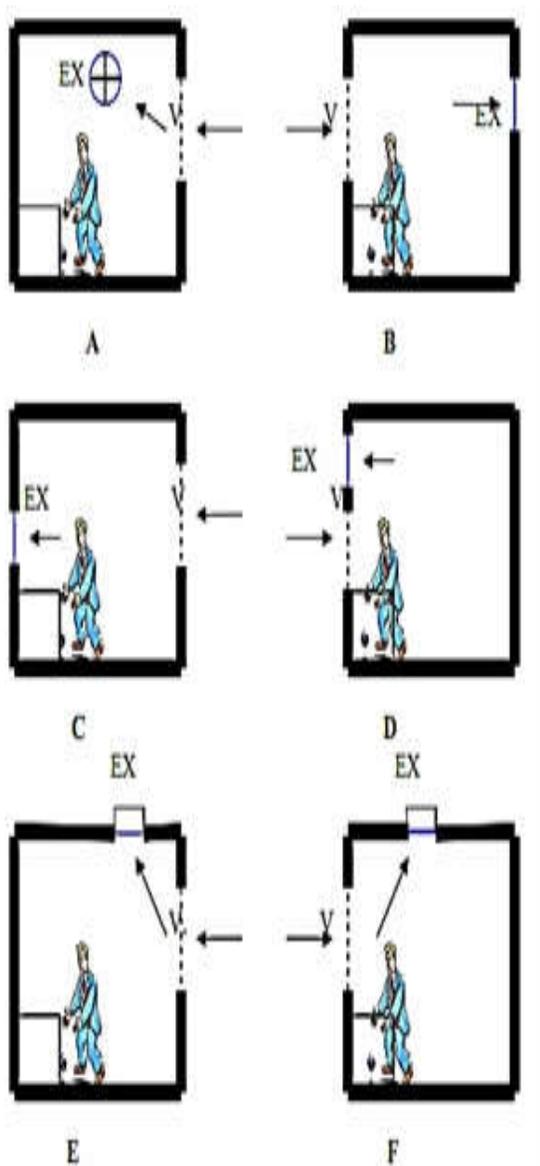
- ✓ dapat mengatur suhu yang diinginkan
- ✓ menggunakan mesin misalnya AC(Air Conditioner) yang bisa lebih di jaga suhu dan kelembabannya.
- ✓ Bisa digunakan dalam ruangan yang tertutup.

Kekurangan ventilasi buatan:

- ✓ Penggunaan energi lebih banyak karena menggunakan daya listrik.
- ✓ banyak komponen yang di gunakan dan biaya yang dikeluarkan.

Tata Letak

- Alamiah



Penjelasan Gambar :

1. Gambar A - Udara masuk melalui ventilasi alami (V) langsung keluar melalui exhaust fan (EX).
2. Gambar B : Udara masuk melalui ventilasi, melewati bahan kimia yang ada di meja kerja, mengenai tenaga kerja dan dihisap exhaust fan.
3. Gambar C : Posisi ventilasi berada di belakang tenaga kerja dengan ketinggian yang sama
4. Gambar D : Udara masuk melalui ventilasi dan langsung di buang melalui exhaust fan. Udara tidak sampai bercampur dengan udara di bagian belakang tempat kerja.
5. Gambar E : Udara yang masuk dari belakang langsung dibuang ke exhaust fan yang ada di flapon ruangan.
6. Gambar F : Udara yang masuk dari depan tenaga kerja langsung di buang melalui flapon ruangan.

(Keterangan : EX = Exhaust Fan ; V = Ventilasi ; MV = Mechanical Ventilation → = Aliran Udara)

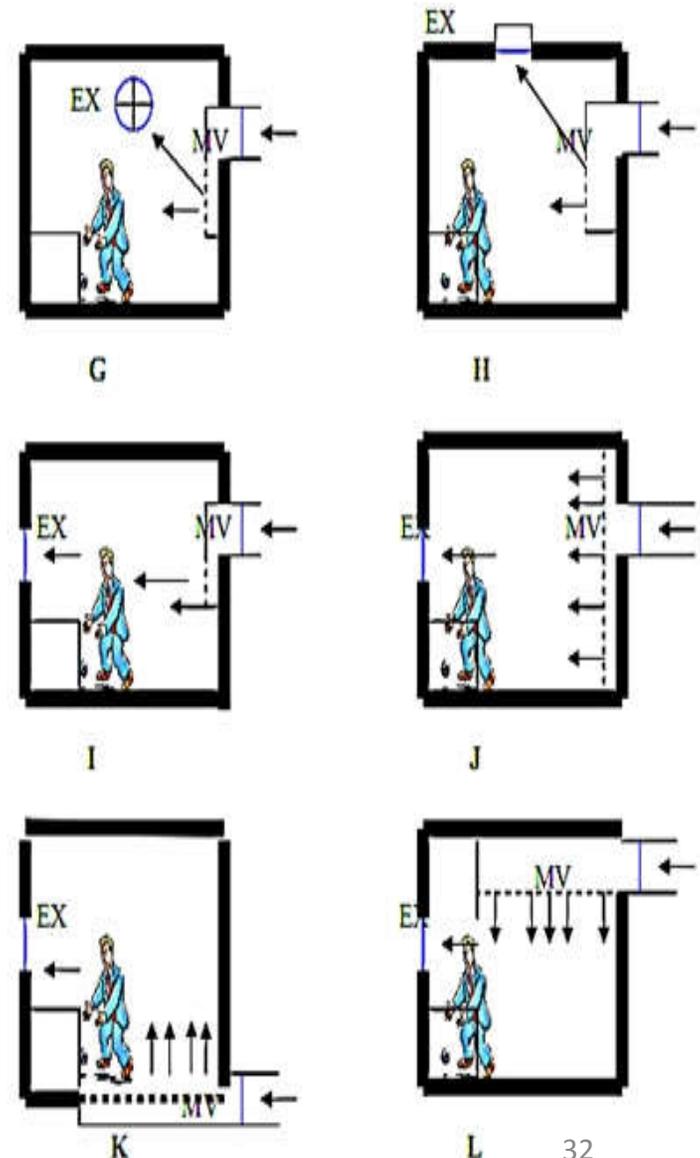
Principles of Dilution Ventilation, Poor and Fair Air Inlet

