

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1. Suara dan Bising

Bunyi atau suara didengar dari rangsangan-rangsangan pada telinga oleh getaran-getaran melalui media elastis dan manakala bunyi atau suara tersebut tidak dikehendaki, maka dinyatakan sebagai bising (Doelle dan Prasetio, 1993).

Terdapat 2 hal yang menentukan kualitas suatu bunyi yaitu frekuensi dan intensitas. Frekuensi dinyatakan dalam jumlah getaran per detik atau disebut *hertz* (Hz), yaitu jumlah dari golongan-golongan yang sampai telinga setiap detiknya. Biasanya suatu kebisingan terdiri dari campuran sejumlah gelombang-gelombang sederhana dari beraneka frekuensi. Nada dari kebisingan ditentukan oleh frekuensi-frekuensi yang ada (Doelle dan Prasetio, 1993).

Intensitas atau arus energi persatuan luas biasanya dinyatakan dalam suatu logaritmis yang disebut *deciBell* (dB) dengan memperbandingkannya dengan kekuatan dasar 0,0002 dyne/cm² yaitu kekuatan dari bunyi dengan frekuensi 1.000 Hz yang tepat dapat didengar oleh telinga normal. Intensitas suara dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$dB = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

P = getaran suara yang bersangkutan

P_0 = getaran suara standar (0,0002 dyne/cm²)

Tabel 2. menunjukkan tangga intensitas dari bising. Kebisingan dalam perusahaan dengan intensitas 60 dB berarti 10⁶ kali intensitas kebisingan standar. Perlu diketahui secara jelas bahwa deciBell merupakan skala logaritmis.

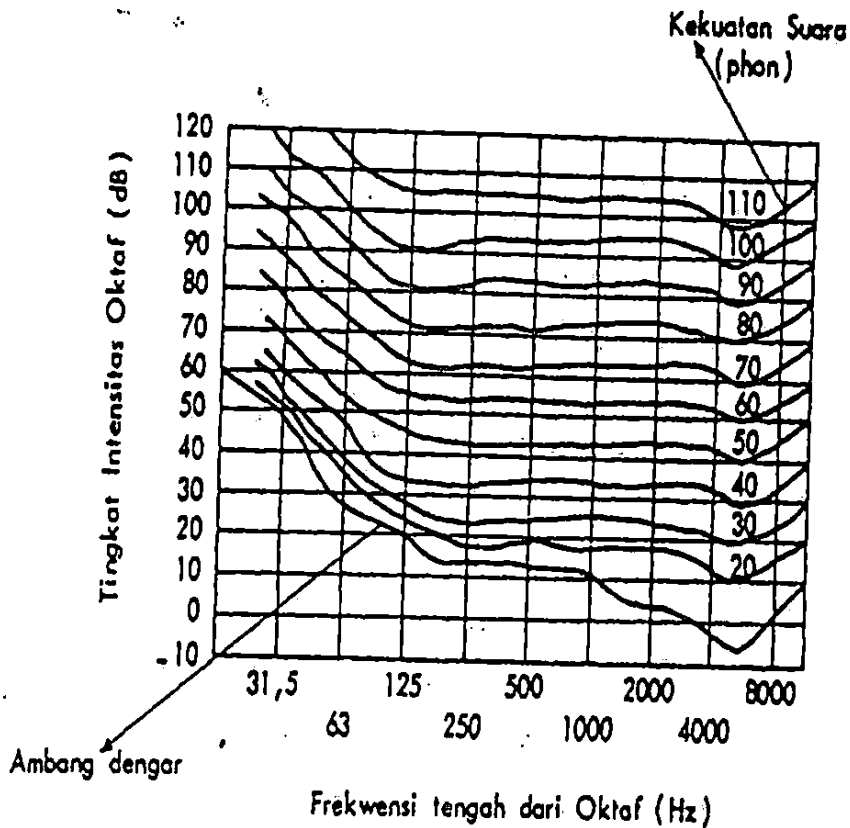
Tabel 2. Skala Intensitas Kebisingan

	Desibel	Batas dengar tertinggi
Menulikan	120	Halilintar, meriam, mesin uap
	110	
Sangat ribut	100	Jalan hiruk-pikuk, perusahaan sangat gaduh, peluit polisi
	90	
Kuat	80	Kantor gaduh, jalan pada umumnya, radio, perusahaan
	70	
Sedang	60	Rumah gaduh, kantor pada umumnya, percakapan kuat, radio perlahan
	50	
Tenang	40	Rumah tenang, kantor perorangan, auditorium, percakapan
	30	
Sangat tenang	20	Suara daun-daun, berbisik, batas dengar terendah
	10	
	0	

Telinga manusia mampu mendengar frekuensi antara (20-20.000) Hz sedangkan sensitivitas terhadap frekuensi-frekuensi tersebut berbeda-beda.

