



General Dilution Ventilation System

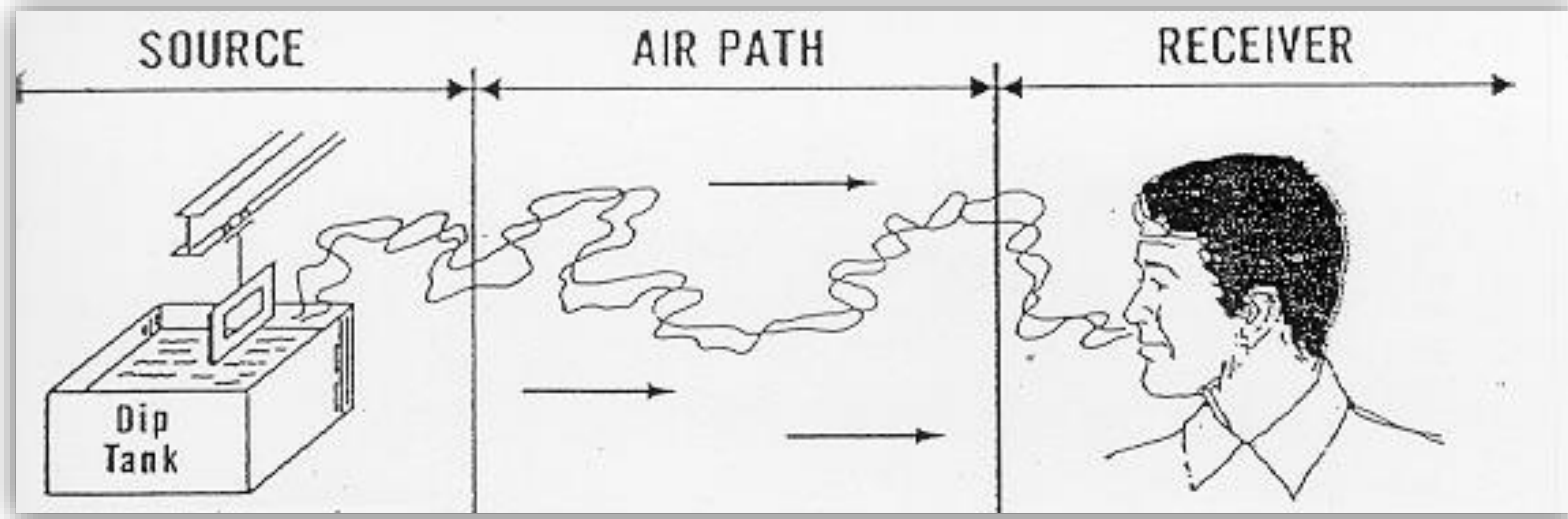


Disusun oleh:
Hendri Amirudin Anwar ST, MKKK

Generalized Diagram:--

Pendahuluan

Methods of Control



Desired control priority for chemical hazards

- 1. Source control**
- 2. Pathway control**
- 3. Receiver control**

- Ventilation is a primary engineering control available to eliminate or reduce the concentration of gases, dusts, vapors, smoke, and fumes present in the work environment .
- Ventilation is defined as the process of supplying air to, or removing air from, any space by natural or mechanical means.

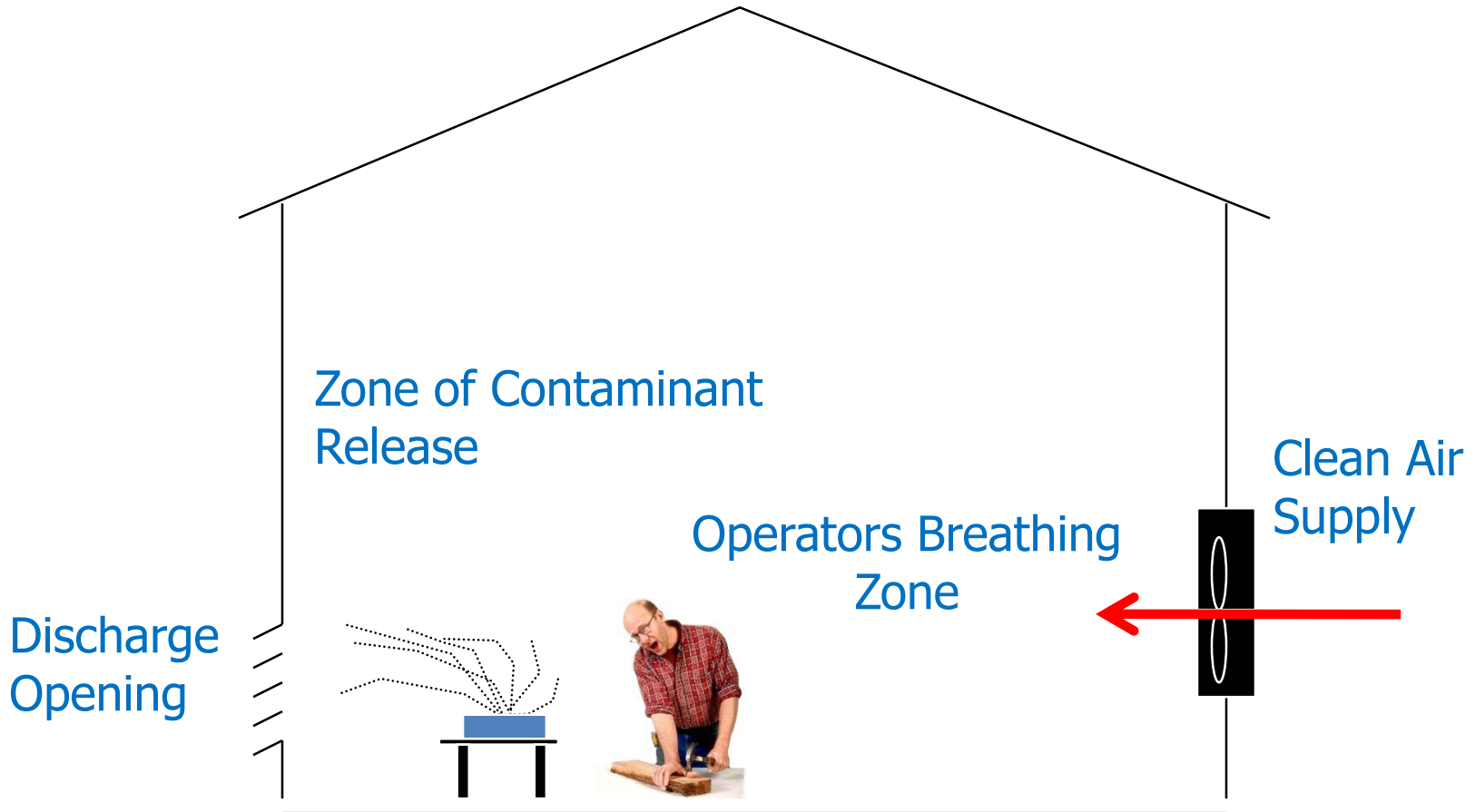
Types of Ventilation

1. General Dilution Ventilation (Pathway control)
 - Mechanical Ventilation (involves Fans)
 - Natural Ventilation (with natural air movement caused by thermal gradient or any other)
2. Local Exhaust Ventilation (Source control)
3. Heating Ventilation and Air conditioning System
(to control temp. & humidity)

DILUTION (general) VENTILATION/ Ventilasi 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.
- Aliran udara harus diperhitungkan dalam desain gedung