Mekanis

Penjelasan Gambar : **Principles of Dilution Ventilation, Good and Best Air Inlet**

1. Gambar G : Udara bersih dihisap oleh kipas dan disebarkan melalui *mechanical ventilation* (MV) keseluruhan ruangan dan di buang melalui *exhaust fan* yang ada pada dinding ruangan.
2. Gambar H : Udara bersih dihisap oleh kipas dan disebarkan melalui *mechanical ventilation* keseluruhan ruangan dan di buang melalui *exhaust fan* yang ada pada flapon ruangan.
3. Gambar I : Udara bersih dihisap oleh kipas dan disebarkan melalui *mechanical ventilation* keseluruhan ruangan dan di buang melalui *exhaust fan* yang ada di depan meja kerja.
4. Gambar J : Udara bersih dihisap oleh kipas dan disebarkan melalui *mechanical ventilation* seluas dinding keseluruhan ruangan dan di buang melalui *exhaust fan* yang ada di depan meja kerja.
5. Gambar K : Udara bersih dihisap oleh kipas dan disebarkan melalui *mechanical ventilation* yang berada di lantai keseluruhan ruangan dan di buang melalui *exhaust fan* yang ada di depan meja kerja.
6. Gambar L : Udara bersih dihisap oleh kipas dan disebarkan melalui *mechanical ventilation* yang berada pada flapon keseluruhan ruangan dan di buang melalui *exhaust fan* yang ada di depan meja kerja.

(Keterangan : EX = Exhaust Fan ; V = Ventilasi ; MV = Mecanical Ventilation → = Aliran Udara)



Abstrak :

Identifikasi keluhan subyektif dan upaya pengendalian ventilasi di Home Industri Sandal UO. Widoro Indah (Eterna) Sidoarjo.

Lem merupakan bahan perekat yang digunakan dalam proses pengeleman sandal. Pelarut organik yang terkandung dalam lem kuning sangat mudah menguap dan dapat menyebabkan berbagai keluhan kesehatan. Keselamatan dan kesehatan pekerja pengeleman di home industri sandal sama sekali tidak diperhatikan jadi semakin memungkinkan bagi pekerja mengalami keluhan kesehatan. Pengendalian teknis dengan sistem ventilasi yang baik sangat dibutuhkan untuk mengurangi keluhan kesehatan yang dialami pekerja pengeleman.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi keluhan subyektif pekerja pengeleman dan upaya pengendalian dengan sistem ventilasi yang ada di tempat kerja pengeleman home Home Industri UD. Widoro Indah (Eterna).

Penelitian ini merupakan penelitian observasional dan desain penelitian crosssectional dengan menggunakan wawancara dan pengukuran luas ventilasi. Semua data yang terkumpul ditulis dalam bentuk narasi dan tabulasi serta akan dianalisa secara deskriptif.

Berdasarkan observasi dan wawancara, pekerja pengeleman bekerja secara manual dan bekerja selama 15 jam di tempat kerja pengeleman yang cukup besar dengan luas sekitar 150 m. Pekerja pengeleman paling banyak berusia 48-55 tahun, masa kerja 6-10 tahun, berjenis kelamin laki-laki, pendidikan terakhir SD dan tidak memiliki kebiasaan merokok. Keluhan subyektif yang dialami pekerja diantaranya, pusing, mual, lemah dan lesu, gangguan koordinasi dan keseimbangan, sesak nafas dan ketidaknyamanan akibat paparan lem kuning. Sistem ventilasi di tempat kerja pengeleman merupakan sistem ventilasi alami dengan luas sebesar 13.09 m².

Penelitian menunjukkan adanya keluhan subyektif yang dialami pekerja pengeleman akibat paparan lem kuning, sehingga keselamatan dan kesehatan pekerja harus diperhatikan, melalui pemberian alat pelindung diri dan pengetahuan tentang bahaya dari lem pada para pekerja. Sistem ventilasi yang digunakan belum efektif dan luas ventilasi masih kurang dari seperenam luas bangunan, sehingga perlu adanya penambahan ventilasi agar sistem ventilasi lebih efektif dan paparan lem kuning dapat dikurangi.

Keyword :

Lem, keluhan subyektif, sistem ventilasi

Penulis : Indiana Yanuar
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Program Studi : Higiene Perusahaan Kesehatan dan Kecelakaan Kerja
IPK : 3.31
Pembimbing I : Dr. Y. Denny Ardyanto W., Ir., M.S.
Pembimbing II :

Referensi

- Latar Muhamad Arief, Lingkungan Kerja Faktor Kimia dan Biologi, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan, Universitas Esa Unggul.
- SNI 03-6572-2001, Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung.
- Andianto P, Sistem sirkulasi udara di ruang produksi, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Ventilasi alami

Ventilasi alami terjadi karena adanya perbedaan tekanan di luar suatu bangunan gedung yang disebabkan oleh angin dan karena adanya perbedaan temperatur, sehingga terdapat gas-gas panas yang naik di dalam saluran ventilasi. Ventilasi alami yang disediakan harus terdiri dari bukaan permanen, jendela, pintu atau sarana lain yang dapat dibuka, dengan : jumlah bukaan ventilasi tidak kurang dari 5% terhadap luas lantai ruangan yang membutuhkan ventilasi.

