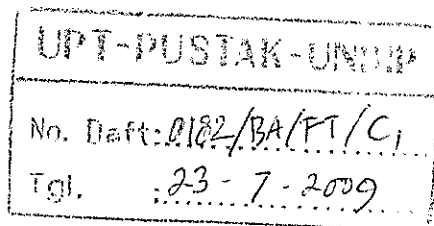


14

**BUKU AJAR
PENGENDALIAN BISING DAN BAU**

**OLEH :
HARYONO SETIYO HUBOYO, ST, MT
SRI SUMIYATI, ST, MSi**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
2008**

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 BUNYI DAN BISING	1
1.2 SUMBER BISING	3
1.3 EFEK KEBISINGAN	5
BAB II PENGUKURAN KEBISINGAN	8
II.1 SATUAN BUNYI DAN ALAT PENGUKUR KEBISINGAN	8
II.2 PERHITUNGAN LEVEL KEBISINGAN	10
II.3 PERHITUNGAN KEBISINGAN (MODEL MATEMATIS)	11
BAB III KONTROL KEBISINGAN	16
III.1 PRINSIP KONTROL	16
III.2 ABSORPSI DAN TRANSMISI BUNYI	16
III.3 METODE KONTROL KEBISINGAN DI SUMBER	21
III.4 METODE KONTROL BISING DI TRANSMISI	23
III.5 PERLINDUNGAN BISING DI PENERIMA	23
BAB IV PENGENDALIAN BAU	31
IV.1 PENGERTIAN BAU	31
IV.2 PENGUKURAN BAU	37
IV.3 PENGENDALIAN DAN PERLINDUNGAN DARI BAU	40
BAB V BAU (ODORS)	44
V.1. PENGERTIAN	44
V.2. INTENSITY (INTENSITAS)	44
V.3. DETECTABILITY (KEMAMPUDETEKSIAN)	45
V.4. CHARACTER (KARAKTER)	45
V.5. HEDONIC TONE	46
V.6. ADAPTASI	46
V.7. SENYAWA BERBAU	47
V.8. PENGUKURAN PENGINDERAAN BAU	47
V.9. SAMPLING EMISI SUMBER BAU	48
V.10. BAU YANG BERHUBUNGAN DENGAN AIR LIMBAH	49
V.11. SENYAWA-SENYAWA YANG MENIMBULKAN BAU	52

BAB I PENDAHULUAN

1.1 BUNYI DAN BISING

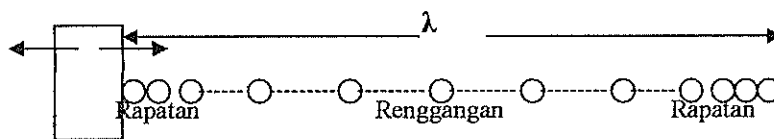
Bunyi merupakan gelombang zat yang sampai ke telinga manusia

Bising merupakan bunyi yang tidak dikehendaki karena tidak sesuai dengan konteks ruang dan waktu sehingga menimbulkan gangguan kenyamanan dan kesehatan manusia.

Bunyi ditimbulkan oleh sumber suara yang bergetar misal getaran objek padat, gerakn turbulensi cairan, ekspansi gas yang mendadak. Bunyi sampai ke reseptor melalui rambatan gelombang energi mekanis dalam suatu medium.

Tekanan (P), Amplitudo (A) dan kecepatan gelombang bunyi, biasanya cukup kecil.

Produksi dan Rambatan (Energi) Bunyi



Laju rambat gelombang tergantung pada suhu, kelembaban udara, frekuensi. (Densitas dan Elastisitas medium)

Tekanan

Perubahan tekanan udara terjadi manakala bunyi terjadi.

$$P_{(t)} = P_a + P_{(t)}$$

Dimana: P_a = Tekanan atmosfer udara ($1,0 \times 10^5$ Pa)

$P_{(t)}$ = Gangguan tekanan suara

$$P_{(t)} \lll P_a$$

Daya puncak – Daya rerata

Rentang tekanan manusia : 2×10^5 Pa – 200 Pa

Frekuensi : 16 – 20.000 Hz

Tingkat tekanan suara dinyatakan :

$$SPL = 10 \log \left[\frac{P}{P_0} \right]^2 = 20 \log \left[\frac{P}{P_0} \right]$$

P_0 = Tekanan suara acuan (2×10^{-5} Pa)

Intensitas Suara

Laju energi merupakan daya suara yang menembus suatu luasan tertentu

$$I = \frac{W}{S} = \frac{W}{4\pi r^2}$$

Dimana: I = Intensitas suara (w/m^2)

W = Daya suara (w)

S = Luas permukaan yang ditembus (m^2)

r = Jarak antara reseptor dan sumber suara (m)

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Dimana: L_I = Tingkat intensitas suara (dB)

I = Intensitas suara (w/m^2)

I_0 = Intensitas suara acuan (10^{-12} w/m^2)

Refleksi, Refraksi, Dispersi dan Adsorpsi

Refleksi merupakan penentuan suara atau bunyi dimana semakin tinggi kecepatan maka semakin tinggi refleksinya

Refraksi merupakan pembelokan bunyi manakala melewati antara medium yang berbeda

Dispersi merupakan pembelokan bunyi ketika terpantul dari permukaan, melewati berbagai medium, melalui/dilalui penghalang dimana kesemuanya tergantung kepada panjang gelombang dan kontur permukaan

Adsorpsi merupakan penghilangan energi mekanis menjadi panas

Refleksi, refraksi dan disperse digunakan untuk menganalisis jalur rambatan bunyi. Gelombang bunyi bila bergabung (interferensi) maka:

- Saling menguatkan (sama fasanya)
- Saling melemahkan (berlawanan fasanya)

Bising bias timbul karena fenomena refleksi dan interferensi walaupun suara asalnya tidak berlebihan.

1.2 SUMBER BISING

Bising Di Industri

- Bising Intermitten

Bunyi bising dan tidak (*on/off*) berlangsung dalam interval waktu yang sepadan

- Bising Interrupted

Bunyi bising dimana jeda bisingnya lebih singkat disbanding lama bisingnya

- Bunyi Impulsive / Explosive

Durasi bising hanya dalam seper detik

Ada dua variasi frekuensi bising:

- Frekuensi tinggi : mesin bergerak cepat
- Frekuensi rendah : mesin bergerak lambat

Sumber-sumber Bising

- Mesin berputar / bolak balik berulang-ulang
- Mesin elektrik (karena gaya magnetic mekanis)
- Pengolahan material
- Confeyor-confeyor ketika beroperasi
- Pengaduk, penyaring dan sebagainya
- Alat-alat pneumatic
- Turbin gas dan uap
- Outdoor proses

Bising Di Konstruksi

- Truck, mesin diesel, peralatan penambangan / penggalian
- Peralatan pemadatan tanah, *Pneumatic Hammer Compresor*
- Penghancuran material
- Pembuatan / pengadukan semen

Bising Di Daerah Transportasi

- Karena kendaraan bermotor, (tergantung kondisi mesin, cara mengemudi, ban yang dipakai serat lingkungannya)
- Pesawat terbang, (terutama take off)
- Kereta api, subway lebih bising karena sekelilingnya sangat reflektif

Bising Di Pemukiman

Sumber bising karena dari aktivitas perumahan, bising karena adanya pemanasan (heater) dan pendinginan (AC), bising alamiah (factor atmosferik). Kasus-kasus khusus missal di lingkungan shpping center, hotel-hotel. Kebisingan bervariasi terhadap waktu, tergantung aktivitas manusia.

Bising Karena Sebab-sebab Tertentu

Bising karena peristiwa alam, perang, pertunjukan, dan lain sebagainya.

Aspek Penting Parameter Kebisingan

1. Tingkat kebisingan (SPL)
2. Lamanya kebisingan (prosentase kejadian bising dalam rentang waktu tertentu)
3. Pola kebisingan (Siklus siang malam)

Terminologi :

- a. Kebisingan Ambien
- b. Kebisingan Background

Tabel 1
BAKU TINGKAT KEBISINGAN
 (KEPMEN LH: KEP-48/MENLH/II/1996)

PERUNTUKAN KAWASAN LINGKUNGAN KEGIATAN	TINGKAT KEBISINGAN dB (A)
a. Peruntukan kawasan	
1. Perumahan dan pemukiman	33
2. Perdagangan dan jasa	70
3. Perkantoran dan perdagangan	65
4. Ruang terbuka hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan – forum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus	
- Bandara	
- Stasiun KA	
- Pelabuhan laut	70
- Cagar budaya	60
b. Lingkungan kegiatan	
1. Rumah sakit – sejenisnya	55
2. Sekolah – sejenisnya	55
3. Tempat ibadah – sejenisnya	55

1.3 EFEK KEBISINGAN

Sensitifitas pendengaran manusia =

Level suara : 0 – 140 dB

Frekuensi : 20 – 20.000 Hz

Ambang pendengaran : suara paling lemah yang masih bisa didengar

Ambang rasa sakit : suara paling tinggi yang masih bisa didengar tanpa menimbulkan rasa sakit.

Temporasily Threshold Shifts (TTS)

Bergesernya (melemahnya) kemampuan pendengaran seseorang ketika terpapar kebisingan yang cukup intensif, bersifat sementara.

Permanent Treswhold Shifts (PTS)

Melemahnya secara permanent kemampuan pendengaran seseorang karena terpapar kebisingan yang intensif ataupun mendadak.

TTS bisa sembuh dalam hitungan detik sampai dengan sehari-hari, sedangkan PTS tidak menunjukkan gejala penyembuhan setelah 2-3 minggu. Manusia memiliki *Refleks Akustik* yang merupakan kemampuan untuk meredam bunyi yang berintensitas tinggi dengan mengeraskan gendang telinganya serta gerakan ossicles.

Auditory Effects

Efek-efek yang dilakukan oleh organ-organ dalam telinga untuk mengontrol kebisingan. Dikendalikan oleh otot-otot di telinga bagian tengah. Factor-faktor yang menyebabkan terjadinya TTS dan PTS adalah:

1. Level bunyi, biasanya di atas 80dBA
2. Distribusi frekuensi bunyi, bunyi yang minimal berfrekuensi seperti percakapan berpolensi
3. Durasi bunyi, semakin lama semakin tinggi resiko TTS dan PTS
4. Distribusi waktu temporer bunyi, jumlah dan panjang periode diam mengurangi TTS dan PTS
5. Toleransi individu
6. Tipe bunyi, Steady state, intermitten, impulse

Hubungan Antara TTS dan PTS

Bunyi kebisingan yang tidak menghasilkan TTS setelah pemaparan selama 2-8 jam tidak akan menghasilkan PTS bila dipaparkan lebih dari itu.

Kriteria resiko kerusakan pendengaran (OSHA)

Lama Kebisingan/Hari (jam)	Tingkat Kebisingan (dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1	105
0,5	110
0,25	115

Trauma Akustik

Merupakan kehilangan pendengaran secara permanent yang diakibatkan oleh pemaparan singkat kebisingan yang sangat nyaring.

Gangguan Percakapan

Masking effect merupakan gangguan pada percakapan Karena fungsi yang kompleks antara jarak pembicara-pendengar dan frekuensi dari kata-kata yang diucapkan. Spech Interference Level merupakan pengukuran kesulitan dalam komunikasi yang terjadi pada tingkat bising background yang berbeda..

Gangguan Tidur

Tiga tahap tidur (mengantuk, rem, lelap)

Gangguan yang terjadi dipengaruhi oleh: motivasi bangun, kenyaringan, lama kebisingan, dan umur manusia.

Standar kebisingannya sulit ditetapkan karena sulitnya mengukur karakteristik individual.

Gangguan Psikologis

Gangguan ini bisa berupa kejengkelan, mudah marah, dan tersinggung. Gangguan psikologis dipengaruhi oleh kelakuan masyarakat dan sensitifitas terhadap sumber bising.

BAB II PENGUKURAN KEBISINGAN

II.1 SATUAN BUNYI DAN ALAT PENGUKUR KEBISINGAN

Tone, Sone, Phons

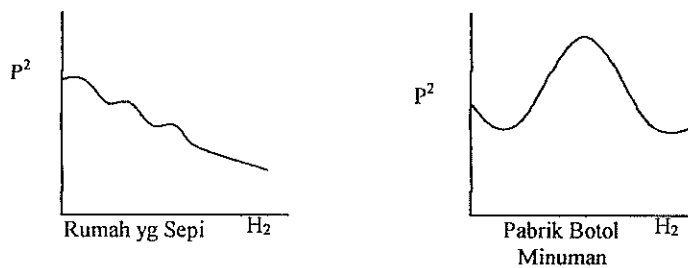
Tone merupakan bunyi yang memiliki tepat satu buah frekuensi.