Principle of General Ventilation



Direction of air flow must remove contaminants from workers breathing zone

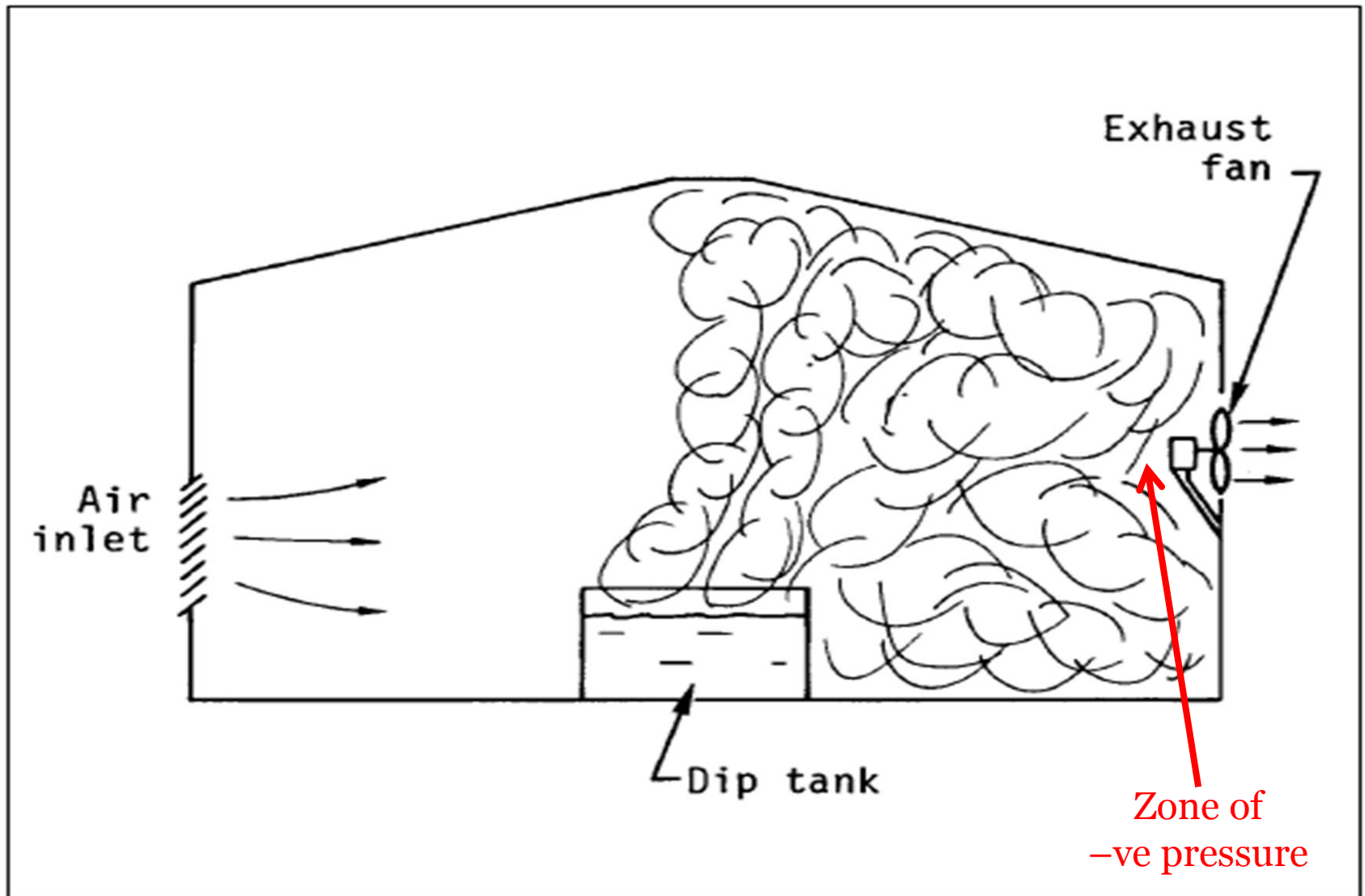
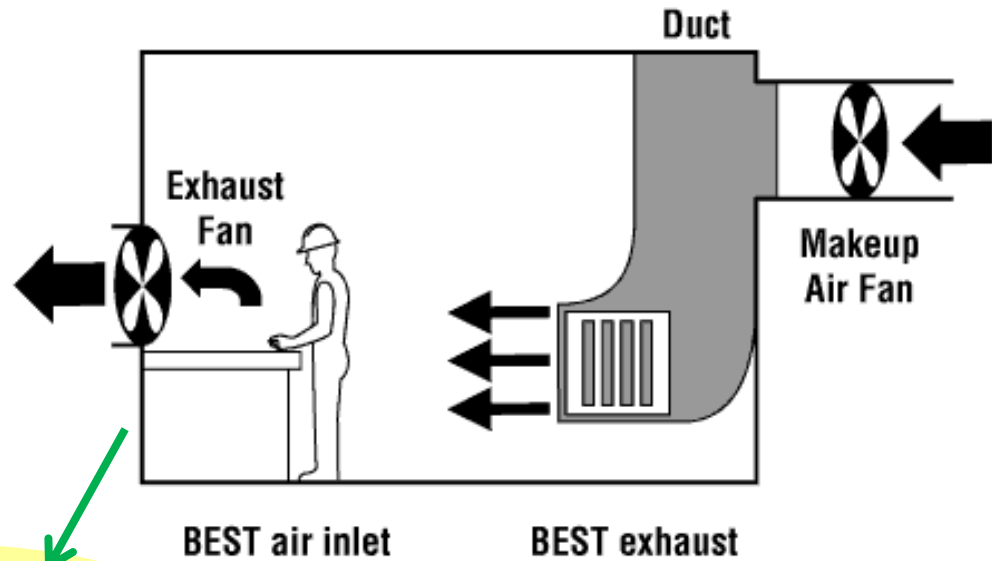
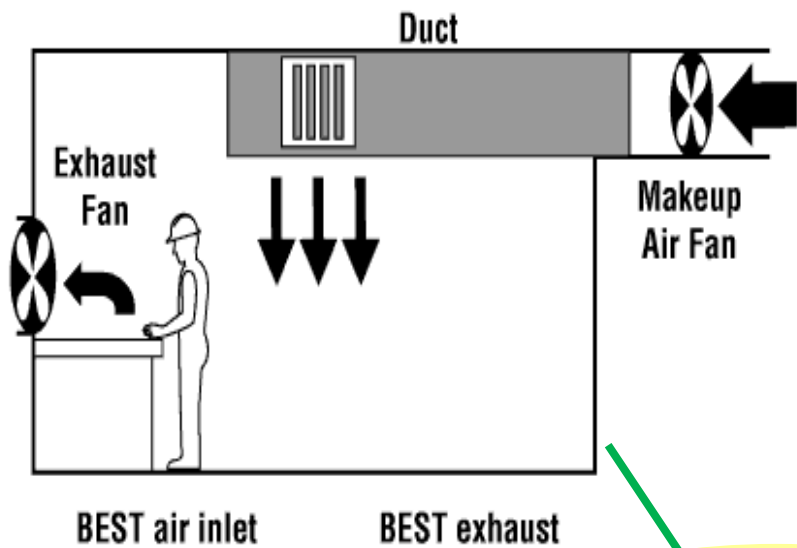
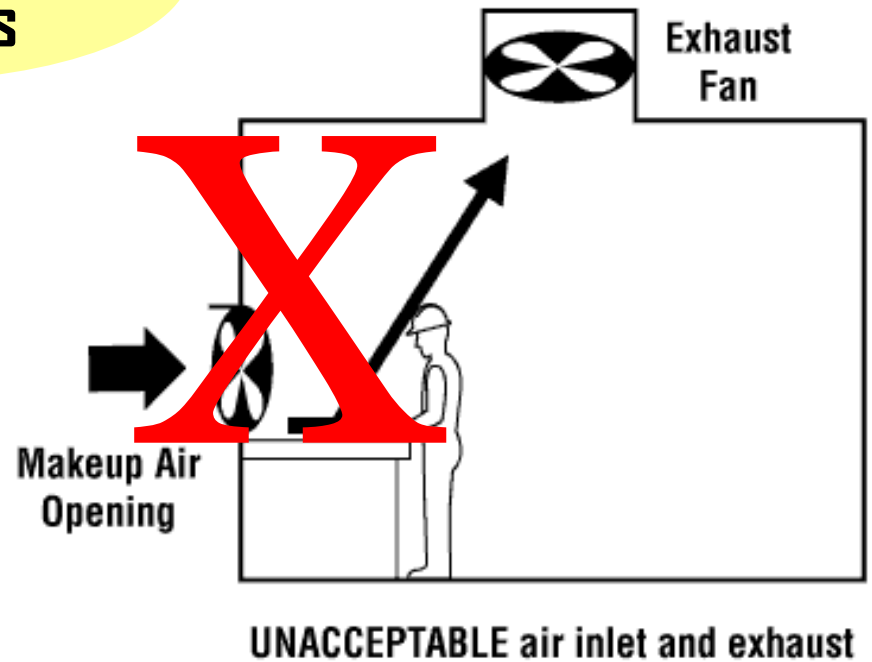
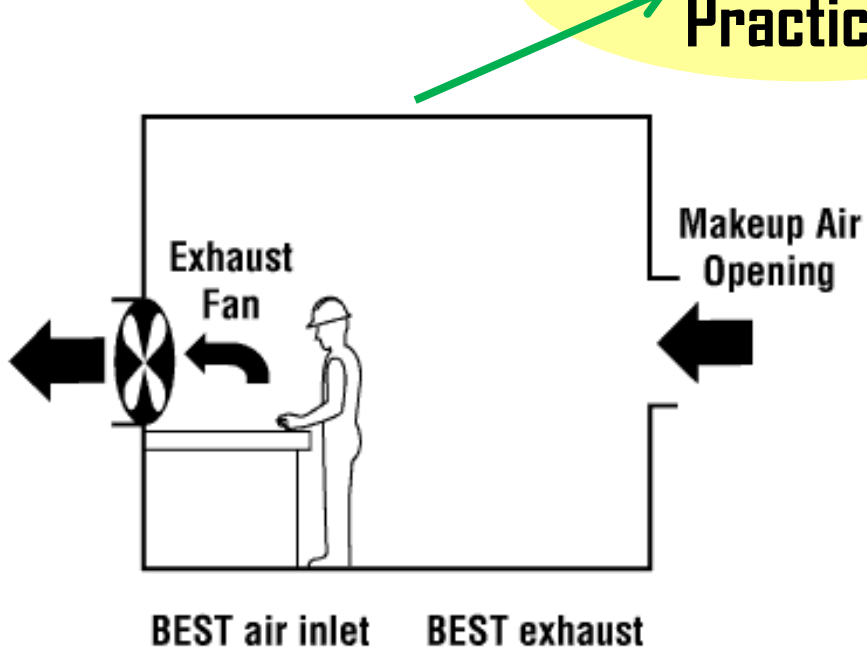