Suatu prosedur perencanaan sistem ventilasi, dengan laju aliran udara, panas dan beban pendinginan, pergeseran udara menurut penghuni, pasokan prinsip udara

Sebuah sistem ventilasi dapat dirancang lebih atau kurang sesuai prosedur berikut:

1. Menghitung panas atau beban pendinginan, termasuk panas sensibel dan laten
2. Hitung pergeseran udara yang diperlukan sesuai jumlah penghuni dan aktivitas mereka, atau dengan proses khusus lainnya
3. Hitung suhu udara suplai
4. Hitung beredar massa udara
5. Hitung temperatur kerugian pada saluran
6. Hitung output dari komponen -, pendingin pemanas, mesin cuci, humidifier
7. Hitung boiler atau ukuran pemanas
8. Desain dan menghitung sistem saluran

2.1. Ventilasi Alami

Ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan dari luar suatu bangunan gedung yang disebabkan oleh oleh angin dan karena adanya perbedaan temperatur, sehingga terdapat gas-gas panas yang naik di dalam saluran ventilasi. Perancangan sistem ventilasi alami dilakukan sebagai berikut :

- a). Tentukan kebutuhan ventilasi udara yang diperlukan sesuai fungsi ruangan.
- b). Tentukan ventilasi gaya angin atau ventilasi gaya termal yang akan digunakan

Inlet (ventilasi gaya angin)

Sedangkan faktor- faktor yang mempengaruhi laju ventilasi yang disebabkan gaya angin termasuk :

- a) Kecepatan rata-rata.
- b) Arah angin yang kuat.
- c) Variasi kecepatan dan arah angin musiman dan harian.
- d) hambatan setempat, seperti bangunan yang berdekatan, bukit, pohon dan semak belukar

Persamaan 4.24 di bawah ini menunjukkan kuantitas gaya udara melalui ventilasi bukaan inlet oleh angin atau menentukan ukuran yang tepat dari bukaan untuk menghasilkan laju aliran udara :

$$Q = CV.A.V \quad \dots\dots\dots (1).$$

dimana ,

Q = laju aliran udara, m³ / detik.

A = luas bebas dari bukaan inlet, m².

V = kecepatan angin, m/detik.

CV = *effectiveness* dari bukaan (CV dianggap sama dengan 0,5 ~ 0,6 untuk angin yang tegak lurus dan 0,25 ~ 0,35 untuk angin yang diagonal).

inlet dan outlet ventilasi

Inlet sebaiknya langsung menghadap ke dalam angin yang kuat. Jika tidak ada tempat yang menguntungkan, aliran yang dihitung dengan persamaan 4.24 akan berkurang, jika penempatannya kurang lazim, akan berkurang lagi.

Penempatan outlet yang diinginkan :

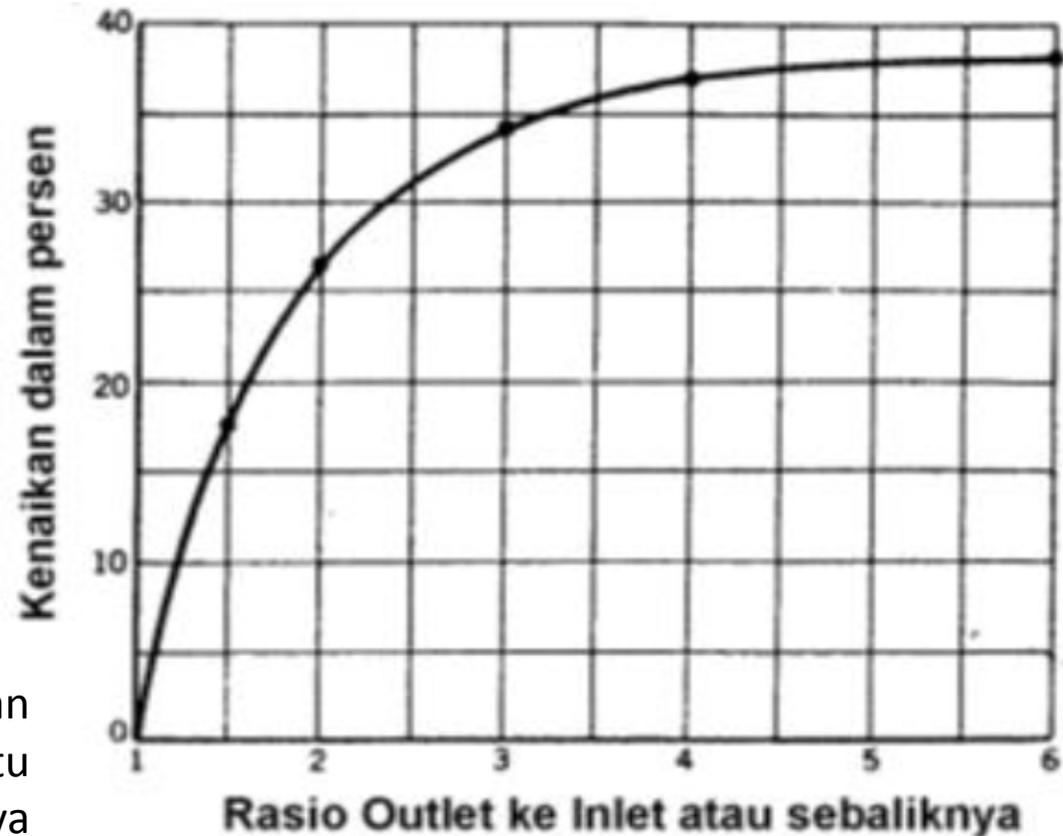
- a) pada sisi arah tempat teduh dari bangunan yang berlawanan langsung dengan inlet.
- b) pada atap, dalam area tekanan rendah yang disebabkan oleh aliran angin yang tidak menerus.
- c) pada sisi yang berdekatan ke muka arah angin dimana area tekanan rendah terjadi.
- d) dalam pantauan pada sisi arah tempat teduh,
- e) dalam ventilator atap, atau
- f) pada cerobong.