Perbedaan ini diperlihatkan pada tabel 3. Gabungan frekuensi dan intensitas menjadi salah satu bentuk kekerasan suara (Suma'mur, 1994).

Tabel 3. Garis kekuatan yang sama menurut oktaf (Robinson, Whittle, 1964)



Sifat-sifat suara adalah sebagai berikut (Doelle, 1993 dan Suma'mur, 1994) :

1. Pitch atau tinggi suara

Tinggi suara merupakan sifat yang tergantung dari frekuensi. Menurut Suma'mur (1967), frekuensi dinyatakan dalam jumlah dari gelombang-gelombang yang sampai pada telinga dalam setiap detiknya dengan satuan Hertz (Hz).

Frekuensi yang biasa didengar oleh manusia terletak antara (20-20.000) Hz. Frekuensi yang kurang dari 20 Hz disebut bunyi subsonik atau bunyi infrasonik, sedangkan bunyi dengan frekuensi lebih dari 20.000 Hz disebut bunyi ultrasonik.

2. Panjang gelombang

Panjang gelombang adalah ukuran panjang gelombang bunyi. Hubungan antara panjang gelombang dan frekuensi adalah sebagai berikut :

$$f = \frac{v}{w}$$

f = frekuensi (Hz)

v = kecepatan bunyi (cm/detik)

w = panjang gelombang (cm)

3. Intensitas

Intensitas adalah kualitas energi suara. Besarnya tergantung dari amplitudo. Semakin besar amplitudonya makin keras suara yang ditimbulkan.

4. Warna nada atau timbre

Merupakan gabungan dasar 'harmonic sound' dan 'overtone' (frekuensi yang dapat dinaikkan satu oktaf). *Complex Sound* merupakan suatu kebisingan terdiri atas campuran sejumlah gelombang-gelombang sederhana beraneka frekuensi-frekuensi yang ada.

2. Baku Mutu Kebisingan

Baku mutu kebisingan merupakan suatu standar yang digunakan untuk menentukan tingkat suara yang diperbolehkan dalam suatu tata ruang sesuai peruntukannya. Tabel 4 menerangkan baku mutu kebisingan yang membatasi tingkat kebisingan berdasarkan lingkungan kegiatan.

Tabel 4. Baku Mutu Kebisingan

	Kriteria Kualitas Kebisingan
I.	Nilai ambang batas untuk kebisingan di tempat kerja ditetapkan 85 dBA
II.	Nilai ambang batas untuk masyarakat/lingkungan industri, dibagi tiga daerah/wilayah
II.1.	<u>Daerah sekitar rumah sakit, tempat perawatan :</u>
II.1.1.	Malam hari tidak boleh lebih dari 35 dBA
II.1.2.	Pagi dan sore tidak boleh lebih dari 40 dBA
II.1.3.	Siang hari tidak boleh dari 45 dBA
II.2.	<u>Daerah pemukiman biasa tempat tinggal :</u>
II.2.1.	Malam hari tidak boleh lebih dari 40 dBA
II.2.2.	Pagi dan sore tidak, boleh lebih dari 45 dBA
II.2.3.	Siang hari tidak boleh lebih dari 50 dBA
II.3.	<u>Daerah sekitar komplek pertokoan, jalan dan pabrik :</u>
II.3.1.	Malam hari tidak boleh lebih dari 50 dBA
II.3.2.	Pagi dan sore tidak boleh lebih dari 55 dBA
II.3.3.	Siang hari tidak boleh lebih dari 60 dBA

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) membatasi tingkat kebisingan berdasarkan lamanya kebisingan diterima seperti terlihat pada tabel 5 dan fraksi dosis kebisingan yang diperkenankan tidak boleh lebih dari 1 jam perhari.