Sone merupakan kenyaringan bunyi yang dihubungkan dengan frekuensi kurang dari intensitas.

Phon merupakan kontur kesetaraan kenyaringan

Spektrum Suara / Bunyi

Suatu bunyi yang diterima bila memiliki banyak frekuensi. Spectrum bunyi digunakan sebagai analisis distribusi energi bunyi, lebih jauh digunakan untuk mendesain penghilangan bunyi-bunyi yang mengganggu.



Sumber Bunyi Multipel

Sound Power Level : $L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$ (dB re W_0)

W = Daya bunyi suatu sumber (w)

W_0 = Referensi daya bunyi (10^{-12} w)

Sound Intensity Level : $L_i = 10 \log \frac{I}{I_0}$ (dB re I_0)

I = Intensitas bunyi suatu sumber (w/m^2)

I_0 = Referensi intensitas bunyi (10^{-12} w/m^2)

Peralatan Tambahan SLM

1. Kalibrator, digunakan untuk mengkalibrator SLM dengan sebuah bunyi murni yang diketahui frekuensi dan intensitasnya
2. Spektrum Analyser, digunakan untuk mengetahui sebaran rekuensi kebisingan yang terbagi dalam $\frac{1}{2}$ atau $\frac{1}{3}$ detak dan seterusnya
3. Wind Screen, untuk menghilangkan turbulensi angin disekitar microphon
4. Perekam (Recorder), untuk menginformasikan tampilan grafik nilai-nilai sinyal kebisingan
5. Stopwatch, untuk mencatat interval waktu pengukuran

Lokasi Pengukuran

Kriteria lokasi yang dipilih:

- Daerah tempat orang bermukim atau beraktivitas
- Diminimalis terganggu oleh efek dinding, pengambil sampel
- Titik pengukur lima tempat yang berbeda.

Aspek Pengukuran

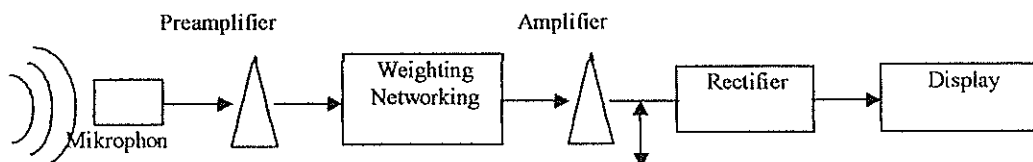
- Berapa banyak kejadian yang jarus diukur
- Berapa lama periode pengukuran
- Berapa lama sampling harus dilakukan

Peralatan Pengukuran Bising

Sound Level Meter (SLM)

Komponen-komponen SLM adalah:

- Mikrophone (condenser, piezoelektrik, dynamic)
- Amplifier
- Weighting network
- Display



Tipe-tipe SLM:

6. Tipe 0 (*Precision Sound Level Meter*), Toleransi: $\pm 0,4$ dB, untuk keperluan standar lab.
7. Tipe 1 (*General Purpose Sound Level Meter*), Toleransi: $\pm 0,7$ dB, untuk berbagai keperluan di lab
8. Tipe 2 (*Survey Sound Level Meter*), Toleransi: $\pm 1,0$ dB dan $\pm 1,5$ dB, untuk survei lapangan

Jaringan Pembobotan

Jaringan/kurfa ini digunakan untuk mengubah sinyal bunyi sebagaimana fungsi pendengaran manusia.

Pembobotan A : respon manusia terhadap tingkat bunyi yang rendah

Pembobotan B : respon manusia terhadap tingkat bunyi yang sedang

Pembobotan C : respon manusia terhadap tingkat bunyi yang tinggi

Pembobotan D : respon manusia terhadap tingkat bunyi di airport

Pembobotan A untuk bunyi berkisar 40 dB

Pembobotan B untuk bunyi berkisar 70 dB

Pembobotan C untuk bunyi berkisar >100 dB

II.2 PERHITUNGAN LEVEL KEBISINGAN

Tingkat Kebisingan Ekuivalen

Untuk mendapatkan tingkat tekanan rata-rata pada interval waktu tertentu.

$$L_{ek} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n f_i \cdot 10^{L_i/10} \right) dBA$$

L_{ek} = Tingkat kebisingan ekuivalen

f_i = Fraksi waktu terjadinya tingkat kebisingan pada interval waktu pengukuran tertentu.

L_i = Nilai tengah kebisingan

Tingkat Kebisingan Sesaat

Menyatakan tingkat kebisingan pada keadaan tertentu dalam interval waktu yang sangat singkat

$$L_t = 10 \log \int_{t_1}^{t_2} 10^{L(t)/10} dt \text{ dBA}$$

L_t = Tingkat kebisingan sesaat (dBA)

$L(t)$ = Tingkat kebisingan rerata dalam interval waktu pengukuran tertentu

dt = Interval waktu pengukuran t_1 ke t_2 (detik)

Tingkat Kebisingan Siang Malam

$$L_{sm} = 10 \log \left(\frac{1}{2a} \right) \left[\sum_{i=1}^{16} 10^{(L_{ek})/10} + \sum_{j=1}^8 10^{((L_{ek})_{j+10})/10} \right] \text{ dBA}$$

L_{sm} = Tingkat kebisingan siang malam (dBA)

L_{ek} = Tingkat kebisingan ekivalen

II.3 PERHITUNGAN KEBISINGAN (MODEL MATEMATIS)

Model Sumber Titik

$$L_2 = L_1 - 20 \log \left(\frac{r_2}{r_1} \right) \text{ dBA}$$

L_2 = Tingkat kebisingan pada jarak r_2 dari sumber (dBA)

L_1 = Tingkat kebisingan pada jarak r_1 dari sumber (dBA)

Bila dua buah sumber sama tingkat kebisingannya, maka:

$$L_{tot} = (L_1 + 3) \text{ dBA}$$

Bila n buah sumber sama tingkat kebisingannya, maka:

$$L_{tot} = (L_1 + 10 \log n) \text{ dBA}$$

Bila n buah sumber dengan masing-masing berbeda tingkat kebisingannya, maka:

$$L_{tot} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right) \text{ dBA}$$

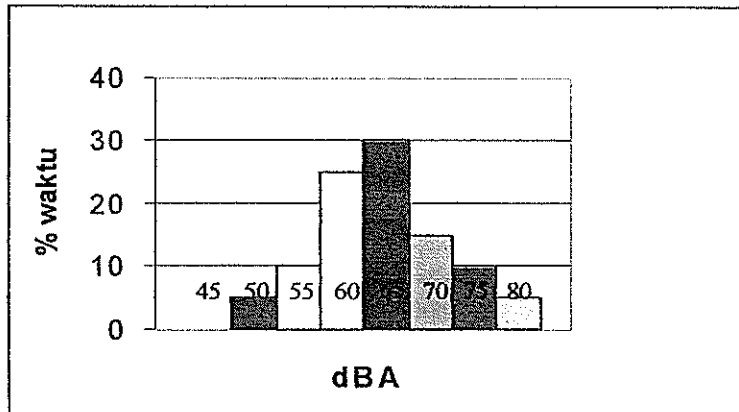
Model Sumber Garis

$$L_2 = L_1 - 10 \log \left(\frac{r_2}{r_1} \right) \text{ dBA}$$

L_2 = Tingkat kebisingan pada jarak r_2 dari sumber (dBA)

L_1 = Tingkat kebisingan pada jarak r_1 dari sumber (dBA)

Statistik Tingkat Kebisingan



L_{10} = SPL melebihi 10 % waktu

L_{50} = SPL melebihi 50 % waktu

L_{90} = SPL melebihi 90 % waktu

L_{10} biasanya disebut rata-rata level/tingkat kebisingan selama pengukuran

L_{50} : tingkat gangguan awal kebisingan

L_{90} : residual tingkat kebisingan

Contoh hitung L_{10} , L_{50} , L_{90} dari histogram di atas.

$$\begin{aligned} \text{Luas area} &= 5 (5+10+25+30+15+10+5) \\ &= 500 \end{aligned}$$

Perhitungan L_{90} :

$$\begin{aligned} 10 \% \text{ Luas histogram} &= 10 \% \times 500 \\ &= 50 \text{ unit} \end{aligned}$$

dihitung dari 45

$$5(5) + 10x = 50$$
$$x = 2,5$$

Jadi $L_{90} : 50 + 2,5 = 52,5$ dBA

Perhitungan L_{50} :

$$50 \% \text{ Luas histogram} = 50 \% \times 500$$
$$= 250 \text{ unit}$$

$$\text{Jadi } L_{50} : 5(5+10+25) + 30y = 250$$
$$y = 1,67$$
$$60 + 1,67 = 61,67 \text{ dBA}$$

Perhitungan L_{10} :

$$90 \% \text{ Luas histogram} = 90 \% \times 500$$
$$= 450 \text{ unit}$$

$$\text{Jadi } L_{50} : 5(5+10+25+30+15) + 10z = 450$$
$$z = 2,5$$
$$70 + 2,5 = 72,5 \text{ dBA}$$

Sound Pressure Level

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P^2}{P_0^2} \right) \quad (\text{dB re } P_0)$$

P = Rms tekanan bunyi (Pa)

P_0 = Referensi rms tekanan bunyi (2×10^{-5} Pa)

$$I = \left(\frac{P^2}{\rho c} \right)$$

Bila $L_i = 10 \log \frac{I}{I_0}$

$$= 10 \log \left(\frac{P^2}{\rho c I_0} \right) \quad \rho c \text{ standar ; } 406 \text{ kg/m}^3 \text{ dtk}$$

$$\rho c I_0 = P_0^2$$

$$I_o = \frac{(2 \times 10^{-5})^2 (N/m^2)^2}{406 \text{ Kg/m}^2 \text{ dik}} \quad \text{jadi } L_I = L_p$$

$$I_o = 10^{-12} \text{ w/m}^2$$

$$P_{rms} = \sqrt{P_{1\text{ avg}}^2 + P_{2\text{ avg}}^2 + \dots + P_{n\text{ avg}}^2} \quad (\text{untuk satu bunyi})$$

$$P_{avg}^2 = P_1^2 + P_2^2 + \dots + P_n^2 \quad (\text{untuk banyak bunyi})$$

Dimana P_1, P_2, \dots, P_n adalah P_{rms}

$$\frac{P_{avg}^2}{P_o^2} = \frac{P_1^2 + P_2^2 + \dots + P_n^2}{P_o^2}$$

$$\frac{P_{avg}^2}{P_o^2} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2}{P_o^2} = \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}$$

contoh sumber bunyi yang masing-masing $A = 90 \text{ dB}$, $B = 80 \text{ dB}$, $C = 70 \text{ dB}$, hitung L_p bila ketiganya beroperasi bersamaan.

Jawab:

$$\frac{P_A^2}{P_o^2} = 10^{90/10} = 100 \times 10^7, \quad \frac{P_B^2}{P_o^2} = 10^{80/10} = 10 \times 10^7, \quad \frac{P_C^2}{P_o^2} = 10^{70/10} = 1 \times 10^7$$

$$\frac{P_{avg}^2}{P_o^2} = \frac{P_A^2 + P_B^2 + P_C^2}{P_o^2} = 111 \times 10^7$$

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P_{avg}^2}{P_o^2} \right) = 10 \log 111 \times 10^7 = 90,5 \text{ dB}$$

Analisis Band Oktave

Karena terdistribusinya frekuensi dari suatu bunyi, maka dibuat pengelompokan frekuensi bunyi dengan Band Oktave. Suatu band memiliki batas atas dan bawah, dimana frekuensi batas bawah = f_i dan batas atas = f_u .

Maka $f_u = 2f_i$

$$\log f_c = \frac{1}{2} (\log f_i + \log f_u) = \log (f_i \cdot f_u)^{1/2}$$

$$f_c = \sqrt{f_i \cdot f_u} = \sqrt{2} f_i$$

Frek. Bts bawah	44	88	177	355	710	1420	2840	5680
Frek. Bts atas	88	177	355	710	1420	2840	5680	11360
Frek. Bts tengah	63	125	250	500	1000	2000	40000	8000

Untuk menganalisis lebih rinci, dibuat band oktaf yang lebih kecil yaitu: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, dan seterusnya.