Saran penempatan

Inlet sebaiknya ditempatkan dalam daerah bertekanan tinggi, sedangkan outlet sebaiknya ditempatkan dalam daerah negatif atau bertekanan rendah.

RASIO INLET – OUTLET

Kenaikan luas outlet di atas luas inlet atau sebaliknya, menaikkan aliran udara tetapi tidak proporsional terhadap penambahan luas. Jika bukaan tidak sama, gunakan luas yang tgerkecil dalam persamaan dan tambahkan kenaikannya, seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar : Kenaikan aliran disebabkan kelebihan dari satu bukaan diatas lainnya

Ventilasi mekanik

a. Persyaratan Teknis

- a) Sistem ventilasi mekanis harus diberikan jika ventilasi alami yang memenuhi syarat tidak memadai.
- b) Penempatan Fan harus memungkinkan pelepasan udara secara maksimal dan juga memungkinkan masuknya udara segar atau sebaliknya.
- c) Sistem ventilasi mekanis bekerja terus menerus selama ruang tersebut dihuni.
- d) Bangunan atau ruang parkir tertutup harus dilengkapi sistem ventilasi mekanis untuk membuang udara kotor dari dalam dan minimal $\frac{2}{3}$ volume udara ruang harus terdapat pada ketinggian maksimal 0,6 meter dari lantai.
- e) Ruang parkir pada ruang bawah tanah (besmen) yang terdiri dari lebih satu lantai, gas buang mobil pada setiap lantai tidak boleh mengganggu udara bersih pada lantai lainnya.
- f) Besarnya pertukaran udara yang disarankan untuk berbagai fungsi ruangan harus sesuai ketentuan yang berlaku (lihat tabel 4.4) dan tabel 4.5

Ventilasi mekanik

Tabel. 01 Kebutuhan ventilasi mekanis

Tipe	Catu udara segar minimum	
	Pertukaran udara/jam	M ³ /jam per orang
Kantor	6	18
Restoran/kantin	6	18
Toko,Pasar,Swalayan	6	18
Pabrik, Bengkel	6	18
Kelas, bioskop	8	
Lobi, koridor, tangga	4	
Kamar mandi, peturasan	10	
Dapur	20	
Tempat parkir	6	

Sumber, SNI.03-6572-2001

Ventilasi mekanik

Tabel 02. Kebutuhan ventilasi minimum dalam kaki kubik per menit (cfm) per orang

Hunian Kategori	IMC cfm per orang	ASHRAE cfm per orang
Lembaga Pemasyarakatan, untuk fasilitas ruang tahanan	20	10
Ruang kelas (Pendidikan)	15	15 (siswa usia 5-8); 13 (Siswa usia 9 +)
Ruang publik atau theater auditorium	15	5
Ruang umum, ruang konferensi	20	6
Kantor gedung, ruang perkantoran	20	17
Hotel, motel, restoran, lobi asrama	15	1

IMC= International Mechanical Code

Sumber, ASHRAE, untuk 2006 IMC dan 62,1-2004 ASHRAE

Ventilasi mekanik

b. Perancangan Sistem Ventilasi Mekanis

- 1). Perancangan sistem ventilasi mekanis dilakukan sebagai berikut :
 - a) tentukan kebutuhan udara ventilasi yang diperlukan sesuai fungsi ruangan.
 - b) tentukan kapasitas fan.
 - c) rancang sistem distribusi udara, baik menggunakan cerobong udara atau fan yang dipasang pada dinding/atap.
- 2). Jumlah laju aliran udara yang perlu disediakan oleh sistem ventilasi mengikuti persyaratan pada tabel 4.6.
- 3). Untuk mengambil perolehan kalor yang terjadi di dalam ruangan, diperlukan laju aliran udara dengan jumlah tertentu untuk menjaga supaya temperatur udara di dalam ruangan tidak bertambah melewati harga yang diinginkan. Jumlah laju aliran udara V ($m^3/detik$) tersebut, dapat dihitung dengan persamaan :

$$V = \frac{q}{f \cdot c (t_L - t_D)} \dots \dots \dots (4)$$

dimana ,

V = laju aliran udara ($m^3/detik$).

q = perolehan kalor (Watt).

f = densitas udara (kg/m^3).

c = panas jenis udara ($joule/kg.^{\circ}C$).

$(t_L - t_D)$ = kenaikan temperatur terhadap udara luar ($^{\circ}C$).