Tabel 5
 Menunjukkan perbatasan waktu dan bising yang diterima
 Sumber: "Permissible Noise Exposure" menurut OSHA (Occupational
 Safety and Health Administration), US Dept. of Labour

Waktu (Jam/hari)	Tingkat Kebisingan (dalam desibel(A))
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1,0	105
0,5	110
<0,25	115

Saat ini di Indonesia pembatasan kebisingan masih digunakan baku mutu menurut tabel 4. baku mutu tersebut tidak ada pembatasan menurut lamanya kebisingan yang diterima. Maka akan lebih baik bila dalam penerapan di lapangan, baku mutu tersebut dilengkapi dengan ketentuan-ketentuan yang diberikan OSHA, yaitu pembatasan waktu, dosis, dan lain-lain (<http://forlink.dml.or.id/pteraph/textile/123c.htm>).

3. Fraksi Dosis Kebisingan

Fraksi dosis kebisingan diperhitungkan apabila kebisingan yang diterima berfluktuasi, harga fraksi dosis kebisingan ditandai dengan huruf 'D' di hitung menurut persamaan⁹ berikut:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

D = fraksi dosis kebisingan yang diperkenankan perhari tidak boleh lebih dari 1 jam perhari

C = waktu (lamanya) yang diterima tingkat kebisingan tertentu (jam)

T = waktu pada tingkat kebisingan tertentu yang diperkenankan menurut OSHA seperti terlihat pada tabel 5

Contoh :

Seorang pekerja dalam satu hari bekerja pada tempat dengan kebisingan 90 dB selama 6 jam. Pada 95 dB selama 1 jam dan pada 100 dB selama 1 jam.

Tabel 5, diperoleh ketentuan sebagai berikut :

Intensitas 90 dB diperbolehkan 8 jam

Intensitas 95 dB diperbolehkan 4 jam

Intensitas 100 dB diperbolehkan 2 jam

$$D = \frac{6}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = \frac{3}{2} \text{ lebih besar dari } 1,0. \text{ Kondisi seperti ini tidak}$$

diperkenankan (<http://forlink.dml.or.id/pteraph/textile/123c.htm>).

Beberapa ketentuan lain yang diberikan OSHA :

1. Lamanya waktu yang diterima pada tingkat kebisingan 90 dB tidak boleh lebih dari 8 jam perhari atau ketentuan menurut tabel 5 tidak boleh dilanggar.
2. Tidak diperkenankan bekerja pada tingkat kebisingan yang konstan 115 dB.
3. Apabila kebisingan berfluktuasi, maka *sound pressure level* tertinggi tidak boleh lebih dari 140 dB.

4. Pengukuran Kebisingan

Pengukuran kebisingan adalah (Suma'mur, 1994) :

1. Memperoleh data tentang kebisingan di perusahaan atau dimana saja.
2. Mengurangi tingkat kebisingan tersebut, sehingga tidak menimbulkan gangguan yang merusak kesehatan.

Pemilihan alat-alat khusus ditentukan oleh tipe dan bising yang diukur.

Jenis-jenis bising yang sering ditemukan :