BAB III

KONTROL KEBISINGAN

III.1 PRINSIP KONTROL

Ada 3 cara umum:

1. Menghilangkan/reduksi kebisingan di sumber bising. Tahap desain: memilih mesin yang paling tidak bising, pengurangan radiasi tenaga akustik sumber bising dengan *musffler*, isolator fibrasi, peredam fibrasi, penurunan kecepatan mesin.
2. Modifikasi transmisi bising. Memperjauh jarak sumber bising – penerima, meminimuman efek radiasi tenaga bising ke penerima.
3. Perlindungan ke penerima kebisingan.

Echo / Resound

$$T = 0,161 \frac{V}{a}$$

Dimana:

T = Waktu reverberasi / echo

A = Absorpsi bunyi (sabins)

V = Volume ruang (m³)

Jenis Kegiatan	Waktu Echo (dtk)	
Musik		
- Ruang pentas	0,80 – 1,00	Bicara
- Ruang/kamar musik	1,00 – 1,50	Kantor
- Orkestra	1,50 – 2,00	R. kelas
- Organ	2,00 – 2,25	R. kerja

III.2 ABSORPSI DAN TRANSMISI BUNYI

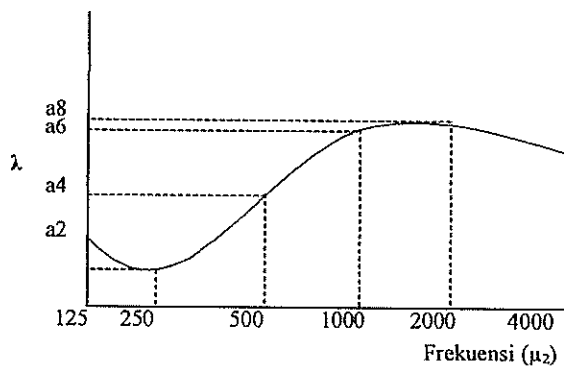
Penyerapan Bunyi

Koefisien absorpsi bunyi dari suatu permukaan absorber merupakan fraksi energi bunyi yang terserap untuk setiap pantulan pada frekuensi tertentu.

Terjadi konversi energi : Energi akustik \longrightarrow Energi termal

Material reflektif ($a = 0,05$) : gelas, logam, plastik.

Material absorptif ($a \sim 1$) : ubin akustik, karpet, selimut.



Untuk frekuensi 250 – 2000 koefisien reduksi bising (NRC):

$$= \frac{1}{4} (0,10 + 0,4 + 0,56 + 0,6)$$

$$= 0,42$$

$$a = \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \alpha_3 \cdot S_3 + \dots$$

a = Absorpsi bunyi (sabine)

α_i = Koefisien absorpsi bunyi efektif permukaan ke - i (tidak berdimensi)

S_i = Area permukaan ke - i (m^2)

Diketahui sebuah ruangan dengan ukuran 10 x 7 x 5 m, lantai dilapisi karpet ($\alpha = 0,2$), atap dicat blok ($\alpha = 0,07$), dinding ruang terbuat dari kayu ($\alpha = 0,07$). Tentukan waktu echo/reverberasi ruangan tersebut.

Jawab:

$$S_1 \text{ (luas lantai)} = 10 \times 7 \text{ m}^2$$

$$S_2 \text{ (luas atap)} = 10 \times 7 \text{ m}^2$$

$$S_3 \text{ (luastembok)} = 2 ((5 \times 7) + (5 \times 10)) = 170 \text{ m}^2$$

$$\alpha = \sum_i^n \alpha_i S_i = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3$$

$$= 0,2 (70) + 0,07 (70) + 0,07 (170)$$

$$= 30,8 \text{ Sabiner}$$

$$T = 0,161 \frac{V}{\alpha} = 0,161 \frac{10 \times 7 \times 5}{30,8} = 1,83 \text{ det ik}$$

$$\text{Reduksi bising} = 10 \log \left(\frac{a_o + a_a}{a_o} \right) \quad a_o = \text{Absorpsi bising mula-mula}$$

a_a = Tambahan absorpsi (sabine)

Untuk contoh di atas, ditambah ubin akustik ($a = 0,6$)

$$a_a = (0,60 - 0,07) 70 = 37,1 \text{ sabin}$$

$$NR = 10 \log \left(\frac{a_o + a_a}{a_o} \right) = 10 \log \left(\frac{30,8 + 37,1}{30,8} \right) = 3,4 \text{ dB}$$

Pengukuran Transmisi Bunyi

$$STL = 10 \log \left(\frac{I_i}{I_t} \right) \text{ dB}$$

I_i = Intensitas bunyi yang menimpa suatu permukaan penghalang

I_t = Intensitas bunyi yang diemisikan pada permukaan yang berlawanan (w/m^2)

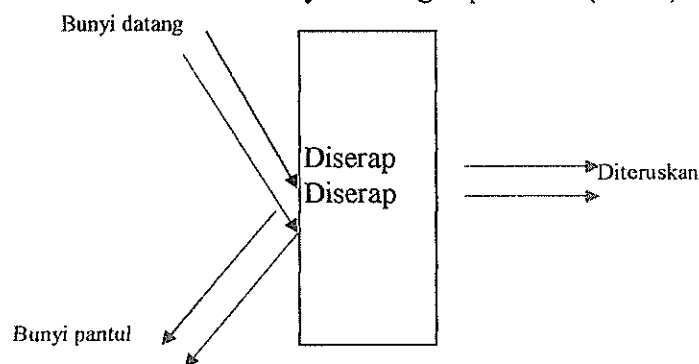
$$STL = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right)$$

L_1 = [rata-rata waktu (durasi)] SPL di ruangan sumber

L_2 = [rata-rata durasi] SPL di ruangan penerima

S = Total luas permukaan yang memantulkan (m^2)

A = Total absorpsi bunyi di ruangan penerima (sabins)



Semakin tinggi frekuensi bunyi yang menimpa penghalang akan semakin mudah diserap.

Tebal penghalang harus lebih besar dibanding panjang gelombang bunyi, agar terjadi penyerapan yang tinggi.

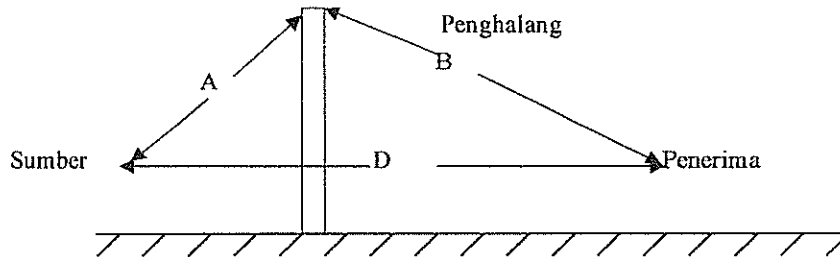
STL juga merupakan fungsi dari berat/densitas penghalang serta frekuensi bunyi:

$$STL = 20 \log wf - 47,4$$

w = Besar densitas penghalang (Kg/m²)

f = Frekuensi bunyi (Hz)

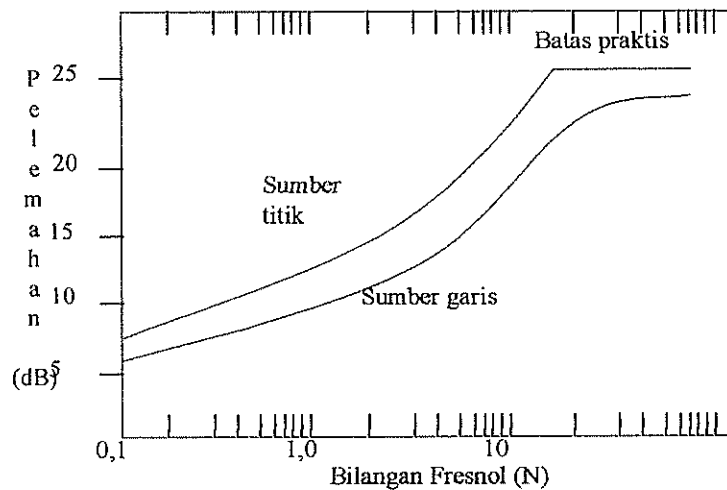
Perlemahan Bunyi Oleh Penghalang



A, B, D dalam m

λ = Panjang gelombang bunyi.

Bilangan Fresnel :
$$N = \frac{2(A+B-D)}{\lambda}$$



Contoh:

Jarak sumber ke puncak penghalang (A) = 20 m

Jarak penghalang (puncak) ke penerima (B) = 35 m

Jarak sumber – penerima : 50 m. Suhu udara : 22° C

Frekuensi sumber bunyi : 250 Hz, berapakah pelemahannya?

Jawab:

$$\text{Untuk kondisi ideal atmosfer: } \lambda = \frac{c}{f} = \frac{344}{250} = 1,376 \text{ m}$$

$$\text{Bilangan Fresnel: } N = \frac{2(20+35-50)}{1,376} = 7,3$$

Dari grafik di atas didapat pelemahannya: 21,6 dB

Isolasi Vibrasi

Pencegahan rambatan getar dari suatu mesin ke penyangganya adalah dengan pemasangan "Suspensi Elastis". Material yang lemah merambatkan vibrasi adalah *low Accoustic Impendance* yang lawannya adalah *High Impendance*.

Transmisibilitas

$$TR = \frac{1}{1 - \left(\frac{w}{w_n}\right)^2} \text{ dengan } w_n = \sqrt{\frac{kg}{w}} \text{ atau}$$

$$TR = \frac{1}{\left(\frac{w}{w_n}\right)^2 - 1}$$

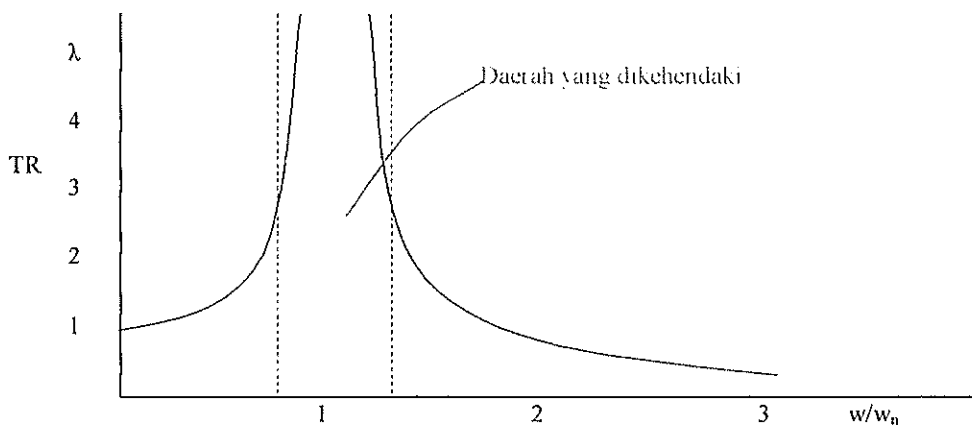
TR = Frekuensi sirkular natural (rad s^{-1})

w = Frekuensi gerak dari sebuah gaya (rad s^{-1})

k = Elastisitas pegas (N/m)

g = Gravitasi ($9,8 \text{ m/dt}^2$)

w = Berat mesin (N)



Contoh:

Sebuah mesin berat 70 N bekerja 1200 rpm, ditopang oleh pegas dengan elastisitas $k = 14.600 \text{ w/m}$. Berapakah nilai TR nya?