Tabel Kebutuhan Laju Udara Ventilasi

No	Fungsi Gedung	Satuan	Kebutuhan Udara Luar	
			Merokok	Tidak Merokok
1	Laundri	(m ³ /min)/orang	1,05	0,46
2	Restoran:			
	a. Ruang Makan	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21
	b. Dapur	(m ³ /min)/orang	-0,3	0,3
	c. Fast Food	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21
3	Service mobil			
	a. Garasi (tertutup)	(m ³ /min)/orang	0,21	0,21
	b. Bengkel	(m ³ /min)/orang	0,21	0,21
4	Hotel, Motel, dsb:			
	a. Kamar Tidur	(m ³ /min)/orang	0,42	0,21
	b. Ruang tamu/ ruang duduk	(m ³ /min)/orang	0	0,75
	c. Kamar mandi/ Toilet	(m ³ /min)/orang	0	0
	d. Lobi	(m ³ /min)/orang	0,45	0,15
	e. Ruang pertemuan (kecil)	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21
	f. Ruang rapat	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21
5	Kantor			
	a. Ruang Kerja	(m ³ /min)/orang	0,6	0,15
	b. Ruang pertemuan	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21

Tabel Kebutuhan Laju Udara Ventilasi

	U. RUMAH PERKOTAAN	(m ³ /min)/orang	L ₁ (m ³ /min)	M ₁ (m ³ /min)
6.	Ruang Umum			
	a. Koridor	(m ³ /min)/orang	0	0
	b. WC umum	(m ³ /min)/orang	2,25	2,25
	c. Ruang Locker	(m ³ /min)/orang	1,05	0,45
7.	Pertokoan			
	a. Besmen Lantai Dasar	(m ³ /min)/orang	0,75	0,15
	b. Lantai Atas Kamar Tidu	(m ³ /min)/orang	0,75	0,15
	c. Mall dan Arkade	(m ³ /min)/orang	0,3	0,15
	d. Lif	(m ³ /min)/orang	0	0,45
	e. Ruang Merokok	(m ³ /min)/orang	1,5	0
8.	Ruang Kecantikan			
	a. Panti Cukur dan Salon	(m ³ /min)/orang	0,87	0,6
	b. Ruang Olah Raga	(m ³ /min)/orang	0	0,42
	c. Toko Kembang	(m ³ /min)/orang	0	0,15
	d. Salon Binatang Peliharaan	(m ³ /min)/orang	0	0,3
9.	Ruang Hiburan			
	a. Disko dan Bowling	(m ³ /min)/orang	0	0,21
	b. Lantai Gerak atau Gymnasium	(m ³ /min)/orang	0	0,6

Tabel Kebutuhan Laju Udara Ventilasi

No	Fungsi Gedung	Satuan	Kebutuhan Udara Luar	
			Merokok	Tidak Merokok
	c. Ruang Penonton	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21
	d. Ruang Bermain	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21
	e. Kolam Renang	(m ³ /min)/orang	0	0,15
10.	Teater			
	a. Loket	(m ³ /min)/orang	0,6	0,15
	b. Lobi dan Lounge	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21
	c. Panggung dan Studio	(m ³ /min)/orang	0	0,3
11.	Transportasi, Ruang Tunggu, atau Peron	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21
12.	Ruang Kerja			
	a. Proses Makanan	(m ³ /min)/orang	0	0,15
	b. <i>Khazanah</i> Bank	(m ³ /min)/orang	0	0,15
	c. Farmasi	(m ³ /min)/orang	0	0,21
	d. Studio Fotografi	(m ³ /min)/orang	0	0,21
	e. Ruang Gelap	(m ³ /min)/orang	0	0,6
	f. Ruang duplikasi atau Cetak Foto	(m ³ /min)/orang	0	0,15
13.	Sekolah			
	a. Ruang Kelas	(m ³ /min)/orang	0,75	0,15
	b. Laboratorium	(m ³ /min)/orang	0	0,3
	c. Perpustakaan	(m ³ /min)/orang	0	0,15

Tabel Kebutuhan Laju Udara Ventilasi

No.	Kategori	Unit	Min	Max
14.	Rumah Sakit			
	a. Ruang Pasien	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21
	b. Ruang Periksa	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21
	c. Ruang bedah dan Bersalin	(m ³ /min)/orang	0	1,2
	d. Ruang Gawat darurat atau Terapi	(m ³ /min)/orang	0	0,45
	e. Ruang Otopsi	(m ³ /min)/orang	0	3
15.	Rumah Tinggal			
	a. Ruang Duduk	(m ³ /min)/orang	0	0,3
	b. Ruang Tidur	(m ³ /min)/orang	0,75	0,3
	c. Dapur	(m ³ /min)/orang	0,75	3
	d. Toilet	(m ³ /min)/orang	0,3	1,5
	e. Garasi (Rumah)	(m ³ /min)/orang	0	3
	f. Garasi Bersama	(m ³ /min)/orang	1,5	0,45
16.	Industri			
	a. Aktifitas Tinggi	(m ³ /min)/orang	1,05	0,6
	b. Aktifitas Sedang	(m ³ /min)/orang	1,05	0,3
	c. Aktifitas Rendah	(m ³ /min)/orang	1,05	0,21

Sumber: BSNI, 2001

Ventilasi

c. Kriteria Kenyamanan

Faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal Orang.