Figure 20–1. Dilution ventilation gradually removes contaminants dispersed in the workroom air.



Recommended Practices



Example of General Dilution Ventilation?

KEMPER

General Ventilation System KemJet

In use at:

Holland Lift International bv, Hoorn - Niederlande

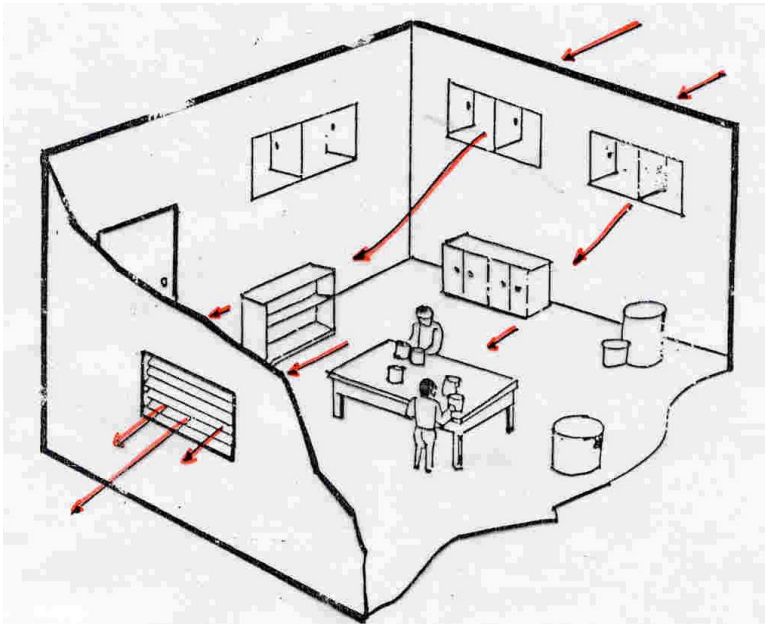
General Dilution Ventilation

- **If (TLV <100ppm)-** not recommended
- Only suitable for contaminant with **low & uniform generation rate**
- Not completely remove the contaminant
- **Some general ventilation devices:---**

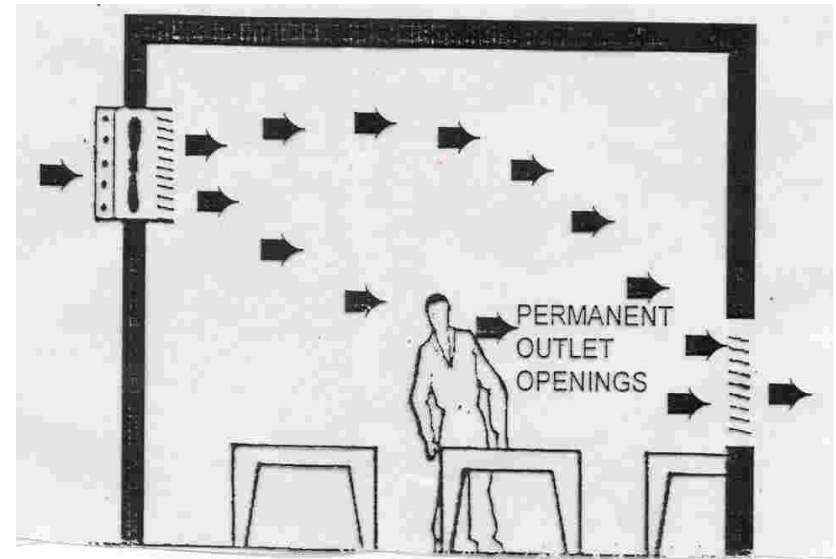


*Industrial
exhaust fans*

General or Dilution Ventilation Type



Natural Ventilation



Mechanical Ventilation

Preferred if significant health hazards exist

SYSTEM OF VENTILATION –**Natural**

- Definition - the process of supplying and removing air through an indoor space **without using mechanical systems**. It refers to the flow of external air to an indoor space as a **result of pressure or temperature differences**
- The benefits of natural ventilation include:-
 1. Improved Indoor air quality (IAQ)
 2. Energy savings
 3. Reduction of greenhouse gas emissions
 4. Reduction in occupant illness associated **with Sick Building Syndrome**
 5. Increased worker productivity

SYSTEM OF VENTILATION - Natural

- Recommendations from design guidelines from various building regulations suggest the following:
 - 1. Building orientation and location.**
 - 2. Building form and dimensions.**
 - 3. Window typologies and operations;**
 - 4. Types, shape and size of openings;**
 - 5. Construction methods and detailing;**
 - 6. Urban planning consideration**