Jawab:

$$w_n = \sqrt{k_g/w} = \sqrt{\frac{14.600 (9,8)}{70}} = 45,3 \text{ rad s}^{-1}$$

$$w_n \text{ (rpm)} = 45,3 \text{ rad s}^{-1} \times \frac{\text{rev}}{2\pi \text{ rad}} \times \frac{60 \text{ dtk}}{\text{menit}} = 433 \text{ rpm}$$

$$TR = \frac{1}{\left(\frac{w}{w_n}\right)^2 - 1} = \frac{1}{\left(\frac{1200}{433}\right)^2 - 1} = 0,15$$

III.3 METODE KONTROL KEBISINGAN DI SUMBER

Pengukuran Mesin Yang Lebih Tenang (Tidak Bising)

- Setiap alat/mesin mempunyai batas kebisingan yang diperbolehkan
- Penggunaan alat/mesin yang lebih tenang, lebih ekonomis dibanding dengan pengendalian kebisingan

Penggantian Proses

- Penggunaan proses-proses yang lebih tenang
 - Penyolderan untuk permukaan
 - Pressing untuk penempaan
 - Hot forming untuk cold forming
 - Grinding untuk pengemprasan
- Penggunaan proses mesin yang tidak bising
 - Hidrlis/pneumatis untuk mekanis
 - Roda-roda logam untuk nylon

Desain Sistem

- Pertimbangan arsitektur
 - Pengaturan lokasi dan desain bangunan
 - Penggunaan material-material yang bersifat absorbtif

- Desain kontrol

Mereduksi gaya-gaya tumbukan

- Mengurangi berat, ukuran, ketinggian dari masa penumbuk
- Penyelipan penyerapan tumbukan di antara lapisan tumbukan
- Penggantian permukaan tumbukan dengan selain logam
- Penggunaan kekuatan yang lebih besar untuk mengurangi repetisi
- Gerakan mesin secara gradual

Mereduksi kecepatan dan tekanan

- Pengoperasian alat pada batas kecepatan minimum
- Gunakan alat yang ada penutupnya
- Kurangi tekanan dan kecepatan sirkulasi udara, gas dan cairan untuk meminimalisasi turbulensi

Mereduksi friksi

- Pemasangan alat-alat yang benas/pas
- Permukaan yang licin dan halus di antara muka-muka kontak
- Untuk bagian yang bergerak/berputar harus dalam keadaan setimbang
- Adanya "eccentricity"

Mereduksi area radiasi bising

- Memperkecil atau mengurangi ukuran
- Menghilangkan material-material yang tidak perlu
- Pembuatan pertorasi

Mereduksi kebocoran bising

- Menutup celah (terutama di sambungan)
- Penggunaan karet penutup di ujung-ujung bukaan
- Penggunaan "Lined duck" untuk ekhaust, venting

Isolasi dan pembuangan vibrasi

Isolasi merupakan pencegahan transmisi energi (bising) dari sumbernya

Pembuangan/damping : energi bising dari sumber dikurung di suatu tempat pada struktur

Metode isolator: penggunaan penghubung yang fleksibel/lentur antara bagian alat yang bergerak dengan ruangan/dinding

Metode damping: penggunaan material-material yang dapat menyerap energi bising – getar

Material damping diletakkan pada daerah yang sering terjadi belokan, gerakan.

Pemasangan material bisa berlapis-lapis ataupun tunggal asal lebih tebal dibanding ketebalan media bergetar.

Optimalisasi Desain Eksisting

- Balancing Rotating Parts
- Mereduksi friksi
- Penggunaan material damping
- Penutupan kebocoran
- Pemeliharaan yang rutin.

III.4 METODE KONTROL BISING DI TRANSMISI

III.5 PERLINDUNGAN BISING DI PENERIMA

Penjadwalan Kerja

- Diusahakan pemaparan yang tidak kontinu
- Bila tidak mungkin dengan penjadwalan kerja, bisa diambil sedikit waktu di tempat yang relatif tidak bising
- Untuk menghindari kebisingan ke komunitas sekitar jadwal operasi harus diperhitungkan

PeringkapanPerlindungan

- Ear Protection (mereduksi 15 – 35 dB0)
 - Noise shelter
 - Ruang kontrol terisolasi di lingkungan kerja
 - Ruang kerja di alat-alat berat
 - Proses otomatis
- Perlindungan kebisingan di penerima dilakukan bila kebisingan menerima > 100 dBA

Reduksi Kebisingan Karena Menggunakan Proteksi Pendengaran

Tujuannya adalah untuk mencari reduksi kebisingan suatu alat pelindung kebisingan di telinga.

Conth:

Suatu set pelindung bising di telinga memiliki arakteristik, pengurangan kebisingan untuk frekuensi tertentu sebagai berikut:

125 Hz pengurangan 19 dB pada level kebisingan 91 dB

250 Hz pengurangan 27 dB pada level kebisingan 89 dB

500 Hz pengurangan 37 dB pada level kebisingan 92 dB

1000 Hz pengurangan 40 dB pada level kebisingan 92 dB

2000 Hz pengurangan 40 dB pada level kebisingan 92 dB

3000 – 4000 Hz pengurangan 30 dB pada level kebisingan 88 dB

6000 – 8000 Hz pengurangan 30 dB pada level kebisingan 80 dB

Jawab:

<i>i</i>	Level Band Octan	Koreksi Pembobotan	Band Oktan Terkoreksi	Pengukuran Kebisingan	?L
1	91	-16,1	74,9	19	55,9
2	89	-8,6	80,4	27	53,4
3	92	-3,2	88,8	37	51,8
4	92	0	92,0	40	52
5	92	+1,2	93,2	40	53,2
6	88	+,0	89,0	30	59
7	80	-1,1	78,9	30	48,9

$$LA = 10 \log \sum_i 10^{\frac{N_i}{10}} = 97,4 \text{ dB}$$

$$SA = 10 \log \sum_i 10^{\frac{N_i}{10}} = 63,0 \text{ dB}$$

Reduksi kebisingan oleh pelindung telinga:

$$LA - SA = 97,4 - 63 = 34,4 \text{ dBA}$$

Dosis Harian/Daily Dose

Jutuannya adalah untuk menerima dosis pemaparan kebisingan harian (mirip NER)

Tabel yang digunakan:

Durasi Per Hari (jam)	Level Kebisingan (dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1	105
0,5	110
= 0,25	maks 115

Dirumuskan untuk mencari T yang tidak tertera di tabel:

$$T = \frac{16}{2^{(L-85)/5}} \quad L = \text{Level kebisingan (dBA)}$$

Tes audiogram untuk menilai apakah dosis hariannya > 0,5 ? perlu perlindungan kebisingan bila dosis hariannya diantara 0,5 – 1.

Hitung soal di atas dengan Daily dose.

Contoh:

Sebuah mesin secara otomatis beroperasi 2,5 menit dengan level kebisingan 100 dBA. Setelah 2,5 menit beroperasi, akan berhenti selama 0,5 menit dimana level kebisingannya menjadi 70 dBA. Proses ini berulang-ulang selama 8 jam kerja. Berapakah akumulasi pemaparan kebisingan yang diizinkan untuk seorang pekerja di tempat tersebut?

Peringkat Pemaparan Kebisingan (Noise Exposure Rating)

Tujuannya adalah untuk menilai apakah pemaparan kebisingan yang menimpa pekerja masih layak diterima.

$$NER = \sum_i \frac{C_i}{T_i}$$

C_i = Waktu paparan total pada level kebisingan mantap

T_i = Waktu paparan total yang diizinkan

Bila $NER < 1$, paparan kebisingan yang terjadi dianggap masih dapat diterima. Bila $NER > 1$ maka perlu ada rotasi pegawai yang bekerja di tempat tersebut.

Contoh:

Seorang pegawai bekerja pada 3 tempat yang terdapat masing-masing mesin yang menimbulkan bisings. Pada stasiun:

1. Level kebisingan kontinu 91 dBA exposure 2 jam
2. Level kebisingan interrupted 92 dBA exposure 3 jam/3 interval
3. Level kebisingan kontinu 89 dBA exposure 2,5 jam

Hitung NER – nya.

LATIHAN SOAL PERHITUNGAN KEBISINGAN

1. Ada 3 buah sumber bunyi dengan durasi berbunyi sebagai berikut:

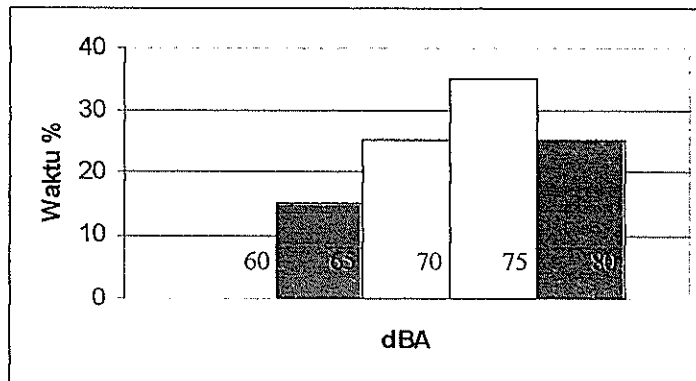
$$L_1 = 80 \text{ dBA}; f_1 = 12'$$

$$L_2 = 70 \text{ dBA}; f_2 = 24'$$

$$L_3 = 60 \text{ dBA}; f_3 = 24'$$

Tentukan L_{eq} .

2.



3.

Tentukan L_{eq} .

4. Pengukuran siang – malam (rata-rata)

Waktu	Leq (rata-rata)	Waktu	Leq (rata-rata)
0	40	12	50
1	50	13	50
2	50	14	60
3	60	15	60
4	60	16	70
5	50	17	70
6	60	18	70
7	70	19	60
8	70	20	50
9	60	21	40
10	40	22	40
11	40	23	40

Hitung Lsm.

1. Pengukuran dengan interval waktu konstan (misal tiap 30 detik) selama 5 menit didapatkan:

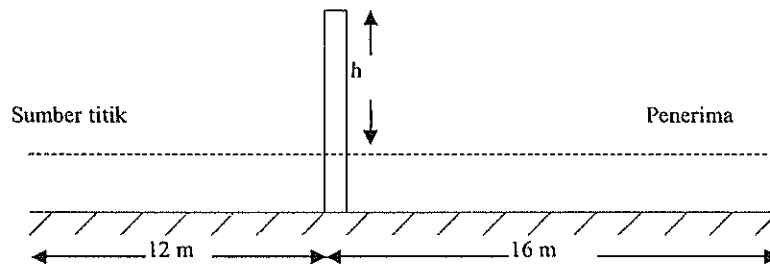
Li (dBA)	Frekuensi
85	X
80	XX
75	X
70	
65	XXX
60	X
55	XX
50	

Hitung Leq.

Latihan Perhitungan

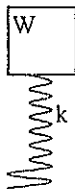
1. hitung waktu reverberensi (gaung/echo) dari sebuah ruangan dengan dimensi 15 m (panjang), lebar 10 m, dan tinggi 4 m. Koefisien absorpsi suara:
 - Atap = 0,15
 - Dinding = 0,1
 - Lantai = 0,06
2. Sebuah auditorium dengan panjang 18 m, lebar 12 m, dan tinggi 5 m memiliki 50 orang yang duduk. Koefisien absorpsi suara:
 - Atap = 0,2
 - Dinding = 0,15
 - Lantai = 0,12Asumsi 0,5 sabins tiap orang, hitung waktu referberasi.

3



Bila pengurangan suara mencapai 15 dB, hitung h untuk dinding, bila frekuensi sumber bunyi 400 Hz

1. Sebuah test vibrasi dengan balok, resonansi yang terukur = 500 Hz, bila berat balok 10 N, Berapakah nilai K ?



2. Hitung kehilangan transmisi bunyi pada dinding gypsum yang memiliki ketebalan 25,4 mm dan densitas area $16,5 \text{ kg/m}^2$ bila frekuensi bunyi mencapai a) 500 Hz, b) 1000 Hz
3. Sebuah partisi disisipkan antara dua ruang dimana
Rata-rata SPL: 85 dB di ruang sumber bunyi
Rata-rata SPL: 60 dB di ruang penerima
Bila total area radiasi di ruang sumber bunyi setara 50 sabin. 35 m^2 absorpsi bunyi.

Latihan Soal

- 1) Hitung NER untuk:
 - a. 90 dBA, 4 jam, kontinyu
92 dBA, 2 jam, 3 kali interval
 - b. 102 dBA, 15 menit, kontinyu
90 dBA, 5 jam, kontinyu
 - c. 96 dBA, 3 jam, kontinyu
87 dBA, 5 jam, kontinyu
- 2) Dua mesin beroperasi didua waktu terpisah. Mesin A beroperasi 93 dBA untuk 2 jam kontinyu. Berapa lama mesin B memiliki kebisingan 102 dBA untuk operasi kontinyu?
- 3) Hitung dosis kebisingan harian untuk a, b, c. Dan
95 dBA, 1 jam, 7 kali pemaparan (interval)
94 dBA, 1 jam, 35 interval pemaparan.
- 4) Setiap pagi pekerja bekerja selama 4 jam dan terpapar 90 dBA. Berapa lama pekerja itu boleh berada/bekerja diruangan lain yang memiliki kebisingan 94 dBA (hitung dalam jam, menit, dan detik)

Soal Reduksi Kebisingan

Frekuensi urut dari 125 – 8000 Hz

Pengurangan : 16, 27, 37, 39, 40, 40, 33

Bising lingkungan : 91, 87, 87, 88, 86, 80, 76

Pengurangan : 27, 36, 41, 39, 47, 48, 40

Bising lingkungan : 101, 98, 92, 85, 85, 83, 75

Pembobotan SPL

Frekuensi	Relative Respons (dBA)	Relative Respons (dBA)	Relative Respons (dBA)
63	-26,2	-9,3	-0,8
125	-16,1	-4,2	-0,2
250	-8,6	-1,3	0
500	-3,2	-0,3	0
1000	0	0	0
2000	+1,2	-0,1	-0,2
4000	+1,0	-0,7	-0,8
8000	-1,1	-2,9	-3,0

BAB IV PENGENDALIAN BAU

IV.1 PENGERTIAN BAU

Terminologi bau : sebuah sensasi karena stimulus kimia dari reseptor kimia di epitelium olfaktori di hidung. Bahan kimia yang bisa menstimulus disebut *odoran*.