1. Temperatur Udara Kering.
 - a) Temperatur udara kering sangat besar pengaruhnya terhadap besar kecilnya kalor yang dilepas melalui penguapan (evaporasi) dan melalui konveksi.
 - b) Daerah kenyamanan termal untuk daerah tropis dapat dibagi menjadi :
 - sejuk nyaman, antara temperatur efektif 20,50C ~ 22,80C.
 - nyaman optimal, antara temperatur efektif 22,80C ~ 25,80C.
 - hangat nyaman, antara temperatur efektif 25,80C ~ 27,10C.
2. Kelembaban Udara Relatif.
 - a) Kelembaban udara relatif dalam ruangan adalah perbandingan antara jumlah uap air yang dikandung oleh udara tersebut dibandingkan dengan jumlah kandungan uap air pada keadaan jenuh pada temperatur udara ruangan tersebut.
 - b) Untuk daerah tropis, kelembaban udara relatif yang dianjurkan antara 40% ~ 50%, tetapi untuk ruangan yang jumlah orangnya padat seperti ruang pertemuan, kelembaban udara relatif masih diperbolehkan berkisar antara 55% ~ 60%.

3. Pergerakan Udara (Kecepatan Udara).
- Untuk mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang jatuh diatas kepala tidak boleh lebih besar dari 0,25 m/detik dan sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/detik.
 - Kecepatan udara ini dapat lebih besar dari 0,25 m/detik tergantung dari temperatur udara kering rancangan (tabel 04)

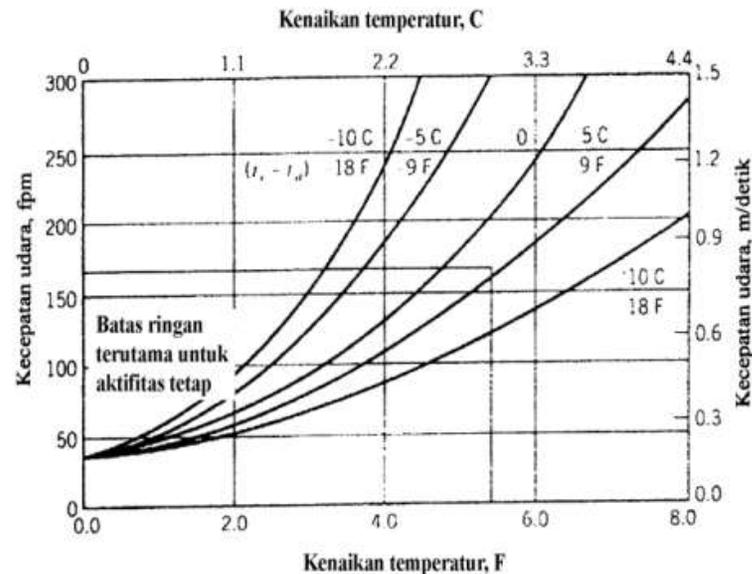
Tabel .04. Kecepatan udara dan kesejukan

Kecepatan udara, m/detik	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35
Temperatur udara kering, °C	25	26,8	26,9	27,1	27,2

- c). Gambar 02. menunjukkan kebutuhan peningkatan kecepatan udara untuk mengkompensasi kenaikan temperatur udara kering agar tingkat kenyamanannya tetap terpelihara.

Penjelasan :

Misalnya temperatur udara kering dalam ruangan berubah dari 25°C menjadi 27,2°C atau naik 2,2°C untuk mengkompensasi kenaikan temperatur ini maka kecepatan udara yang mula-mula hanya 0,15 m/detik harus dinaikkan menjadi 0,625 m/detik.



Gambar Kebutuhan peningkatan udara untuk mengkompensasi kenaikan temperatur udara kering

4. Radiasi Permukaan yang Panas

- a) Apabila di dalam suatu ruangan dinding - dinding sekitarnya panas, akan mempengaruhi kenyamanan seseorang di dalam ruangan tersebut, meskipun temperatur udara disekitarnya sesuai dengan tingkat kenyamanannya (misalnya di dekat oven atau dapur).
- b) Usahakan temperatur radiasi rata-rata sama dengan temperatur udara kering ruangan.
- c) Apabila temperatur radiasi rata-rata lebih tinggi dari temperatur udara kering ruangan, maka temperatur udara ruangan rancangan dibuat lebih rendah dari temperatur rancangan biasanya.
- d) Temperatur operatif didefinisikan sebagai temperatur rata-rata dari temperatur radiasi rata-rata dan temperatur udara kering ruangan