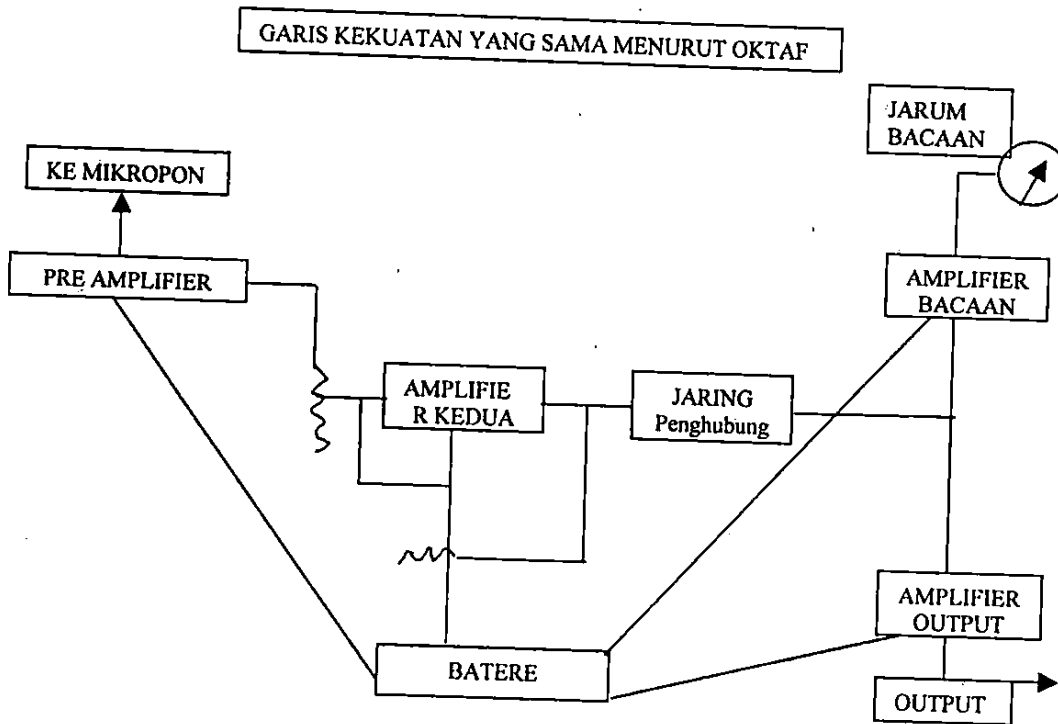
1. Kebisingan yang kontinyu dengan spektrum frekuensi sempit (*=steady state, narrow band noise*), misalnya gergaji sirkuler, katup gas, dan lain-lain.
2. Bising terputus-putus (*=intermittent*), misalnya lalu lintas, suara pesawat di lapangan terbang.

3. Bising yang kontinyu dengan spektrum frekuensi luas (*=steady state, wide band Noise*), misalnya mesin-mesin, kipas angin, dapur pijar, dan lain-lain.
4. Bising impulsive (*=impact or impulsive noise*), seperti pukulan martil, suara tembakan pistol, ledakan mesin.
5. Bising impulsive berulang, misalnya mesin tempa di pabrik.

Faktor lain yang menentukan dalam pemilihan alat-alat adalah tersedianya tenaga pelaksana dan waktu untuk melakukan survey kebisingan, sebagaimana sering terdapat keadaan bahwa lebih disenangi pengumpulan data secara "recording" yang kemudian dibawa ke laboratorium untuk analisa (Suma'mur, 1994).

Alat utama dalam pengukuran kebisingan adalah *Sound Level Meter*. Alat ini mengukur kebisingan antara (30-130) dB dan frekuensi antara (20-20.000) Hz. Suatu sistem kalibrasi terdapat dalam alat itu sendiri kecuali untuk kalibrasi mikrofon diperlukan pengecekan dengan kalibrasi tersendiri. Sebagai kalibrasi dapat dipakai pengeras suara yang kekuatan suaranya diatur dengan amplifier. Tabel 6 menunjukkan cara kerja dari alat *Sound Level Meter* (Suma'mur, 1994).