1. Mekanisme Indera Penciuman

Mengapa bau bisa tercium? Indera penciuman dipengaruhi oleh 2 bagian sistem syaraf yaitu :

a. Cranial Nerve I - Olfactory Nerve

Molekul-molekul aromatik yang masuk terlarut dalam kelembaban di epitel olfactory dan menstimulasi reseptor kimianya, kemudian sel-sel reseptor olfactory memulai aksi potensial dan diteruskan ke olfactory bulb yang memiliki syaraf-syaraf sensor.

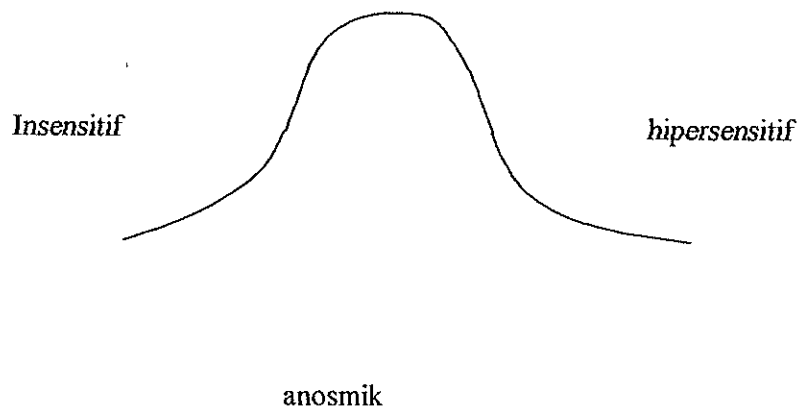
b. Cranial Nerve V - Trigeminal

Merupakan campuran syaraf yang besar. Disini terdapat hubungan dengan syaraf untuk mengunyah, berbicara dan respon terhadap sentuhan, suhu, sensasi kesakitan di muka.

2. Bau dan Efek Kesehatan

Bau didefinisikan sebagai sensasi hasil dari penerimaan stimulus pada sistem sensor penciuman. Responnya tergantung pada properti sensor yang terukur, tingkat deteksi, karakter dan tone hedonik (*hedonic tone*).

Respon manusia terhadap bau mengikuti kurva normal



a. Sensitivitas dan desensitivitas terhadap bau

Pemaparan yang berulang-ulang ke suatu bau dapat menghasilkan toleransi ataupun menjadi sensitif. Kalau sensitif maka mudah terjadi *komplain*, kalau toleransi berarti ada ketidaksadaran akan pemaparan terus menerus. Seseorang dapat sensitif ke suatu bau tertentu dibanding bau yang lain. Orang-orang di laboratorium kimia sering mencium bau-bau sehingga menjadi toleran. Menjadi sulit bila ingin mendeteksi bau bila orang-orang lain tidak toleransi.

b. Persepsi : bau yang tidak enak bagi tubuh tidak sehat.

Persepsi bau merupakan fungsi syaraf I (*first cranial nerve*) : memproses persepsi odoran

,*Common Chemical Sense* (CCS) merupakan fungsi syaraf V (*fifth cranial nerve*) memproses iritasi dan ketajaman odoran. CCS melambangkan ketajaman, sensasi (iritasi, menusuk, terbakar, gatal, menyengat). Persepsi ini harus dikuantifikasi. Contoh H₂S bisa terdeteksi di ambien serendah-rendahnya 0.15 ppb, sementara TLV-TWA : 10 ppm. Jadi walau ada bau tidak enak tetap tidak berbahaya. Padahal mendekati nilai TLV-TWA bau H₂S sangat menyengat. Perlu penelitian lebih jauh untuk melihat hubungan pemaparan bau yang diperbolehkan dan bagaimana hubungan dengan deteksi bau. Bahan-bahan kimia yang berbahaya tidak dikategorikan berdasar berbau atau tidak.

Baku Tingkat Kebauan berdasar Kep 50/MENLH/11/1996 menyatakan baku tingkat kebauan dari odoran tunggal :

No	Parameter	Satuan	Nilai batas	Metode pengukuran	Peralatan
1	Ammonia (NH ₃)	ppm	2.0	Indofenol	Spektro
2	Metil merkaptan (CH ₃ SH)	ppm	0.002	Absorpsi gas	GC
3	Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	ppm	0.02	Merkuri tiosianat Absorpsi gas	Spektro GC
4	Metil Sulfida (CH ₃) ₂ S	ppm	0.01	Absorpsi gas	GC
5	Stirena (C ₆ H ₅ CHCH ₂)	ppm	0.1	Absorpsi gas	GC

standar bau di Amerika berdasar ASTM E679-91, Eropa: prEN 13725

c. Adaptasi

Merupakan kelelahan sistem indera penciuman yang terjadi pada orang-orang dengan indera penciuman yang normal mengalami penurunan penerimaan bau jika stimulus bau dilakukan terus menerus. Adaptasi tidak menghilangkan kemampuan mendeteksi bau yang lain. Pemulihan faktor adaptasi biasanya cukup singkat.

Habituation/occupational anosmia : pekerja di industri mengalami pemaparan yang panjang sehingga timbul toleransi yang tinggi terhadap bau dengan konsentrasi tinggi.

3.Asal dan Sumber Bau

Bahan-bahannya bisa gas-gas organik – anorganik dan partikulat. H₂S dan NH₃ merupakan zat anorganik. Asal bau berasal dari proses biologi (dekomposisi anaerob organik yang mengandung S dan N), serta berasal dari proses kimia.

Umumnya berbentuk gas dalam keadaan STP atau memiliki volatilitas yang signifikan. Dinyatakan dalam tekanan uap (1 mmHg, 25C) dikalikan 1316 (1 juta ppm/760 mmHg). BM bahan-bahan ini umumnya 30 – 150, dimana BM yang rendah menunjukkan semakin tinggi tekanan uapnya (sehingga berpotensi terlepas ke atmosfer), BM tinggi kurang volatil sehingga tidak terlalu mencemari udara.

Senyawa sulfur tereduksi : merkaptan dan organik sulfida cenderung berbau dilihat dari konsentrasi ambang bau-nya yang rendah.

4. Parameter-parameter penting dalam identifikasi bau

a. Nilai Ambang (*threshold*) :

Konsentrasi minimum *odoran* secara teoretis yang diperlukan agar terjadi persepsi dalam suatu persentase tertentu di populasi. Nilainya tidak spesifik tetapi merupakan nilai titik statistik yang mewakili. Ambang deteksi (*detection threshold*) adalah konsentrasi terendah yang menimbulkan respon sensori di reseptor pada persentase tertentu, biasanya 50% dari populasi yang diujicoba. Batas pengenalan konsentrasi minimum yang dapat dikenali (bau khas) pada persentase populasi (biasanya 50%). Karena sumber bau sangat beragam, ambang dinyatakan dalam rasio pengenceran – ambang.

b. Unit bau

Satu volume udara berbau pada batas ambang bau, biasanya dinyatakan dalam kubik feet sbb :

Unit bau / kubik feet = volume sampel yang diencerkan ke ambang batas / volume sampel aktual

Unit bau/m³ merupakan unit yang digunakan dalam model dispersi yang dianalogikan dengan gram/m³, hanya diperhatikan bahwa bau tidak dapat dijumlahkan secara linier ataupun dirata-ratakan. Konsentrasi bau sama dengan 1 (dalam perhitungan model dispersi) dianggap ambang deteksi bau, < 1 merupakan tidak berbau atau sub-ambang, >1 merupakan berbau atau supra-ambang.

Kandungan *odoran* melambangkan unit bau dan dinyatakan sebagai :

$Z_c = C_o / C_t$ = konsentrasi *odoran* di sampel / konsentrasi *odoran* pada ambang batas

Daftar nilai ambang batas untuk bahan kimia murni sangat beragam dari berbagai referensi sehingga tidak terlalu penting dijadikan parameter.

TLV-TWA : konsentrasi rata-rata ambang yang diperbolehkan orang untuk bekerja selama 8 jam, 1 hari tanpa ada efek yang membahayakan. Gas dinyatakan dalam ppm, sementara padatan, mist atau debu partikel dinyatakan dalam mg/m³.

c. Intensitas

Intensitas bau menunjukkan kekuatan yang bisa teramati dari sensasi bau. Intensitas meningkat sejalan dengan konsentrasi. Intensitas bau adalah kekuatan sensasi bau yang teramati yang berhubungan dengan konsentrasi pembuat bau (*odoran*), yang merupakan suatu kategori pengukuran. Intensitas bau dirumuskan sebagai *hukum Steven*.

$$I \text{ (teramati)} = K(C)^n \quad \text{atau} \quad \log I = \log K + n \log C$$

Hubungan ini menyatakan kemiringan merupakan fungsi dosis respon yang berbeda-beda untuk tiap *odoran*. Jadi persistensi bau dapat direpresentasikan dalam fungsi dosis respon. Konsentrasi bau (dosis) dinyatakan dalam log rasio pengenceran, sementara intensitas (respon) dinyatakan dalam log ppm n-butanol yang menghasilkan plotting logaritmik dengan kemiringan negatif.

Persistensi bau adalah terminologi yang digunakan untuk menggambarkan laju penurunan konsentrasi bau yang karena faktor pengenceran. Tergantung pada jenis bau yang ada. Nilai n berkisar 0.2 – 0.8 tergantung jenis *odoran*.

Untuk n bernilai 0.2 reduksi 10 kali lipat konsentrasi hanya menurunkan intensitas yang terukur 1.6, sementara n bernilai 0.8, reduksi 10 kali lipat menurunkan intensitas yang terukur 6.3 kalinya.

Bila kemiringannya rendah menunjukkan bau perlu pengenceran yang banyak untuk menghilangkannya contoh H_2S , butil asetat dan amine. Sementara yang mudah hilang dengan pengenceran adalah ammonia dan aldehid.

d. Tone Hedonik

Merupakan justifikasi kategori pada ketidak senang/kesenangan relatif suatu bau. Tone hedonik berhubungan dengan senang-tidak senang terhadap suatu bau. Persepsi bau merupakan gabungan frekuensi kejadian, karakter bau, dan intensitas bau. Bau yang enak tetapi dalam waktu lama bisa menimbulkan ketidaknakan jika dalam waktu lama.

Ketika bau dievaluasi di laboratorium untuk mengetahui *hedonic tone*-nya, panelis dipaparkan stimulus bau yang terkontrol intensitas dan durasinya. Derajat senang-tidak senang ditentukan oleh tiap pengalaman panelis dan asosiasi emosinya. Sehingga terkadang saling bertolak belakang. Kesenangan terhadap bau merupakan penilaian yang subyektif. Assesor menggunakan pengalaman dan memori tentang bau sebagai skala referensi hedonik tone. Selama training, asesor menjadi peduli akan referensi pengalaman bau dan memorinya. Nilai hedonic tone merupakan nilai rata-rata dari tiap assesor.

e. Campuran bau

Bau tidak murni, bercampur dengan bau yang lain. Bau yang teramati terasa lebih rendah bila bercampur daripada sendiri-sendiri (*hyppoadditivity*). Respon CCS bersifat *additive* baik dalam campuran maupun sendiri-sendiri. Campuran menjadi perhatian bila gas-gas yang berbahaya bercampur dengan yang tak berbahaya. Perhatian ke campuran bau karena standar yang digunakan dalam baku tingkat kebauan adalah odoran tunggal. Untuk mengukurnya perlu panelis. Respon manusia terhadap bau juga tergantung pada komunitas, meteorologi, interaksi topografi. Sebaliknya walau dalam *hedonic tone* yang tinggi ditoleransi bila secara sosial bisa diterima. Problem pemahaman polusi udara meningkat dengan pendidikan, pendapatan, level pekerjaan dan usia serta faktor ekonomi.

d. Detektabilitas

Nilai ambang bau dimana konsentrasi minimum yang dapat mempengaruhi respon indera penciuman (*detection threshold*) Ambang bau merupakan hasil kesimpulan 50% panelis yang menyatakan mencium bau tertentu. Tergantung pada tes sensorinya, seleksi panelis, kriteria detektabilitas. Ambang bau bukan merupakan nilai pasti, tergantung pada sensitivitas panelis, metode menghasilkan stimulus bau ke panelis termasuk laju alir dan kemurnian odoran yang dites. Ambang pengenalan (*recognition threshold*) merupakan konsentrasi minimum *Odoran* yang diperlukan untuk mengidentifikasi stimulus. *Detection threshold* < *recognition threshold*. Data dari berbagai literatur sangat beragam.

e. Karakter bau/kualitas bau

Menyatakan identifikasi bau dan membedakannya dari satu dengan yang lainnya pada intensitas yang sama.