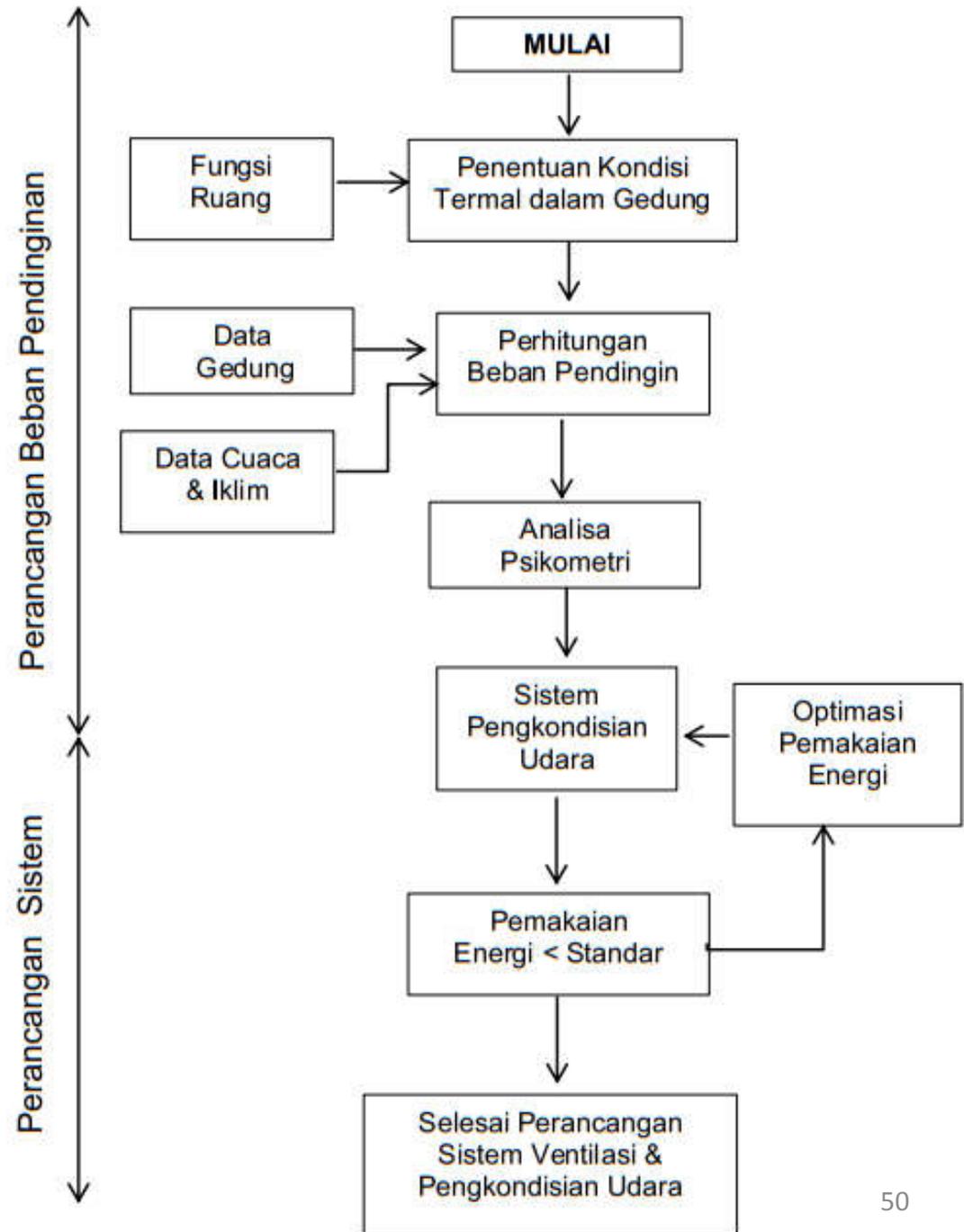
5. Aktivitas Orang.

Untuk perhitungan sistem pengkondisian udara, orang lebih tertarik terhadap besarnya kalor yang dihasilkan dari seseorang pada suatu aktifitas tertentu.

Pengkondisian Udara

1. Prosedur Perencanaan / Perancangan

Gambar : Perencanaan Teknis Sistem Pengkondisian Udara



2. Fungsi ruang dalam gedung.

Terdiri dari :

- a) kegiatan utama yang berlangsung dalam ruang (aktifitas).
- b) waktu kegiatan puncak.
- c) pola pakaian penghuni.

3. Kondisi termal dalam gedung.

Terdiri dari :

- a) temperatur udara.
- b) kelembaban udara relatif.
- c) kuantitas udara yang diperlukan.
- d) tuntutan ketelitian untuk pengendalian besaran termal dalam ruangan.

4. Data gedung.

Terdiri dari :

- a) data fisik bangunan gedung.
- b) karakteristik termal selubung bangunan.
- c) data pemakaian gedung, seperti misalnya profil beban pendinginan.

5. Data cuaca dan iklim.

Terdiri dari :

- a) data cuaca tahunan.
- b) data temperatur udara luar di lokasi.
- c) data kelembaban udara relatif di lokasi.

6. Beban Pendinginan.

6. Beban Pendinginan.

a. Jenis Kalor.

a) Kalor Sensibel.

adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan temperatur dari udara. Penambahan kalor sensibel (*sensible heat gain*) adalah kalor sensibel yang secara langsung masuk dan ditambahkan ke dalam ruangan yang dikondisikan melalui konduksi, konveksi atau radiasi.

b). Kalor Laten.

adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan fasa dari air. Penambahan kalor laten (*latent heat gain*) terjadi apabila ada penambahan uap air pada ruangan yang dikondisikan, misalnya karena penghuni ruangan atau peralatan yang menghasilkan uap.

b. Beban Pendinginan Ruangan.

adalah laju aliran kalor yang harus diambil dari dalam ruangan untuk mempertahankan temperatur dan kelembaban udara relatif ruangan pada kondisi yang diinginkan.

Beban pendinginan ruangan

a). Beban Pendinginan Luar (*external cooling load*)

Beban pendinginan ini terjadi akibat penambahan panas di dalam ruangan yang dikondisikan karena sumber kalor dari luar yang masuk melalui selubung bangunan (*building envelope*), atau kerangka bangunan (*building shell*) dan dinding partisi.

Sumber kalor luar yang termasuk beban pendinginan ini adalah :

- 1) penambahan kalor radiasi matahari melalui benda transparan seperti kaca.
- 2) penambahan kalor konduksi matahari melalui dinding luar dan atap.
- 3) penambahan kalor konduksi matahari melalui benda transparan seperti kaca.
- 4) penambahan kalor melalui partisi, langit, langit dan lantai.
- 5) infiltrasi udara luar yang masuk ke dalam ruangan yang dikondisikan.
- 6) ventilasi udara luar yang masuk ke dalam ruangan yang dikondisikan

b). Beban Pendinginan Dalam (*internal cooling load*).