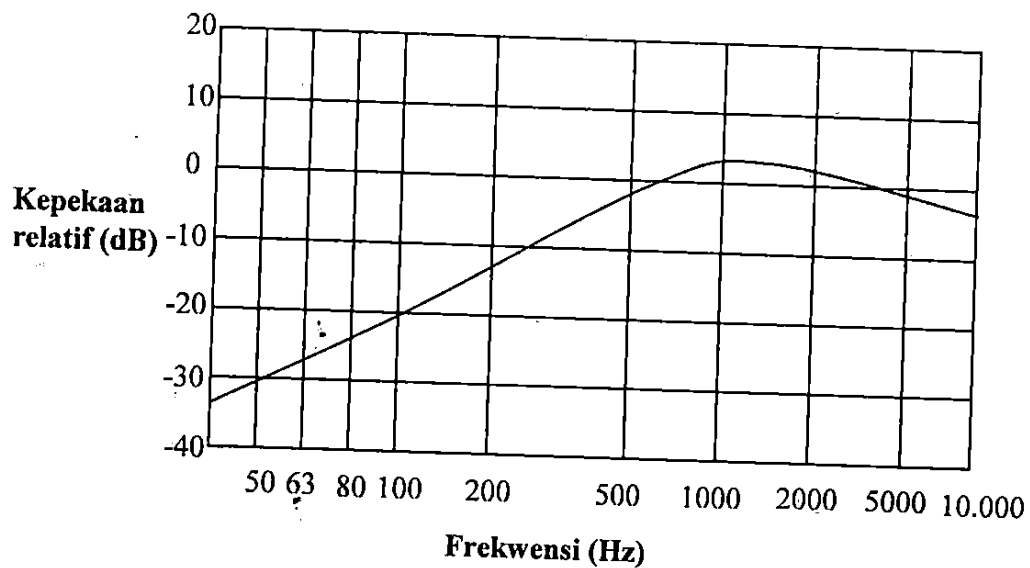
Tabel 6. Cara Kerja Sound Level Meter



Analisa lebih lanjut dapat dipakai *narrow band analyzers* (alat analisa spektrum sempit), baik yang memiliki latar spektrum tetap misalnya (2-200) Hz ataupun yang memiliki latar spektrum yang melebar dengan lebih banyak frekuensi. Alat analisa spektrum sempit ini lebih disenangi di lapangan, mengingat komponen kebisingan mungkin berbeda tergantung pada muatan mesin. Kebisingan terus-menerus biasanya disimpan pada *tape recorder*, dibawa ke laboratorium dan di analisa. Suatu *tape recorder* berkualitas tinggi diperlukan, tapi demikian harus mampu mencatat frekuensi antara (20-20.000) Hz. Alat kalibrasi diperlukan untuk perbandingan sinyal atau tanda kebisingan tinggi dan kecepatan tetap (Suma'mur, 1994).

Kebisingan impulsif digunakan *impact noise analyzer*. Untuk survei frekuensi pendahuluan masalah kebisingan kontinyu, biasanya diukur intensitas menyeluruh yang dinyatakan dengan dB(A) menggunakan jaringan pembobot A. Jaringan pembobot ini berarti sesuai dengan garis kepekaan sama 40 sehingga memberi huruf reaksi kepada frekuensi rendah dan memungkinkan diukurnya intensitas yang berbahaya pada kesehatan (Suma'mur, 1994 dan Borg, 1981).

Tabel 7 Sound Level Meter dengan Pengukuran Skala A



Kebanyakan alat-alat pengukur kebisingan hanya mengukur intensitas pada suatu waktu dan suatu tempat dan tidak menunjukkan dosis kumulatif pada seorang tenaga kerja beserta waktu kerjanya. Sekarang sedang dikembangkan suatu alat *personal noise dosis meter* (Suma'mur, 1994 dan Borg, 1981).

5. Gangguan Bising Pada Kesehatan

Pendedahan suara terutama yang mendadak menimbulkan reaksi fisiologis berupa naiknya denyut nadi, naiknya metabolisme, naiknya tekanan darah, gangguan tidur (insomnia), dan penyempitan pembuluh darah (Contrill, 1974). Kebisingan dapat menimbulkan gangguan fisiologis melalui 3 cara (Borg, 1981 dan Contrill, 1974) :

1. *Internal body system*

Merupakan sistem fisiologis yang penting seperti sistem kardiovaskuler, gastrointestinal, saraf, muskuloskeletal, dan endokrin (hormonal). Stimulus bising melalui sistem saraf, secara tidak langsung mengenai sistem diatas. Misalnya suara ledakan yang melalui saraf simpatis dapat menimbulkan vasokonstriksi pada pembuluh darah, menaikkan denyut nadi, mempercepat pernafasan, dan menaikkan ketegangan (menimbulkan stres).

2. Ambang pendengaran

Ambang pendengaran adalah suara terendah yang masih dapat didengar. Makin rendah level suara yang terlemah yang dapat didengar berarti semakin rendah nilai ambang pendengaran makin baik pula fungsi telinga. Bising dapat mempengaruhi nilai ambang pendengaran baik bersifat sementara (fisiologis) atau menetap (patologis).

3. Pola tidur

Bising dapat mengganggu tidur mengenai lelapnya, kontinuitas, dan lamanya tidur. Jika seseorang tidak dapat tidur, atau terganggu tidurnya maka dapat berakibat mudah marah atau tersinggung, dan berperilaku tidak rasional.