Karakterisasi bau digambarkan dengan penskalaan multidimensi (*profiling*) yaitu membandingkan kemiripan dan ketidakmiripan dengan rangkaian bahan-bahan acuan.

Bau dikarakterisasi berdasar rasa, sensasi dan deskripsi bau.

Rasa (asin, manis, pahit, masam), sensasi ditunjukkan oleh syaraf trigeminal dalam bentuk bau seperti gatal, pedas, hangat, membakar, tajam, dingin dsb. Deskripsi bau dapat digambarkan dalam "roda bau". Sekitar 180 bahan kimia telah diskalakan ke dalam 146 deskriptor seperti *nutty, moldy, sewer, ammonia*.

Karakterisasi bau dapat diskalakan dalam urutan 1 – 5 dalam grafik jaring ataupun dalam histogram. Kategori : 0 tidak ada bau, 1 Bau sangat lemah, 2 Bau lemah, 3 bau yang mudah dikenal, 4 Bau kuat, 5 bau sangat kuat.

IV.2 PENGUKURAN BAU

Monitoring analitis tiap senyawa kimia secara individu tidaklah praktis. Sehingga dengan metode sensor bau tergantung pada respon indera penciuman di panelis. Di sumber emisi bau dilakukan sampling bau, di ambient dan *downwind* dilakukan metode sensor bau, karena pengenceran jadi perlu respon yang sensitif.

a. Sejarah pengukuran bau.

Ada 2 tipe pengukuran yaitu metode statis dan dinamis. Metode statis berdasar teknik olfactometri terdiri atas sampel yang berbau dan diencerkan dalam proporsi yang berbeda dengan udara bebas bau. Kemudian dievaluasi oleh para panelis. Sudah dicabut oleh ASTM pada tahun 1985 sehingga sekarang tidak ada metode statis. Pengenceran dilakukan di dalam kontainer (100 mL syringe) dan secara langsung mengarahkan bibir syringe ke nostril. Metode dinamis : mengencerkan sampel secara terkontrol (udara tidak berbau dimasukkan secara konstan) berjalan sesuai waktu sehingga sampel yang lebih besar dapat digunakan dan pengenceran dapat disajikan pada laju alir yang biasa dipakai dan lebih lama bagi panelis untuk mengevaluasi.

Keuntungan metode dinamis : untuk nilai Z yang rendah, metode dinamis menghasilkan 3 – 4 kali lebih tinggi secara numerik dibanding metode statis. Jadi metode dinamis lebih direkomendasikan.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam olfactometer dinamis :

1. Pengenceran dinamis
2. Pengiriman sampel terencerkan ke hidung
3. Pengaturan berbagai pengenceran
4. Respon para panelis
5. Perhitungan rata-rata panelis dari data-data eksperimen
6. Jumlah dan seleksi panelis

b. Pengukuran Sensor Bau

Testing bau di laboratorium dilakukan untuk mengkuantifikasi sampel udara yang berbau dalam batas persepsi manusia. Selama bernafas yang normal, molekul-molekul melewati

penerimaan di bagian atas, di belakang cavitasi nasal. Syaraf indera penciuman memberi sinyal ke otak dan mengkreasi respon psikofisika. Untuk populasi secara umum respon indera penciuman terhadap bau biasanya terdistribusi.

Konsep statistik metode pemilihan yang diusahakan (*forced-choice method*) dan metode seri penambahan konsentrasi (*ascending concentration series method*) banyak digunakan. Metode-metode ini digunakan ketika menyuguhkan sampel yang sudah diencerkan ke para panelis bau untuk menentukan ambang bau dan ambang pengenalan bau. Alat yang digunakan adalah *olfactometer*.

Pengenceran bau ke nilai ambang bau

$Z = V/v$, dimana V adalah volume untuk konsentrasi ambang bau, dan v adalah volume untuk konsentrasi awal bau.

Unit Z adalah unit bau/ m^3

ED_{50} : dosis efektif pada 50% panelis

D/T : rasio pengenceran terhadap nilai ambang bau

Emisi bau : $Q = Z W$, dengan W = laju lair dalam ft^3 /menit atau m^3 /menit.

Satuan Q = satuan W . Emisi volumetrik W diencerkan setiap menit sampai volume bau.

Laju alir yang biasa digunakan adalah 0.5 – 200 L/menit, laju alir yang tinggi dapat menghasilkan nilai pengenceran yang tinggi untuk mencapai nilai ambang bau. Variasi sampai 100 kali dapat menghasilkan variasi 10 kali di rasio pengenceran untuk *odoran* yang sama dengan panelis yang sama. Laju alir yang kecil membutuhkan sedikit sampel. Cenderung meningkatkan portabilitas *olfactometer* dan sedikit menghasilkan bau *background*.

b.Sampling emisi sumber bau

Sampling untuk dievaluasi oleh panelis untuk menentukan ambang bau memerlukan : pemilihan peralatan sampling, kontainer pengumpul, prosedur sampling. Sampling harus segera dikirimkan ke panelis sesegera mungkin. Tempat penyimpanan bau penting diperhatikan karena pengaruh degradasi terhadap sampel setelah melewati waktu tertentu. Jadi perlu *pre-test storage bag*.

Pompa peristaltik digunakan untuk menyedot bau secara kontinyu. Jadi cocok digunakan di sumber bau. *Pre-flushing* tetap harus dilakukan. Untuk sampel ambien (intensitas bau rendah) tidak dilewatkan ke pompa karena ada faktor kehilangan karena adsorpsi

Untuk itu perlu pengumpul dari kantong plastik. Syringe bebas pori, kuat secara mekanis, sedikit mengandung bau background, meminimalkan kebocoran yang terjadi lewat dinding bag. Untuk sumber emisi bau, kantong berasal dari polietilen dan untuk bau yang ada ambien digunakan teflon dan tedlar yang dapat digunakan ulang dan flushing dengan udara yang tidak berbau.

Sebelum sampling dilakukan, diperlukan perlengkapan :

Tangga, tang, manometer, termometer, 10 L gas sampel Tedlar, vacuum pump, selang teflon, kantung pembawa. Sampel dibuat duplikasi untuk dianalisis gas sulfur, dan udara toksik lainnya. Dokumentasi yang diperlukan : SOP sampling, lembar kecepatan udara dan perhitungan, lembar identitas pengenalan bau, label sampel, identitas penganalisis.

Prosedur : kantong Tedlar di masukkan ke kantong vacuum dan diselotip. Pompa vacuum dinyalakan untuk memvacuumkan kantong dan tempat kantong pembawa.

Dilakukan pengkondisian kantong melalui pengisian gas berbau selama 1 menit sampai 1/3 bagian. Kemudian kantong di vakumkan dengan memberikan tekanan di kantong vakuum. Sample di lepas kembali ke cerobong. Selama sampling, kantong hanya diisi 2/3 bagian dan dihindari terpapar sinar matahari dan kebocoran. Shipping box harus relatif besar untuk mengantisipasi ekspansi gas kira-kira 20% sebelum dilakukan analisis laboratorium. Analisis dilakukan dalam waktu maksimal 24 jam setelah waktu sampling.

c. Testing bau oleh panelis

Selama tes bau, pengendusian oleh panelis terhadap sampel yang diencerkan dan bau murni. Panelis memilih diantara 3 sampel tersebut yang paling beda. Panelis menyebutkan apakah keputusannya menebak, deteksi ataupun mengenali bau. Secara statistik disebut *triangular forced-choice*. Panelis meneliti kembali 3 buah pilihan bau dengan pola yang sama, hanya dengan konsentrasi yang lebih tinggi (2 kalinya) dan terus menerus hingga terjadi serial konsentrasi yang makin meningkat.

Rasio pengenceran ($\text{volume sampel/volume bau}$) digunakan untuk menghitung konsentrasi sampel. Pengenceran bau di sampel mencerminkan pengenceran bau di arah *downwind*, reseptor (penduduk) yang membaui bau yang terencerkan dari sumbernya oleh udara atmosfer. Rasio pengenceran ini memperkirakan angka pengenceran yang diperlukan untuk membuat emisi bau tidak terdeteksi. Bila reseptor mendeteksi bau, maka bau di atmosfer diatas level ambang deteksi reseptor.

Panelis : kriteria justifikasi, antisipasi dan adaptasi. Membandingkan dulu dengan kontrol karena hilangnya kemampuan penciuman (sudah adaptasi). Panelis sudah melewati training (kepedulian penciuman, teknik mengendus, respon penciuman) dan dipilih dari suatu komunitas. Orang yang dapat mengenali cairan standar bau dianggap memiliki fungsi penciuman yang normal. Training diatas dilakukan dalam periode kurang dari 5 tahun (3 tahun untuk usia diatas 40 tahun) untuk mengkonfirmasi fungsi penciuman para panelis. Jumlah panelis berdasar ketentuan Kep MenLH No.50/1996 minimal berjumlah 8 orang.

Panelis :

1. Bebas sakit yang mempengaruhi indera penciuman
2. Tidak makan permen atau makan selama 30 menit sebelum menguji
3. Tidak makan yang mengandung rempah-rempah sebelum menguji
4. Tidak memakai parfum atau bercukur pada hari menguji
5. Tidak menggunakan kosmetik, sabun pada hari menguji
6. Memelihara tangan bersih dan bebas bau pada hari menguji
7. Memelihara pakaian bebas bau pada hari menguji
8. Bekerja mandiri, tidak terpengaruh dengan panelis lain

Sebelumnya panelis dites untuk menentukan sensitivitasnya terhadap standar odoran.

Panel adalah seseorang yang menjustifikasi dengan fungsi penciumannya dengan syarat orang tersebut memiliki fungsi penciuman yang normal dengan pemilihan standar cairan yang berbau.

Sampel diperiksa oleh panelis kurang lebih 3 jam, panelis akan merasa terganggu bila ada gangguan dan kebisingan. Standar cairan lain adalah : beta-phenyl ethyl alcohol, methyl cycro pentenolon, iso-valeric acid, gamma-Undecaracton, scatol.

IV.3 PENGENDALIAN DAN PERLINDUNGAN DARI BAU

Perlindungan Bau bau di orang biasanya menggunakan respirator. Respirator adalah alat yang menutupi hidung dan mulut atau ada juga yang mencakup wajah dan kepala. Respirator menyebabkan panas dan rasa tak nyaman. Respirator tidaklah seefektif metoda metoda perlindungan yang lain. Jika bahan yang berbahaya tidak mungkin dihilangkan dari udara yang anda hirup (dengan menggunakan bahan kimia yang tidak berbahaya, ventilasi yang baik, dan cara pengendalian yang lain), perlu menggunakan respirator untuk melindungi pernafasan. Respirator yang digunakan tergantung dari :

1. Jenis polutan yang dihadapi
2. Berapa banyak polutan tersebut

Tidak ada respirator yang cocok untuk melindungi dari semua jenis bahaya.

Jenis-jenis Respirator

Masker debu

1. Masker debu melindungi dari debu kayu dan debu lain yang tidak terlalu beracun
2. Masker debu tidak dapat melindungi anda dari polutan yang berasal dari semprotan atau debu beracun seperti asbes, silika atau timbal
3. Masker debu tidak dapat melindungi anda dari uap kimia atau asap rokok

Respirator Pemurni Udara

Respirator pemurni udara (disebut APR) menggunakan filter untuk menyaring udara sebelum terhirup.