SYSTEM OF VENTILATION - **Mechanical**

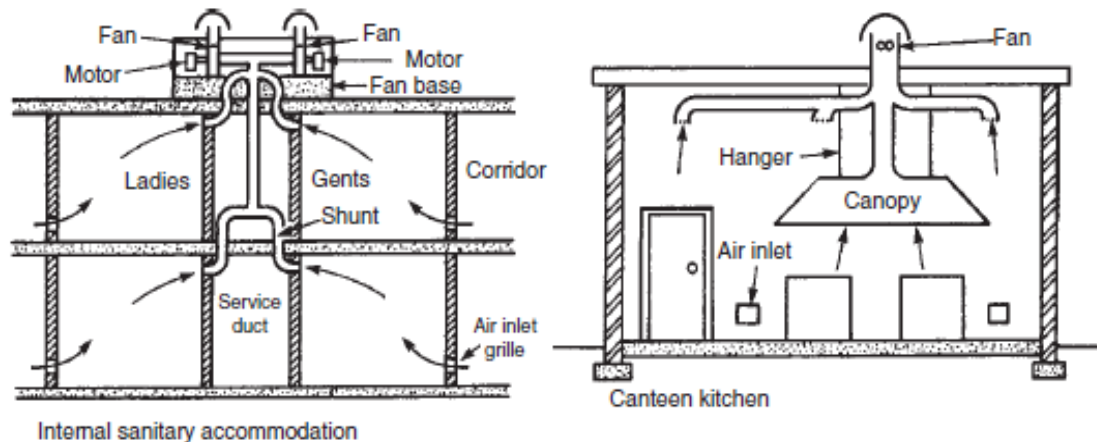
- Definition - mechanical ventilation systems circulate fresh air using **ducts and fans** rather than relying on airflow through small holes or crack's in a home's wall, roof or windows. Homeowners can breath easier knowing their home has a good ventilation.
- Benefits of using mechanical ventilation:-
 1. **Better indoor air quality** –can remove pollutants, allergens, and moisture that can cause mold problems
 2. More control – **provide proper fresh air flow** along with appropriate locations for intake and exhaust
 3. Improved **comfort** – allow a constant flow of outside air into the home and can also provide filtration, dehumidification, and conditioning of the incoming outside air.

SYSTEM OF VENTILATION - **Mechanical**

- These systems employ an electrically driven fan or fans to provide the necessary air movement;
 - They also ensure a specified air change and the air under fan pressure can be forced through filters.
- There are three types of mechanical ventilation systems:
1. Natural inlet and mechanical extract (exhaust system).
 2. Mechanical inlet and natural extract
 3. Mechanical inlet and extract

NATURAL INLET & MECHANICAL EXTRACT

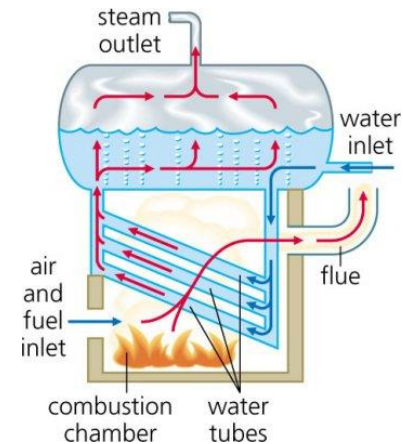
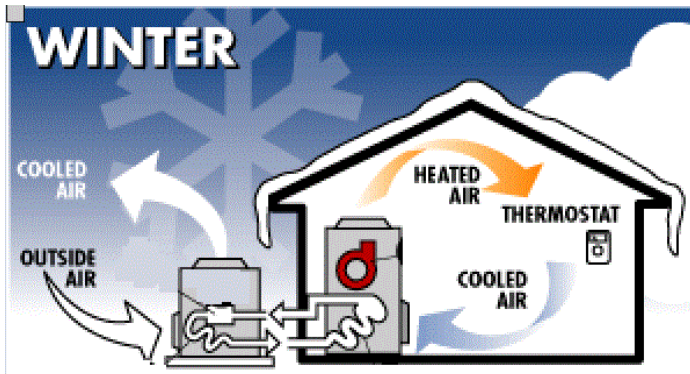
- This is the most **common type** of system and is used for **kitchens, workshops, laboratories, internal sanitary apartments, garages and assembly halls.**
- The **fan creates negative pressure on its inlet side**, and this causes the air inside the room to move towards the fan, and the room air is displaced by the fresh air from outside the room.



SYSTEM OF VENTILATION -Mechanical

MECHANICAL INLET & NATURAL EXTRACT

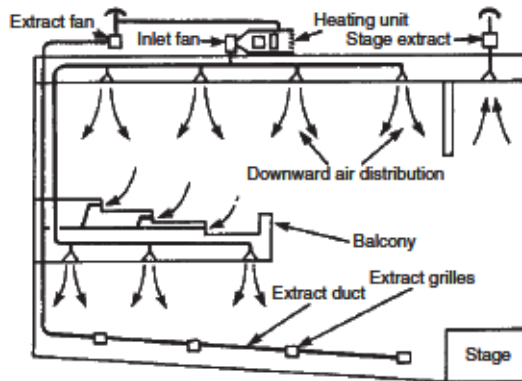
- It is essential with this system that the air is heated before it is forced into the building.
- The system may be used for boiler rooms, offices and certain types of factories.
- The air may be heated in a central plant and ducted to the various rooms, or a unit fan convector may be used.



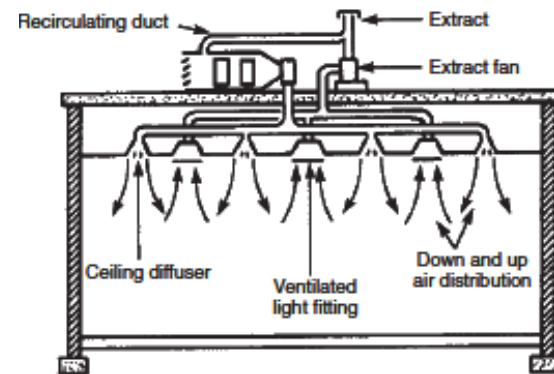
SYSTEM OF VENTILATION -Mechanical

MECHANICAL INLET & EXTRACT

- This provides the best possible system of ventilation, but it is also the most expensive and is used for many types of buildings including cinemas, theatres, offices, lecture theatres, dance halls, restaurants, departmental stores and sports centers. The system is essential for operating theatres and sterilizing rooms.