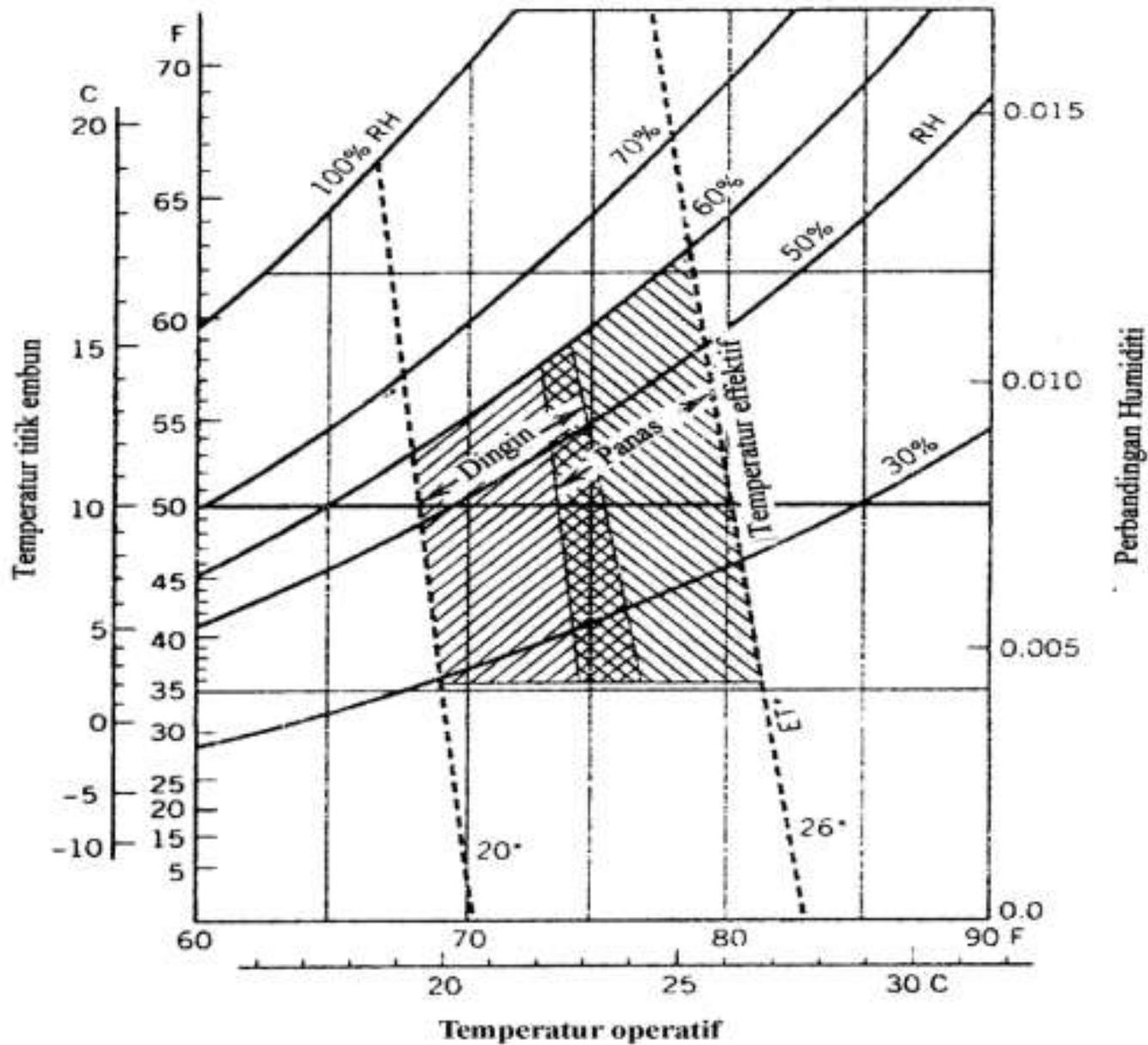
Beban pendinginan ini terjadi karena dilepaskannya kalor sensibel maupun kalor laten dari sumber yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan.

Sumber kalor yang termasuk beban pendinginan ini adalah :

- 1) penambahan kalor karena orang yang ada di dalam ruang yang dikondisikan.
- 2) penambahan kalor karena adanya pencahayaan buatan di dalam ruang yang dikondisikan.
- 3) penambahan kalor karena adanya motor-motor listrik yang ada di dalam ruang yang dikondisikan.
- 4) penambahan kalor karena adanya peralatan-peralatan listrik atau pemanas yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan.

Tabel.05. Diperlukan tingkat ventilasi minimum dalam kaki kubik per menit (cfm) per orang untuk 2006 IMC dan 62,1-2004 ASHRAE

Hunian Kategori	International Mechanical Code (IMC) (cfm / orang)	ASHRAE (cfm / orang)
Lembaga Pemasyarakatan, untuk fasilitas ruang tahanan	20	10
Ruang kelas (Pendidikan)	15	15 (siswa usia 5-8); 13 (Siswa usia 9 +)
Ruang publik atau theater auditorium	15	5
Ruang umum atau kantor, ruang konferensi	20	6
Kantor gedung ruang perkantoran ruang	20	17
Hotel, motel, restoran, lobi asrama	15	1



Gambar 05. : Daerah zona yang dapat diterima sebagai daerah temperatur operative, dan kelembaban relative yang memenuhi kenyamanan untuk orang-orang yang melakukan aktivitas ringan dengan met < 1,2.