Terjadinya pergeseran atau *shift* kenyamanan tidur dapat menimbulkan kelelahan fisik dan mental (stres).

Tabel 2 menunjukkan tangga atau skala intensitas kebisingan sedangkan pada tabel 8 dapat dilihat kriteria kebisingan yang diperbolehkan untuk kantor-kantor.

Tabel 8

Kriteria Kebisingan	Lingkungan Komunikasi	Penggunaan
20 – 30	Kantor sangat tenang; penggunaan telepon memuaskan cocok untuk konferensi-konferensi besar	Kantor-kantor eksekutif dan ruang- ruang konferensi untuk 50 orang
30 – 35	Kantor tenang; memuaskan untuk konferensi dengan meja jarak 15 kaki; percakapan normal bisa 10 – 30 kaki; telepon memuaskan.	Kantor kantor pribadi atau semi pribadi, ruang resepsi dan ruang konferensi kecil untuk 20 orang
35 – 40	Memuaskan untuk konferensi-konferensi dengan meja ukuran 8 – 8 kaki; telepon memuaskan; percakapan biasa pada 6-12 kaki	Kantor-kantor ukuran menengah dan kantor-kantor perusahaan
40 – 50	Memuaskan unruk konferensi dengan ukuran 4-5 kaki; penggunaan telepon agak terganggu percakapan biasa 3-6 kaki; percakapan keras 6-12 kaki	Ruang-ruang teknik besar untuk design, gambar dan lain-lain
50 – 55	Tidak memuaskan untuk konferensi lebih dari 2-3 orang; telepon biasanya terganggu; percakapan normal pada 1-2 kaki; percakapan keras pada 3-6 kaki.	Daerah kerja sekretariat (mengetik), akuntansi (mesin hitung), cetakan-cetakan dan lain-lain
Diatas 55	Sangat bising; tidak memuaskan untuk kantor	Tidak dianjurkan untuk kantor apapun

Bising dapat dikendalikan dengan berbagai cara, yaitu (Suma'mur, 1994 dan Borg, 1981) :

1. Pengurangan bising pada sumbernya

Hal ini dapat dilakukan misalnya dengan menempatkan peredam pada sumber getaran, tetapi pada umumnya hal ini hanya dapat dilakukan pada penelitian dan mesin baru.

2. Penempatan penghalang pada jalan transmisi

Penempatan penghalang pada jalan transmisi isolasi tenaga kerja atau mesin adalah usaha segera dan baik bagi usaha mengurangi kebisingan. Perencanaan harus sempurna dan bahan-bahan yang dipakai harus mampu menyerap (meredam) suara. Bahan-bahan penutup harus dibuat cukup tebal dan lapisan dalam terbuat dari bahan yang menyerap suara, agar tidak terjadi getaran yang lebih hebat.

3. Proteksi dengan sumber atau penutup telinga

Tutup telinga biasanya lebih efektif bila dibandingkan dengan sumbat telinga. Alat demikian harus diseleksi, sehingga dapat dipilih yang paling tepat. Alat-alat semacam ini dapat mengurangi intensitas bising sampai sekitar (20-25) dB.

Ada 3 macam alat proteksi/ pelindung pendengaran, yaitu:

1. Sumbat telinga dimasukkan lubang telinga (*insert or plug*)
2. Topi pelindung yang juga dilengkapi dengan penutup telinga (*helmet*)
3. Penutup cuping telinga (*ear muffs*)

Daya atenuasi adalah suatu daya penurunan. Daya atenuasi sumbat telinga, penutup cuping telinga dan kombinasi keduanya, helmet, dapat dilihat dalam tabel 9.

Tabel 9
Besarnya Daya Atenuasi Alat Proteksi Telinga
(Siswanto, 1983).