Mechanical inlet and mechanical extract for a theatre



Mechanical inlet and mechanical extract for an open plan office or supermarket

SYSTEM OF VENTILATION -Mechanical

KENYAMANAN KESEHATAN

Umumnya digunakan untuk mengontrol uap dari cairan organik dengan NAB ≥ 100 ppm ,atau bds

- ❖ Keterbatasan untuk sistim ventilasi pengenceran udara adalah:
Jumlah kontaminan yang dihasilkan tidak terlalu besar, dengan laju aliran udara yang diperlukan untuk pengenceran tidak praktis.
- ❖ Pekerja harus berada pada jarak yang tepat dari sumber kontaminan , dan harus dalam konsentrasi yang cukup rendah sehingga pekerja tidak akan memiliki eksposur yang melebihi NAB yang ditetapkan.
- ❖ Toksisitas kontaminan harus rendah.
- ❖ Tingkat emisi kontaminan harus cukup seragam

Dilution (general) ventilation/Ventilasi Pengenceran Udara

Keuntungan	Kekurangan
Biasanya biaya peralatan dan instalasi, lebih rendah	Tidak sepenuhnya menghilangkan udara yang berkontaminan.
Tidak membutuhkan perawatan yang spesifik/rutin	Tidak bisa digunakan untuk bahan kimia sangat beracun.
Efektif untuk mengontrol jumlah kecil bahan kimia toksisitas rendah.	Tidak efektif untuk debu atau uap logam atau sejumlah besar gas atau uap.
Efektif mengontrol gas atau uap yang mudah terbakar .	Mebutuhkan sejumlah besar makeup udara panas atau dingin
Untuk sumber kontaminan yang tersebar., atau mobile	Tidak efektif untuk menangani , gas , atau uap, atau emisi tidak teratur

Dasar Perhitungan Sistem Ventilasi Pengenceran udara

1. **PERSAMAAN VENTILASI PENGECERAN UDARA**
2. **MENGGUNG KONSENTRASI KONTAMINAN**
3. **PERUBAHAN KONSENTRASI KONTAMINAN**
4. **RATE OF PURGING/PEMBERSIHAN**
5. **VENTILASI PENGECERAN UDARA UNTUK LEDAKAN BAHAYA KEBAKARAN DAN LEDAKAN**
6. **NILAI AMBANG BATAS/MIXTURES- DILUTION**

4.1. PERSAMAAN

Tingkat akumulasi = tingkat generation - tingkat penghapusan

Rate of accumulation = Rate of generation – Rate of removal

$$VdC = G.dt - Q'.C.dt$$

..... 4.1

dimana :

V = volume ruang

G = generation rate

Q' = efektif volumetric, flow rate

C = konsentrasi gas atau uap

t = waktu

$dC = 0$, maka ----- **$G \cdot dt = Q' \cdot C \cdot dt$** , dari persamaan integrasi dapat ditulis,

$$= \int_{t_1}^{t_2} G \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} Q' \cdot C \cdot dt$$

Untuk konsentrasi (C) konstan, dan generation rate (G) sama, dideferensialkan sebagai berikut ,

$$G(t_2 - t_1) = Q' \cdot C (t_2 - t_1)$$

$$Q' = \frac{G}{C}$$

..... 4.2

Dalam hal apapun, penggunaan rumus di atas membutuhkan pengetahuan yang cukup tepat terhadap nilai K yang harus digunakan,

$$Q' = \frac{Q}{K} \quad \dots\dots\dots 4.3$$

dimana ,

Q' = efektif laju alir, cfm

Q = aktual vintilation rate, cfm

K = faktor keamanan (K = 1- 10)

$$Q = \left(\frac{G}{C}\right)K \quad \dots\dots\dots 4.4$$

K - Faktor keamanan lihat gambar

$$Q' = \frac{Q}{K} \dots\dots\dots 4.3$$

dimana ,

Q' = efektif laju alir, cfm

Q = aktual vintilation rate, cfm

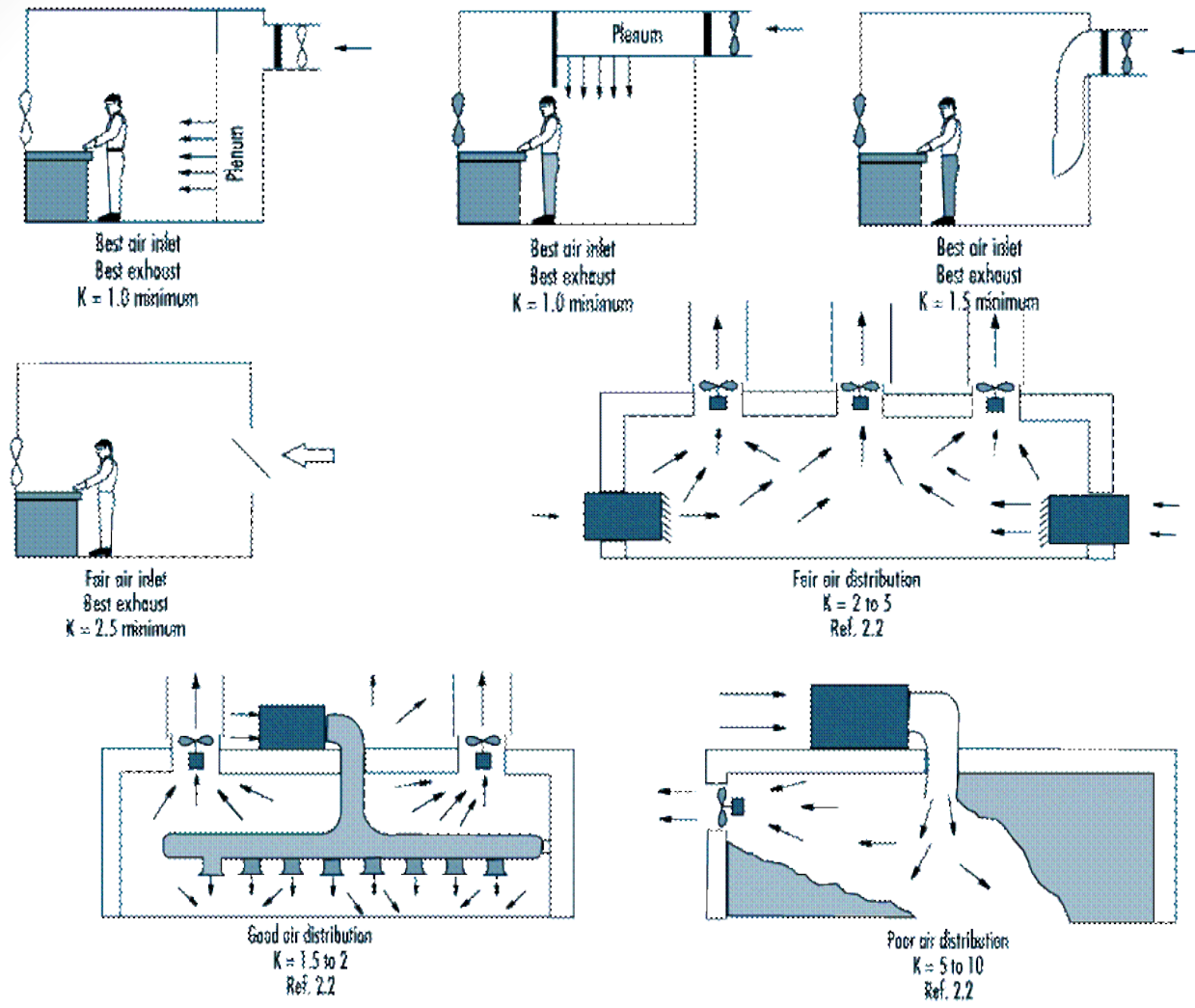
K = faktor keamanan ($K = 1- 10$)

Kosenderasi K faktor, memiliki makna sbb ;

1. Angka faktor K antara 1 s/d10 (gambar, 4.1)

2. Toxik solvent ;

Rendah	:	TLV > 500 ppm
Sedang	:	TLV 100 = 500 ppm
Tinggi	:	TLV < 100 ppm



The values of K , a safety factor (cited here take only air inlet and air extraction vents into account, and are meant as rough guidelines. The proper value of K to be used for the equation should be determined keeping the following things in mind: a) the number and placement of the workers, b) the source(s) of pollution and c) the toxicity of the contaminant(s).
Ref. 2.2: Air Force AFOSH Standard 1&7.2.

Source: ACGIH 1992.