Ada beberapa jenis filter, yakni :

1. Filter mekanik untuk menyaring debu, asap logam, dan embun semprotan. Filter ini tidak dapat menyaring uap dan gas.
2. Filter kimia untuk menyaring gas beracun dan uap dari pelarut atau cat. Filter ini tidak dapat melindungi dari debu dan asap.
3. Filter kombinasi menyaring debu, uap, asap, dan embun. Filter kombinasi ini tersedia untuk berbagai macam bahaya pada pernapasan.

Pengendalian yang sering dilakukan adalah :

a. Kondensasi

Emisi uap organik pertama harus dilewatkan kondenser yang mampu menyisihkan secara efektif uap air ataupun uap organik yang mudah terkondensasi. Sehingga meminimalkan gas berbau yang harus diolah. Kondenser yang digunakan biasanya kondenser tak langsung seperti shell dan tabung udara berpendingin.

b. Insinerasi

Insinerasi digunakan bila emisinya mempunyai kalor bakar dan terjadi pada temperatur tinggi serta waktu pembakaran yang cukup. Produk yang dihasilkan biasanya penyisihan gas yang sempurna. Penggunaan boiler untuk pembuat uap sering merupakan pendekatan ekonomis dalam insinerasi emisi bau manakala laju volumetrik tidak terlalu besar. Insinerator katalitik pada temperatur yang lebih rendah merupakan metode yang mungkin untuk pengendalian bau. Namun penggunaannya kurang dibanding insinerasi karena

faktor potensial penyumbatan katalis. Merupakan teknik yang efektif untuk kontrol bau, yang tergantung pada level pembakaran sempurna. Pembakaran tidak sempurna dapat meningkatkan problem bau dengan pembentukan senyawa-senyawa yang lebih berbau. Ada 3 parameter utama yaitu : temperatur, turbulensi dan waktu kontak. Temperatur yang biasa digunakan : 1200 – 1400 F dengan waktu tinggal/kontak 0.3 – 0.5 detik. Jika kelembaban dan korosi bukan jadi pertimbangan, boiler dapat dijadikan pilihan penyisihan bau.

c. Wet Scrubbing dengan larutan kimia

Scrubber basah dengan larutan kimia untuk absorpsi dan raksi dengan senyawa berbau sangat banyak digunakan. Scrubber beberapa tahap sering digunakan untuk mengolah emisi proses, sedangkan yang tahap tunggal untuk mengolah udara hasil ventilasi. Umumnya, oksidan-oksidan kimia seperti sodium hipoklorida dan klor dioksida lebih efektif dalam scrubbing dibanding asam dan basa yang umum. Pemilihan bahan-bahan kimia untuk scrubbing tergantung pada senyawa-senyawa berbau yang ada pada sumber emisi.

d. Adsorpsi karbon aktif

Adsorpsi karbon aktif digunakan untuk mengolah emisi bau dari sumber limbah domestik yang banyak mengemisikan hidrogen sulfida. Biofilter sudah banyak digunakan di berbagai industri dan sumber domestik.

Modifikasi bau termasuk penambahan bahan berbau ke emisi gas berbau untuk mereduksi intensitas bau atau mengubah karakter bau menjadi tidak berbahaya. Agen-agen masking mengubah karakter bau, namun juga meningkatkan intensitas resultannya. Reaksi-reaksi fasa uap juga terjadi antar senyawa kimia tertentu yang bisa mereduksi intensitas bau.

Pengenceran emisi bau dengan udara atmosfer merupakan metode yang mungkin untuk kontrol bau dapat sukses diaplikasikan dalam kondisi meteorologi dan topografi tertentu. Emisi bau dari sumber titik bisa dianggap emisi limbah gas sehingga perlu diolah sebelum dilepas ke atmosfer. Perancangan cerobong memerlukan pertimbangan agar terjamin bahwa ketinggian dan kecepatan keluar gas mencukupi terjadinya dispersi yang dikehendaki.

Karena sifat permukaannya yang non polar, karbon aktif cukup efektif menjerap organik dan sebagian anorganik. Umumnya, bahan organik yang memiliki BM >45 dan titik didih lebih dari 0 C mudah dijerap. Keterbatasan karbon aktif adalah dalam kapasitas dan beban hidrolisnya. Reaktivasi, melibatkan pengaliran uap bersuhu tinggi ke karbon

sampai material yang terjerap terlepas kembali. Rekondensasi digunakan untuk mengambil kembali material yang lepas kembali tersebut.

Adsorpsi reaksi kimia

Filter seperti GAC dan Activated alumina yang mengandung bahan kimia dapat mengkonversi bau. Contoh filter yang mengandung activated alumina dan potassium permanganat dapat menyisihkan hidrogen sulfida, merkaptan dan kontaminan-kontaminan sulfur.

e. Biofiltrasi

Merupakan teknologi pengontrol bau yang menggunakan filter-filter biologis. Material-material seperti tanah, kompos, serpihan kayu dapat digunakan sebagai bed filter. Filter merupakan tempat tumbuh mikroba untuk mendegradasi dan menyisihkan senyawa-senyawa kimia. Persyaratan operasional meliputi : kapasitas adsorpsi, kehilangan tekanan yang rendah, fraksi pori, kandungan nutrisi, pH, temperatur yang moderat, kandungan kelembaban. Hidrogen sulfida, ammonia dan komponen-komponen organik dapat didegradasi namun senyawa anorganik lain masih tetap bertahan.

e. Scrubbing basah

Scrubber basah untuk pengendalian bau melibatkan senyawa kimia yang reaktif. Proses yang terjadi adalah netralisasi, oksidasi, dan reaksi-reaksi kimia lain. Penyisihan bau dengan proses gas-cairan adalah fungsi kelarutan senyawa kimia di fase cairan, luas bidang kontak efektif gas-cairan, konsentrasi senyawa kimia berbau di aliran gas, dan waktu tinggal aliran gas di scrubber. Scrubber yang teratomisasi dan packed scrubber dapat menyediakan bidang kontak yang besar. Scrubber bisa beberapa tahap dan uni tahap seperti terlihat dalam gambar.

BAB 5 BAU (ODORS)

V.1. PENGERTIAN

Bau didefinisikan sebagai sensasi yg dihasilkan dari penerimaan suatu rangsangan oleh system sensori (indera) penciuman.

Tipe-tipe respon manusia yang dievaluasi tergantung pada sifat indera tertentu yang diukur, termasuk didalamnya intensitas bau, detectability (kemampudeteksian), karakter/ciri, hedonic tone (menyenangkan /tidak). Efek kombinasi dari beberapa sifat ini dihubungkan dengan gangguan yang mungkin ditimbulkan oleh bau.

V.2. INTENSITY (INTENSITAS)

Intensitas bau adalah kekuatan sensasi bau yang diamati dan dihubungkan dengan konsentrasi sumber bau (odorant) dan termasuk berbeda secara keseluruhan dalam pengukuran. Intensitas suatu bau diamati secara langsung tanpa mengetahui konsentrasi odorant atau derajat dilusi udara dari sampel yang dibutuhkan untuk mengeliminasi bau.

Persamaan berikut mendefinisikan hubungan antara intensitas bau (I) dengan konsentrasi (C), dimana k adalah konstanta dan n adalah eksponen.

$$I (\text{perceived}) = k (C)^n$$

atau $\text{Log } I = \text{log } k + n \text{ log } (C)$

Persamaan di atas dikenal sebagai Hukum. Steven atau Hukum Kekuatan..Untuk bau, range n berkisar sekitar 0,2 sampai 0,8 tergantung dari odorantnya. Untuk suatu odorant sama dengan 0,2 pengurangan 10 bagian dalam konsentrasi akan menurunkan intensitas yang diamati dengan factor hanya sebesar 1,6, dimana untuk suatu odorant dengan n sama dengan 0,8, suatu pengurangan 10 bagian dalam konsentrasi menurunkan intensitas yang diamati dengan factor 6,3. Ini merupakan suatu konsep penting yang dihubungkan dengan masalah dasar dalam pengurangan intensitas bau suatu substansi dengan dilusi udara atau alat lain.

Peraga 1 menunjukkan data bahan kimia (chemicals) sebagai plot log-log, dimana konsentrasi dalam bagian per milyar, sebagai absis dan intensitas relatif bau sebagai ordinat. Penentuan spasi pada skala intensitas relatif bau didasarkan pada data yang tersedia untuk metil sulfida dan keempat odorant yang dicetak miring (IIT data Research

Institute). Kemiringan/Slope garis lurus sama dengan n . Ini membuktikan bahwa efek dilusi pada intensitas bau metil sulfida jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan hydrogen sulfida.

V.3. DETECTABILITY (KEMAMPUDETEKSIAN)

Kemampudeteksi atau ambang (threshold) suatu bau adalah kualitas khusus indera mengacu pada konsentrasi minimum yang menghasilkan respon atau sensasi penciuman. Ambang ini biasanya ditentukan oleh suatu panel bau yang terdiri dari sejumlah orang tertentu dan hasil numeric tersebut dinyatakan sebagai ada/terjadi jika 50 % dari panelis tersebut mendeteksi dengan benar bau tersebut. Pada saat level intensitas bau mencapai tepat diatas ambang, bau menjadi sulit diamati. Hasilnya, nilai actual tergantung pada tipe uji indera, pemilihan panelis, criteria kemampudeteksi dan factor lainnya. Ini hanya bisa ditunjukkan dengan jelas di dalam konteks parameter-parameter ini. Ambang bau bukanlah suatu nilai yang ditentukan dengan tepat/presisi, sebagaimana misalnya tekanan uap. Ia sangat tergantung pada sensitivitas panelis bau, metode menghadirkan perangsang bau pada panelis, termasuk tingkat aliran dan seringkali kemurnian bahan kimia odorant yang diuji.

Suatu ambang pendeteksi bau berhubungan dengan konsentrasi odorant minimal yang dipersyaratkan untuk mengamati keberadaan perangsang, dimana ambang pengakuan bau berhubungan dengan konsentrasi odorant minimum diperlukan untuk mengidentifikasi perangsang tersebut. Ambang pendeteksi terjadi pada suatu konsentrasi yang lebih rendah daripada ambang pengakuan. Data di dalam literature mengenai konsentrasi ambang bau untuk berbagai senyawa tertentu dapat berbeda secara signifikan, dalam banyak kasus, dengan 10 bagian atau lebih. Ini khususnya benar untuk nilai-nilai awal karena peralatan atau metode yang terbatas, terlalu kecilnya suatu panel, atau terlalu besarnya langkah perubahan dalam konsentrasi bau.

V.4. CHARACTER (KARAKTER)

Karakter atau kualitas bau adalah sifat yang mengidentifikasikan suatu bau dan membedakan dari bau lainnya pada intensitas yang sama. Bau diklasifikasikan

berdasarkan descriptor bau. Karakter bau dievaluasi melalui perbandingan dengan bau lainnya, secara langsung atau melalui penggunaan kata-kata descriptor (Tabel 1).

Karakter bau dideskripsikan dengan metode yang dikenal sebagai multidimensional scaling atau profiling. Dalam metode ini, bau dicirikan oleh derajat kemiripannya atau ketidakmiripannya. Dengan sekumpulan referensi bau atau derajat dalam mengaplikasikan suatu skala berbagai istilah descriptor padanya. Hasilnya adalah suatu profil bau.

V.5. HEDONIC TONE

Hedonic Tone adalah suatu kualitas khusus dari suatu bau yang berhubungan dengan menyenangkan atau tidak menyenangkan. Suatu perbedaan harus dibuat antara akseptabilitas dan hedonic tone suatu bau. Akseptabilitas biasanya merupakan suatu penilaian yang dibuat oleh orang tertentu dalam konteks situasi dan harapan tertentu. Misalnya suatu bau yang menyenangkan pada situasi yang lain mungkin tidak akseptabel/ tidak dapat diterima jika terus ada sebagai bagian dari masalah polusi udara dalam suatu area pemukiman dan dihasilkan dari pabrik parfum bukan dari taman bunga. Ketika suatu bau dievaluasi di dalam laboratorium untuk hedonic tonenya dalam konteks netral dari suatu penyajian olfactometric, para panelis ditunjuki suatu stimulus yang intensitas dan durasinya terkendali. Derajat menyenangkan atau tidak menyenangkan ditentukan oleh pengalaman dan hubungan emosional masing2 panelis. Respon diantara para panelis bisa bervariasi tergantung karakter bau, bau yang menyenangkan bagi banyak orang dapat dinyatakan sangat tidak menyenangkan oleh beberapa yang lain.