Jenis Alat Proteksi	Nilai Silang Frekuensi (Hertz)				
	1-20	20-100	100-800	800-8000	8000
Sumbat Telinga	5-10	5-20	10-35	30-4	30-40
Tutup Telinga	10-15	15-25	25-45	30-60	40-60
Helmet	0-2	2-7	7-20	20-55	30-55

Pemilihan alat pelindung telinga biasanya tergantung pada kesenangan pemakainya. Seorang tenaga kerja akan memilih sumbat telinga yang berukuran lebih kecil dibanding yang besar karena lebih nyaman, walaupun hal ini sebenarnya salah karena kemungkinan terjadinya kebocoran udara melalui celah-celah antara sumbat telinga dan kulit saluran telinga adalah besar. Pada tingkat kebisingan (100-115) dB dengan komposisi spektrum yang sebagian besar terdiri dari frekuensi tinggi, sumbat telinga adalah pilihan yang tepat. Bila komposisi spektrum bersifat mendatar atau frekuensi rendah lebih menonjol, maka dalam hal ini pilihan jatuh pada penutup cuping telinga karena daya atenuasi penutup cuping telinga untuk suara frekuensi rendah lebih besar dibanding sumbat telinga. Kombinasi sumbat dan earmuff tutup

telinga dianjurkan untuk dipakai di tempat-tempat kerja yang intensitas kebisingannya menunjukkan (120-125) dB (Suma'mur, 1994 dan Borg, 1981).

Hubungan antara presentasi waktu pemakaian dengan proteksi maksimum alat pelindung telinga dinyatakan dalam rumus Else sebagai berikut :

$$\text{Proteksi maksimum} = \frac{100}{100 - \text{presentasi waktu pemakaian}}$$

Pada tabel 9 terlihat bahwa pemakaian alat pelindung telinga selama 50% waktu pendedahan hanya memberikan proteksi tidak lebih dari 3 dB. Proteksi sebesar 30 dB baru akan dicapai jika alat pelindung telinga dipakai selama 99,9% waktu pendedahan (Suma'mur, 1994).

Suara yang datang dari sumber bunyi akan ditangkap oleh *auricula* yang kemudian diperbesar energinya dengan merefleksikan gelombang suara pada dinding *canalis auditorius externus* yang lumennya makin mengecil, dihantarkan ke *membrana tympani*. Suara yang datang ke *membrana tympani* ini diubah menjadi getaran mekanik melalui *ossicula auditiva*, yang berfungsi sebagai *mechanical transformer* yang meneruskan getaran suara dari *membrana tympani* ke *cochlea* (Etholm, 1964 dan Borg, 1980).

Cochlea dengan unsur cairannya akan menggetarkan *membrana basalis*, *organon corti*, dan *membrana tectoria*. Sampai disini getaran-getaran yang terjadi akan menimbulkan potensial aksi pada ujung saraf afferent *nervus cochlearis*, impuls akan dihantar sampai pada *gyrus temporalis transversus*

sebagai *radiation accoustica* ke area auditoria maupun area psikis atau area I, II, III (Cloete, 1979 dan Borg, 1980).

Suara dengan intensitas lebih dari 85 dB kita rasakan mengganggu dan akan diterima tubuh sebagai suatu stres fisik atau stres bising (Cloete, 1979).

Stres bising merupakan suatu stres fisik yang dapat mempengaruhi tekanan darah melalui sistem saraf simpatis. Sistem saraf otonom merupakan bagian dari susunan saraf yang mengatur fungsi viseral tubuh. Sistem ini membantu mengatur tekanan arteri, motilitas, dan sekresi gastrointestinal, output urin, sekresi keringat, suhu tubuh, dan banyak kegiatan lainnya (Etholm, 1964 dan Cloete, 1979).

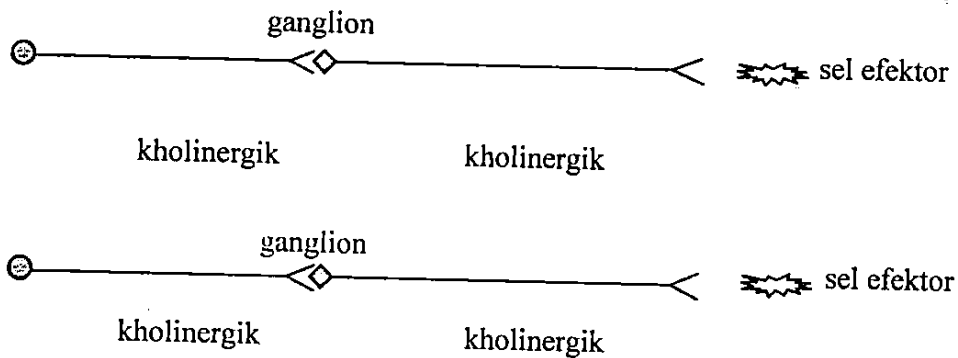
Sistem saraf otonom terutama diaktifkan oleh pusat-pusat yang terletak di *medulla spinalis*, batang otak, dan *hipotalamus*. Bagian-bagian *cortex cerebri* dapat mengirimkan impuls ke pusat-pusat yang lebih rendah dan dengan jalan ini mempengaruhi pengendalian otonom (Etholm, 1964 dan Cloete, 1979).