Gambar, 4.1-Figure Suggested K factors for inlet and exhaust locations

Faktor keamanan - K, di mana dan memiliki makna :

1. Sebuah nilai K berada diantara 1 dan 10 (gambar, 4.1) harus dipilih sebagai fungsi dari efektivitas campuran udara yang diberikan ke dalam suatu ruangan,
 - a. berdasarkan toksisitas kontaminan (semakin kecil toksisitas, maka akan semakin besar nilai K),
 - b. dan setiap keadaan lain yang dianggap relevan oleh (ACGIH), antara lain, lamanya proses, siklus dari operasi dan lokasi yang biasanya terdapat para pekerja sehubungan dengan sumber-sumber emisi polutan, jumlah sumber-sumber emisi dan lokasi mereka di ruangan, perubahan musim, jumlah ventilasi alami dan penurunan efektivitas dari peralatan ventilasi sebagai kriteria lain yang menentukan.
2. Jumlah polutan yang dihasilkan seringkali diperkirakan dari jumlah bahan yang digunakan dalam proses yang menghasilkan polutan. Jadi, dalam kasus pelarut, jumlah yang digunakan akan menjadi indikasi yang baik dari jumlah maksimum yang dapat ditemukan di lingkungan kerja.
3. Sebagaimana ditunjukkan di atas, nilai K harus ditentukan sebagai fungsi dari efektivitas campuran udara yang diberikan ke dalam suatu ruangan. Nilai ini akan berbanding lurus dengan seberapa baik estimasi dalam menemukan konsentrasi polutan yang sama pada setiap titik dalam ruang yang diberikan. Hal ini, pada gilirannya, akan tergantung pada bagaimana udara didistribusikan dalam ruang.

4. Menurut kriteria ini, nilai minimum K harus digunakan bila udara dimasukkan ke suatu ruangan dengan posisi injeksi dan ekstraksi udara di ujung yang berlawanan dari ruangan.
5. Toxik solvent ;
 - Rendah : TLV > 500 ppm, atau bds
 - Sedang : TLV 100 = 500 ppm, atau bds
 - Tinggi : TLV < 100 ppm, atau bds

4.2. MENGHTUNG KOSENTRASI

Konsentrasi gas atau uap pada kondisi stabil dapat dinyatakan oleh persamaan material,

$$Q' = \frac{G}{C}$$

rekomendasi teknis seperti nilai-nilai ambang batas (NAB) , (TLV- ACGIH), yang merekomendasikan bahwa tingkat ventilasi dihitung dengan rumus

$$G = \frac{403 \times 10^6 \times SG \times ER}{MW} \quad \text{-----} \quad 4.4$$

dimana ;

G = generation rate

SG = berat jenis

ER = tingkat emisi, liter/menit

MW = berat melekul

403×10^6 = nilai yang ditetapkan, cairan gas STP

Untuk,



$$Q' = \frac{G}{C}$$



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

----- 4.5

C = Konsentrasi gas atau uap, (TLV/NAB) ppm/bds

Masalah -1 :

Metil Clorofom menguap dari tangki pada tingkat 1,5 per 60 menit. Temukan aliran udara ; (i) Q' efektif aliran udara dan (ii) aktual ventilation rate Q yang diperlukan untuk mempertahankan tingkat paparan di bawah TLV/NAB?.

Solusi:

TLV (Metil Clorofom) = 350 ppm,
SG = 1,32 ,
MW = 133,4
K - diasumsikan (K = 5)
Meningkat: - ER = 1,5/60 liter /menit

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

$$Q' = \frac{(403)(10^6)(1,32)(1,5/60)}{(133,4)(350)} = \mathbf{285 \text{ cfm}}$$

ii) Actual flow rate ----- $Q = Q' * K$

$$Q = (285)*5 \\ = \mathbf{1425 \text{ cfm}}$$

Contoh Masalah- 2 :

Metil Klorida menguap dari tangki pada tingkat 0,24 cfm. Tentukan besarnya aliran udara (Q) yang diperlukan untuk mempertahankan tingkat pemaparan di bawah 50 bds.

bds = bagian dalam sejuta (bagian uap atau gas perjuta volume dari udara yang terkontaminan)

Penyelesaian ,

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

Actual flow rate $Q = Q' * K$,

dimana ,

Q' = efektif laju alir, dalam cfm

Q = aktual vintilation rate, dalam cfm

K = faktor keamanan ($K = 1- 10$)

SG = berat jenis

ER = tingkat emisi, dalam liter/menit

MW = berat mekul

C = kosentari gas atau uap, dalam ppm atau bds

Untuk Metil Klorida, no.Gas ; Metil Klorida (74-87-3)

Dampak, gangguan sistim saraf pusat, kerusakan di hati dan ginjal, kerusakan di saluran tentis,efek teratogenik

NAB = 50 bds (NAB Permennakertrans No.Per13./MEN/X/2011 tahun 2011)

MW = berat mekul = 50,49

SG = berat jenis =1,785

Mengingat: ER = 0,24 cfm = 0,24 * 59,85 liter / menit = 14,36 liter / min

$$Q' = (403 * 10^6 * 1,785 * 14,36) / (50,49 * 50) = 4,092 * 10^6 \text{ cfm}$$

K- diamsusikan sebesar 5

$$Q = 4,092 * 10^6 * 5 = 20,46 * 10^6 \text{ cfm}$$

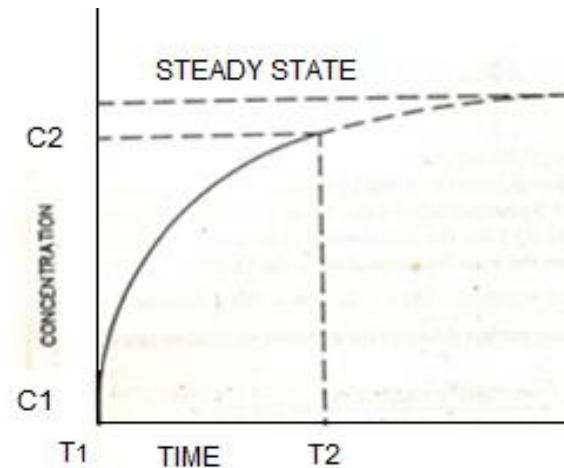
4.3. Perubahan Konsentrasi Kontaminan

Konsentrasi kontaminan lihat grafik gambar, 4.2 dengan selang waktu t_1 ke t_2 (t_1 = awal waktu, dalam menit, t_2 = waktu akhir, dalam menit) terjadi perubahan konsentrasi C_1 ke C_2 (C_2 = akhir konsentrasi dalam ppm, C_1 = awal konsentrasi dalam ppm) dihitung secara diferensial sebagai berikut :

$$\frac{dC}{G-Q'C} = \frac{dt}{V}$$

Mengatur kembali persyaratan dan diintegrasikan dari waktu t_1 ke t_2 dan konsentrasi C_1 ke C_2 , didapatkan persamaan dibawah ini :

$$\ln \left[\frac{G-Q'C_2}{G-Q'C_1} \right] = -\frac{Q'(t_2 - t_1)}{V} \quad \text{-----} \quad (4.6)$$



Gambar. 4.2

Untuk menghitung selang waktu $t_2 - t_1$, atau Δt , dilihat persamaan 4.7

$$\Delta_t = -\frac{V}{Q'} \left[\ln \left(\frac{G - Q' C_2}{G - Q' C_1} \right) \right] \dots\dots\dots 4.7$$

Untuk $C_1 = 0$, persamaan 4.7, menjadi persamaan 4.8

$$\Delta_t = -\frac{V}{Q'} \left[\ln \left(\frac{G - Q' C_2}{G} \right) \right] \dots\dots\dots 4.8$$

selang waktu $t_2 - t_1$, atau Δt dan $C_1 = 0$

$$C_2 = G \frac{\left[1 - e^{-\left(\frac{Q' \cdot \Delta t}{V}\right)}\right]}{Q'} \dots \dots \dots 4.9$$

C_2 , adalah penumpukan konsentrasi dalam ppm atau parts/ 10^6 (misalnya jika ppm y, gunakan $y/10^6$)

Untuk nilai-nilai faktor K, digunakan persamaan,

$$\Delta t = K * (V / Q) * \ln [G / \{G - (Q / K) * C_2\}] \dots \dots \dots 4.10.a$$

$$\Delta t = K * \frac{V}{Q'} \left[\ln * \left(\frac{G - Q' C_2}{G} \right) \right] \dots \dots \dots 4.10$$

Contoh Masalah- 3

Konsentrasi awal adalah nol di ruang volume 4.500 m³. Sebuah sumber toluena dioperasikan selama setengah jam dengan laju aliran udara 1,0 cfm. Temukan laju alir sehingga konsentrasi tidak melebihi NAB= 50 bds. Gunakan rasio pencampuran K= 4.