V.6. ADAPTASI

Adaptasi atau kelelahan olfactory (indera penciuman) merupakan suatu fenomena yang terjadi pada saat orang2 yang memiliki kepekaan bau normal mengalami suatu penurunan dalam intensitas untuk menyadari suatu bau jika rangsangan diterima secara terus menerus. Tergantung intensitas rangsangan, adaptasi diri dan pemulihan indera berlangsung dalam waktu yang relatif singkat. Adaptasi untuk suatu odorant tertentu umumnya tidak terkait dengan kemampuan seseorang untuk mendeteksi bau lain. Fenomena lain dikenal sebagai habituation atau occupational anosmia terjadi saat

seseorang pekerja dalam suatu situasi industri mengalami exposure jangka panjang dan mengembangkan suatu ambang toleransi bau yang lebih tinggi.

V.7. SENYAWA BERBAU

Substansi berbau dikeluarkan dari sumber² industri termasuk gas² dan partikel organik dan anorganik. Hidrogen sulfida dan ammonia merupakan contoh gas anorganik. Banyak senyawa berbau dihasilkan dari aktivitas biologis atau ada dalam emisi proses kimia. Kebanyakan substansi berbau diturunkan dari dekomposisi anaerobic bahan organik yang mengandung sulfur dan nitrogen.

Tabel 1 berisi beberapa senyawa kimia yang dikeluarkan dari sumber² industri dan deteksi baunya serta ambang pengakuannya. Kebanyakan substansi berbau berupa gas dibawah kondisi atmosfer normal atau paling tidak memiliki volatilitas yang signifikan. Volatilitas ditunjukkan dalam tabel dalam bagian per sejuta (ppm) dan sama dengan tekanan uap (mm Hg pada 25 C) dikalikan dengan 1361 (1 juta ppm per 760 mmHg). Berat molekul dari substansi² ini berkisar dari 30 hingga 150. Biasanya semakin rendah berat molekul suatu senyawa, semakin tinggi tekanan uap dan potensial emisi bagi atmosfer. Substansi yang berat molekulnya tinggi secara normal kurang volatile, maka secara normal memiliki dampak yang lebih sedikit sebagai penyebab polusi bau. Senyawa sulfur yang dikurangi, seperti mercaptans dan sulfida organik, cenderung paling berbau, berdasarkan konsentrasi ambang baunya yang relatif rendah. Ini juga diterapkan pada amina bernitrogen (nitrogen-bearing amines).

V.8. PENGUKURAN PENGINDERAAN BAU

Suatu emisi bau sering terdiri dari bauran kompleks banyak senyawa berbau. Hasilnya metode penginderaan bau bukannya metode instrumental, secara normal digunakan untuk mengukur bau semacam itu. Metode penginderaan bau ini tergantung pada respon penciuman (olfactory) dari individu yang berada dalam panel. Metode penginderaan bau dapat digunakan untuk memonitor bau dari sumber² bau dan dalam udara ambient. Penting untuk memiliki kedua pilihan tersebut. Misalnya suatu sumber industri mungkin tertarik dalam mengevaluasi kinerja peralatan pengendalian bau dengan memonitor emisi baunya dan juga bisa menginginkan untuk mengetahui penurunan level bau di dalam

udara ambient. Dua pendekatan tersebut memerlukan pendekatan yang berbeda untuk mengukur bau. Misalnya pengumpulan sampel2 bau lebih mudah dilakukan pada sumber bau daripada untuk bau dalam udara ambient. Juga berdasarkan dilusi atmosferik, bau dalam udara ambient biasanya lebih rendah intensitasnya daripada pada sumbernya. Jadi, sensitivitas metoden penginderaan bau haruslah secara signifikan lebih besar untuk mengukur bau ambient daripada untuk sumber emisi bau.

V.9. SAMPLING EMISI SUMBER BAU

Sampling emisi sumber bau untuk evaluasi lanjutan oleh panel untuk menentukan ambang bau, dimana mensyaratkan pilihan yang tepat dalam hal peralatan sampling, pengumpulan penampung dan prosedur sampling. Sebagai gambaran umum, suatu sampel seharusnya dievaluasi oleh panel segera setelah pengumpulan. Dalam beberapa kasus, uji penyimpanan dengan berbagai kantong plastik golongan spesifik senyawa berbau pada konsentrasi yang tidak terlalu tinggi telah mengindikasikan bahwa suatu sampel terdegradasi selama 24 jam setelah pengumpulan. Dalam kasus lain, uji penyimpanan tidak mengindikasikan bahwa..... yang jauh lebih pendek diperlukan untuk gol senyawa yang lain, khususnya pada konsentrasi yang lebih rendah. Maka dari itu disarankan untuk menguji terlebih dahulu penyimpanan tipe sampel berbau tertentu dalam kategori2 yang diusulkan jika data sebelumnya tidak tersedia. Sebuah pompa peristaltik sering digunakan dengan tabung plastik yang secara esensial tidak berbau untuk menghantarkan sampel ke dalam kantong plastik. Teknik preflusing digunakan, yang mana kantong2 mula2 diisi lalu dikeluarkan sehingga memungkinkan penyerapan sampel untuk menyeimbangkan permukaan dalam kantong dan tabung. Metode peristaltic memungkinkan sebuah tabung baru digunakan untuk masing2 sampel tanpa harus membersihkan pompa.

V.10. BAU YANG BERHUBUNGAN DENGAN AIR LIMBAH

1. Sumber bau

Bau yang dihasilkan dari suatu limbah dapat terjadi karena peristiwa oksidasi reduksi dari senyawa² yg terkandung didalamnya, serta dapat juga terjadi karena aktivitas² mikrobia, baik dalam kondisi aerob maupun anaerob. Bau terjadi akibat lepasnya gas² dari dalam air ke udara .

Dalam limbah industri sumber bau biasanya berasal dari proses pembusukan bahan² organik oleh mikrobia yang umumnya dihasilkan oleh proses degradasi anaerob. Kondisi ini sering terjadi pada kolam stabilisasi, kolam oksidasi dengan beban organik berlebih, tanki digester, tanki pengontrol lumpur, trickling filter dengan beban organik berlebih, juga pada pengendapan primer dimana terdapat scum yang disisihkan serta sering juga berasal dari fasilitas pipa² transmisi air limbah dari proses produksi ke buangan akhir.

Jika diketahui sumber² bau ini maka dapat dipilih bagian yang tepat untuk menempatkan alat penurun bau pada pengolahan air limbah.

2. Karakteristik Bau

Untuk mengukur seberapa besar konsentrasi bau sangat sulit, karena sukarnya mendeteksi bau dengan alat, sehingga bau hanya dapat dirasakan oleh suatu alat penciuman manusia. Hal ini akan mempunyai nilai atau yang berbeda untuk masing² orang. Kesulitan lain yang dapat diterangkan bahwa adanya bau yang berbeda pada susunan senyawa yang sama, sebaliknya adanya bau yang sama pada senyawa yang berbeda.

Pada negara maju bau yang dihasilkan oleh gas buangan telah dapat diukur dengan metode sensor (organoleptik), dimana teknik analisisnya menggunakan alat kromatografi dan pengukuran bau dengan mengumpulkan responden dari masyarakat (panelis) tentang persepsinya terhadap bau yg dirasakan oleh alat penciuman. Bau adalah substansi atau campuran dalam bentuk gas² atau uap yang volatile karena molekul²nya dapat ditransformasikan lewat media atmosfer dan bila sampai ke alat penciuman manusia akan terasa aromanya. Sulitnya

menetapkan satuan bagi parameter bau dapat menimbulkan kesukaran utk menetapkan konsentrasi bau, dan hanya dapat ditentukan nilai seberapa besar rangsangan bau yang diterima oleh system penciuman. Bau2 an dapat digambarkan menurut jenis rangsangan yang dihasilkan, seperti ethanol (ringan dan sangat halus), champhoroceaus (menyengat), musty (pengap dan apek), floral (bunga), minty (mentol/mint), pungent (busuk), yang masing2 bau tergantung dari bentuk kimianya.

Sifat2 lain dari kualitas bau air limbah bahwa dari kekuatan campuran masing2 komponen akan lebih rendah disbanding dengan kekuatan campuran masing2 komponen bau. Menurut Koe (1976) mengidentifikasikan bahwa bau yang dihasilkan dari air limbah secara alami adalah gas H₂S.

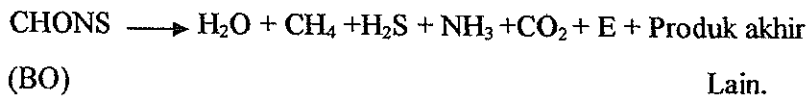
3. Pengaruh Bau

Bau yang dihasilkan oleh air limbah adalah dari hasil pembusukan biologis yg mempunyai rangsangan cukup berarti bagi manusia yang menciumnya. Berbagai bau yang dihasilkan dari air limbah pada umumnya berbau busuk. Bau busuk ini tidak bisa diterima oleh manusia dalam intensitas dan konsentrasi yg tinggi karena akan berdampak psikologis seseorang, dalam konsentrasi rendah dalam kehidupan manusia dapat menimbulkan dampak psikologikal yaitu stress,dalam paparan yang berkelanjutan dapat menyebabkan berkurangnya nafsu makan, rendahnya konsumsi air, melemahkan pernafasan, rasa mual, muntah, gangguan mental (Tchobanoglous,1991) selain itu, juga mempengaruhi hubungan antar manusia (sosial) serta dapat menurunkan harga diri dari kelompok orang yang dekat dengan sumber bau. Jadi pengaruh bau tidak baik terhadap manusia, pada tingkat social dan ekonomi masyarakat, bahkan pada tingkat sumber daya suatu daerah. Penyebaran bau yg ada di suatu daerah dipengaruhi oleh iklim daerah tsb, yaitu arah angin.

4. Proses Terjadinya Bau

Penyebab adanya bau busuk dari air limbah sebagian besar diakibatkan oleh adanya material volatile, gas terlarut, hasil samping dari pembusukan bahan organik dari mikroorganisme (Sugiharto, 1987).

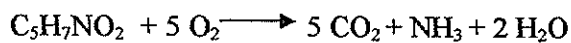
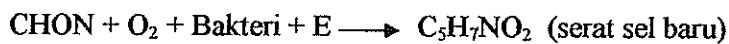
Menurut Benefield & Randoll (1976) secara umum bau dapat terjadi melalui proses sbb:



Lebih jelas gas2 tsb dihasilkan dari peristiwa berikut:

1. Pembentukan amoniak (NH₃)

a. Peristiwa oksidasi bahan organik menjadi sel baru



b. Peristiwa pembentukan amoniak

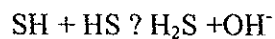
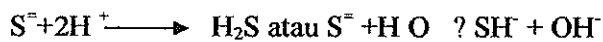


1. Pembentukan gas hydrogen sulfida

a. Peristiwa hidrolisis dan aktivitas bakteri



b. Reaksi ion dalam air



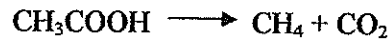
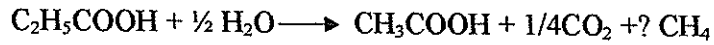
1. Pembentukan gas methan (CH₃)

a. Peristiwa hidrolisis karbonat (misal : glukosa)





1. Penurunan mikrobial (methane bacterium & methane bacillus)



V.11. SENYAWA-SENYAWA YANG MENIMBULKAN BAU

Tabel 1. Senyawa-senyawa yang menimbulkan bau pada air limbah yang tidak diolah

Senyawa	Formula kimia	Kualitas bau
Amina	$\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{CH}_3)\text{H}$	Anyir
Ammonia	NH_3	Berbau amonia
Diamin	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2, \text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$	Daging busuk
Hidrogen Sulfida	H_2S	Telur busuk
Merkaptan (metil, etil)	$\text{CH}_3\text{SH}, \text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{SH}$	Kubis busuk
Merkaptan (butil, crotil)	$(\text{CH}_3)_3\text{CSH}, \text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{SH}$	Binatang berbau
Organik Sulfida	$(\text{CH}_3)_2\text{S}, \text{C}_6\text{H}_5)_2\text{S}$	Kubis busuk
Skatol	$\text{C}_9\text{H}_9\text{N}$	Bahan Fecal

Sumber : Tchobanoglous, 1991