Penyelesaian ,

Untuk awal konsentrasi awal nol, selama setengah jam atau 30 menit, dihitung sebagai berikut ,

$$\Delta t = K * (V / Q) * \ln [G / \{G - (Q / K) * C_2 \}]$$

Dimana

K - adalah faktor untuk pencampuran tidak lengkap,

V - adalah volume dalam kaki ³ atau ft³,

Q - adalah laju alir aktual dalam cfm,

G - adalah tingkat generasi dalam cfm

C₂ - adalah penumpukan konsentrasi dalam ppm atau parts/10⁶ (misalnya jika ppm y, gunakan y/10⁶)

Tingkat generasi (G), dihitung dengan persamaan ;

$$G = (403 * 10^6 * SG * ER) / (MW * C_2)$$

Untuk toluena,

Dampak iritasi pada kulit

berat jenis ----- SG = 0,866,

berat molekul ----- MW = 92,13

NAB = 50 bds (NAB Permennakertrans No.Per13./MEN/X/2011 tahun 2011)

Mengingat :

$$V = 4500 \text{ m}^3 = 158916 \text{ ft}^3$$

$$C_2 = 50 \text{ bds,}$$

$$ER = 1 \text{ cfm} = 59,85 \text{ liter / min}$$

$$K = 4$$

$$\Delta t = 30 \text{ menit}$$

$$G = (403 * 10^6 * 0.866 * 59.85) / (92.13 * 500)$$

$$= 4,534 * 10^6 \text{ cfm}$$

Oleh karena itu,

$$\Delta t = K * (V / Q) * \ln [G / \{G - (Q / K) * C_2\}]$$

$$30 = 4 * (158916 / Q) * \ln [4,534 * 10^6 / \{4,534 * 10^6 - (Q / 4) * 50\}]$$

$$30 = 635664 / Q * \ln [4,534 * 10^6 / (4,534 * 10^6 - 1,25 Q * 10^{-5})]$$

Q - trial and error

Masalah -4 :

Konsentrasi awal adalah nol, pada volume ruang 4.500 m³. Sebuah sumber toluena dioperasikan selama setengah jam dengan laju 1,0 cfm. Temukan laju alir (Q), sehingga konsentrasi tidak melebihi TLV =100 ppm. Gunakan rasio pencampuran

Solusi:

Untuk awal konsentrasi nol, konsentrasi membangun waktu di menit diberikan oleh

$$\Delta t = K * (V / Q) * \ln [G / \{G - (Q / K) * C_2 \}]$$

Dimana

K, - adalah faktor untuk pencampuran tidak lengkap,

V, - adalah volume, ft³,

Q, - adalah laju alir aktual, cfm,

G, - adalah tingkat generasi, cfm

C₂, - adalah penumpukan konsentrasi dalam ppm atau parts/10⁶
(misalnya jika ppm y, gunakan y/10⁶)

Juga, G - adalah tingkat generasi :

$$G = \frac{(403 * 10^6 * SG * ER)}{(MW * C_2)}$$

Untuk toluena, $SG = 0,866$, $MW = 92,13$

Mengingat:- $V = 4500 \text{ m}^3 = 158916 \text{ ft}^3$
 $TLV = C_2 = 100 \text{ ppm}$,
 $ER = 1 \text{ cfm} = 59,85 \text{ liter / min}$
 $K = 4$
 $\Delta t = 30 \text{ menit}$

$$G = \frac{(403 * 10^6 * 0.866 * 59.85)}{(92.13 * 100)}$$
$$= 2.267 * 10^6 \text{ cfm}$$

digunakan persamaan,

$$V = 4500 \text{ m}^3 = 158916 \text{ ft}^3$$

$$K = 4$$

$$\Delta t = 30 \text{ menit}$$

$$G = 2.267 * 10^6 \text{ cfm}$$

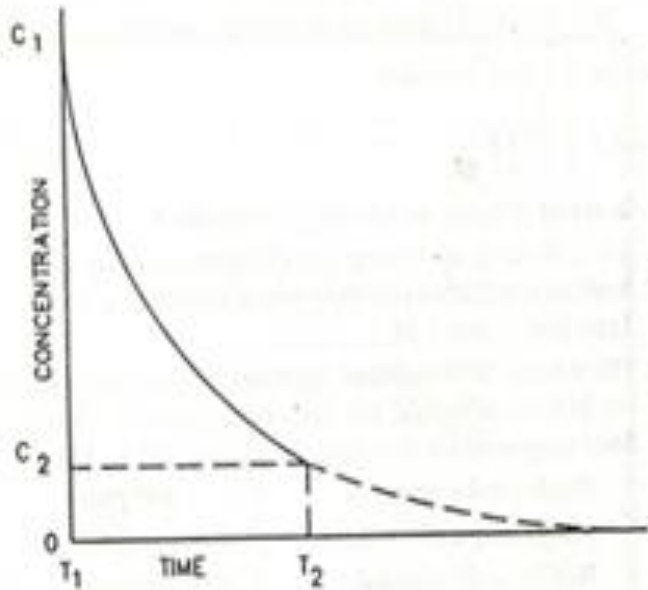
$$\Delta t = K * (V / Q) * \ln [G / \{G - (Q / K) * C_2 \}]$$

$$30 = 4 * (158916 / Q) * \ln [2.267 * 10^6 / \{ 2.267 * 10^6 - (Q / 4) * (100 / 10^6) \}]$$

Menyelesaikan oleh trial and error,

$$Q = 0,455 \text{ cfm}$$

4.4. Rate of Purging/Pembersihan



Untuk kasus ini,
tingkat generasi kontaminan

$$G = 0$$

$$VdC = -Q'Cdt$$

$$dC/C = (-Q'/V)dt$$

Integrasi waktu t_1 ke t_2
dan konsentrasi C_1 ke C_2 , pers menjadi

$$\ln(C_2 / C_1) = -Q'/V(t_2-t_1)$$

$$t_2 - t_1 = -(V/Q') \ln(C_2 / C_1)$$

Utk waktu $t_1=0$, maka

$$t_2 = -(V/Q') \ln(C_2 / C_1) = -(V/Q') \ln(C_1 / C_2)$$

$$Q' = Q/K$$

$$t_2 = K(V/Q) \ln(C_1 / C_2)$$

dimana

t_2 = waktu, menit

C_1 & C_2 , = adalah awal dan akhir kosentrasi dalam ppm

4.5. VENTILASI PENGECERAN UDARA UNTUK BAHAYA KEBAKARAN DAN LEDAKAN

$$Q = \frac{(403 * 100 * \text{sp.gr} * \text{ER} * S_f)}{(\text{MW} * \text{LEL} * B)}, \dots\dots 4.12$$

di mana

Q = laju alir actual, cfm

ER = tingkat emisi dalam liter / menit,

MW = adalah berat molekul,

LEL = (lower explosive limit) adalah batas ledakan lebih rendah dalam %,

B = adalah konstan, B=1 untuk upto suhu 250 F, B=0,7 untuk F.> suhu 250F

S_f = safety faktor adalah 10

sp.gr = specific gravity

Masalah - 5:

Hitung pengenceran ventilasi untuk ledakan bahaya kebakaran 350F, selama 60 menit, untuk 2 liter xylene di berikan :

$$\text{LEL} = 1\%;$$

$$\text{MW} = 106;$$

$$B = 0,7;$$

$$\text{sp.gr.} = 0,88 ;$$

$$S_f = 10 .$$

Solusi:

$$Q = \frac{(403 * 100 * \text{sp.gr} * ER * S_f)}{(\text{MW} * \text{LEL} * B)}$$

$$Q = \frac{(403)(100)(0.88)(2/60)(10)}{(106)(1)(0.7)} = 159 \text{ cfm}$$

70 °F – 350 °F (kondisi operasi)

(cfm_{STP}) = Q

$$Q_A = (\text{cfm}_{\text{STP}})(\text{ratio of absolute temperature})$$

$$= (\text{cfm}_{\text{STP}}) \{(460\text{F}+350\text{F})/(460\text{F}+70\text{F})\}$$

$$= 159 (810/530)$$

$$= 243 \text{ cfm}$$

4.6. Nilai Ambang Batas Campuran

Apabila terdapat lebih dari satu bahan kimia berbahaya yang bereaksi terhadap sistem atau organ yang sama, di suatu lingkungan kerja, maka kombinasi pengaruhnya perlu diperhatikan, efek gabungan mereka dikenal sebagai efek aditif harus diberikan pertimbangan utama.

Nilai Ambang Batas (NAB) campuran dari bahan kimia tersebut, dapat diketahui dengan menghitung dari jumlah perbandingan diantara kadar Nilai Ambang Batas (NAB) masing-masing dengan rumus- rumus sebagai berikut

$$(C_1/NAB_1) + (C_2/NAB_2) + \dots (C_n/NAB_n) = \dots \dots \dots 4.13$$

Atau,

$$(C_1/TLV_1) + (C_2/TLV_2) + \dots \dots \dots (C_n/TLV_n) > 1$$

C = observed atmospheric concentration

TLV = corresponding threshold limit

1. Efek saling menambah

Keadaan umum, (Permennakertrans Nomor PER.13/MEN/X/2011 TAHUN 2011, tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja)

$$(C_1/NAB_1) + (C_2/NAB_2) + \dots + (C_n/NAB_n) > 1$$

Contoh 1.a

Udara mengandung 400 bds Aseton (NAB=750 bds), 150 bds Butil asetat sekunder (NAB=200 bds), dan 100 bds Metil etil keton (NAB=200 bds).

$$(C_1/NAB_1) + (C_2/NAB_2) + \dots + (C_n/NAB_n) > 1$$

$$= (400/750) + (150/200) + (100/200) \\ = 0,53 + 0,75 + 0,5 = 1,78 \text{ } (= > 1, \text{ maka terlampaui})$$

Dengan demikian kadar bahan kimia campuran tersebut diatas telah melampaui NAB campuran, karena hasil dari rumus lebih besar dari 1 (satu).

2. Kasus Khusus

Yang dimaksudkan dengan kasus khusus, yaitu sumber kontaminan adalah suatu zat cair dan komposisi bahan-bahan kimia diudara dianggap sama dengan komposisi campuran diketahui dalam % (persen) berat, sedangkan NAB campuran dinyatakan dalam milligram per meter kubik (mg/m^3)

$$\text{NAB}_{\text{campuran}} = \left[\left\{ \frac{1}{f_a/\text{NAB}_a} \right\} + \left(\frac{f_b}{\text{NAB}_b} \right) + \dots\dots\left(\frac{f_n}{\text{NAB}_n} \right) \right]$$

Contoh 1.b

Zat cair mengandung 50 % heptan ($\text{NAB}= 400$ bds atau $1640 \text{ mg}/\text{m}^3$), 30 % metil kloroform ($\text{NAB}=350$ bds atau $1910 \text{ mg}/\text{m}^3$), 20 % perkloroetelin ($\text{NAB}= 25$ bds atau $170 \text{ mg}/\text{m}^3$).

$$\begin{aligned} \text{NAB}_{\text{campuran}} &= \left[\left\{ \frac{1}{(0,5/1640)} \right\} + (0,3/1910) + (0,2/170) \right] \\ &= \left[\left\{ \frac{1}{(0,00030)} \right\} + (0,00016) + (0,00018) \right] \\ &= \left\{ \frac{1}{(0,00164)} \right\} \\ &= 610 \text{ mg}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

50 % atau $(610)(0,5) \text{ mg}/\text{m}^3 = 305 \text{ mg}/\text{m}^3$ heptan = 73 bds

30 % atau $(610)(0,3) \text{ mg}/\text{m}^3 = 183 \text{ mg}/\text{m}^3$ metil kloroform = 33 bds

20 % atau $(610)(0,2) \text{ mg}/\text{m}^3 = 122 \text{ mg}/\text{m}^3$ Perkloroetelin = 18 bds

$\text{NAB}_{\text{campuran}} ; 73 + 33 + 18 = 124$ bds atau $610 \text{ mg}/\text{m}^3$

3. Berefek sendiri-sendiri

NAB_{campuran}

$$(C_1/NAB_1 = 1) : (C_2/NAB_2 = 1) : \dots (C_n/NAB_n = 1) > 1$$

Contoh 1.c

Udara mengandung $0,15 \text{ mg/m}^3$ Pb ($NAB = 0,15 \text{ mg/m}^3$) dan $0,07 \text{ mg/m}^3$ H_2SO_4 ($NAB = 1 \text{ mg.m}^3$). Apakah melebihi Nilai Ambang Batas untuk campuran?

$$NAB_{\text{campuran}} = \{(0.15 / 0.15) = 1\} : \{(0.07 / 1) = 1\} = 0,7$$

Dengan demikian NAB_{campuran} belum dilampui

DAFTAR PUSTAKA

1. NIOSH, Occupational Diseases - A Guide to their Recognition, in Publication No 77-181. 1977. 2,.
2. ACGIH, Industrial Ventilation a manual of recommended practice. 22 ed. 5,. ACGIH Industri Ventilasi manual praktek yang disarankan. 22 ed. ACGIH; 1995. ACGIH; 1995.
3. Kang SK, Lee MY, Kim TK, Lee JO, Ahn YS. 7,. Kang SK Lee MY, TK Kim, Lee JO, YS Ahn. Occupational exposure to benzene in South Korea. Chem Biol Interact. 2005:153–4.
4. Paik NW, Yoon CS, Zoh KE, Chung HM. 9, Paik. NW CS Yoon Zoh EK,, Chung HM. A study of component of thinners using in Korea. J Korean Soc Occup Environ Hyg. 1998; 8 :105–14.
5. Lee KS, Kwon HW, Han IS, Yu IJ, Lee YM. 10 KS. Lee, HW Kwon, Han IS, Yu IJ, YM Lee. A study on the reliability of material safety data sheets for paint thinner. J Korean Soc Occup Environ Hyg. 2003; 13 :261–72.
6. Aksoy M, Erdem S, Dincol G. Types of leukemia in chronic benzene poisoning: A study in thirty-four patients. Acta Haematol. 1976; 55 :65–72.
7. ACGIH, Recommended Threshold Limit Values for Work Environment. ACOGI Hygienists, editor. 2005.

Terima kasih & Sampai Jumpa di Pertemuan Selanjutnya