Sistem saraf otonom sering bekerja dengan melalui refleks viseral, yaitu sinyal-sinyal sensoris dari bagian tubuh-tubuh yang mengirimkan impuls-impuls pada pusat *medulla spinalis*, batang otak, atau *hipotalamus*, yang kemudian mengirimkan impuls-impuls efferent pada organ viseral untuk kegiatan otonom.

Impuls otonom ini dikirimkan kepada efektor melalui sistem saraf simpatis (*adrenergik*) dan sistem saraf parasimpatis (*kolinergik*) dan *norepinefrin* atau *adrenalin* (Cloete, 1979).

Seluruh serabut saraf preganglioner simpatis mengeluarkan *norepinefrin*, kecuali serabut saraf preganglioner simpatis yang mensarafi kelenjar keringat, dan sebagian yang mensarafi vasa otot skelet (Etholm, 1964 dan Cloete, 1979).

Meskipun tergolong dalam golongan saraf simpatis, *neurotransmitter* yang diproduksi serabut saraf postganglionernya adalah *asetilkolin*.



Sistem Saraf Otonom

Neurotransmitter serabut saraf kolinergik = asetilkolin

Neurotransmitter serabut saraf adrenergik = norepinefrin

Efek aktivitas saraf simpatis dan parasimpatis tergantung pada hiper atau hipofungsi saraf yang bersangkutan dan sifat reseptor organ efektor yang dituju atau target site (Etholm, 1964 dan Cloete, 1979). Reseptor adrenergik ada dua macam, yaitu reseptor adrenergik alfa (α) dan reseptor adrenergik beta (β). Reseptor adrenergik beta masih dibagi atas reseptor β_1 dan reseptor β_2 . Norepinefrin bereaksi terhadap reseptor α dengan kuat dan menimbulkan vasokonstriksi, venokonstriksi, dan glikogenolisis di hepar.

Norepinefrin dipecah oleh *enzim hidrosilase* sehingga didapatkan epinefrin (adrenalin). Reseptor β diaktifkan oleh epinefrin. Pada tabel 10 ditunjukkan berbagai respon organ terhadap perangsangan saraf adrenergik (Cloete, 1979).

Tabel 10. Respon Organ Terhadap Perangsangan Saraf Adrenergik

Organ	Efek Perangsangan Simpatetik	Efek Perangsangan Parasimpatetik
Mata : Pupil	Dilatasi	Konstriksi
Otot siliaris	Relaksasi ringan	Konstriksi
Kelenjar : Nasal	Vasokonstriksi dan sekresi ringan	Rangsangan banyak sekali (kecuali pankreas) sekresi (mengandung banyak enzim untuk merangsang kelenjar yang mensekresi enzim)
Lakrimalis		
Parotis		
Submandibularis		
Lambung		
Pankreatik		
Kelenjar keringat	Banyak sekali keringat (kolinergik)	Tidak ada
Kelenjar apokrin	Tebal, sekresi yang berbau	Tidak ada
Jantung : otot	Peningkatan kecepatan	Pengurangan kecepatan
	Peningkatan kekuatan kontraksi	Penurunan kekuatan kontraksi (khususnya atrium)
Pembuluh koroner		
Paru : Bronkus	Dilatasi (β_2); konstriksi (α)	Dilatasi
Pembuluh darah	Dilatasi	Konstriksi
Usus : Lumen	Konstriksi sedang	Dilatasi
Sfingter	Penurunan peristaltik dan tonus	Peningkatan peristaltik dan tonus
Hati	Peningkatan lonus (seringkali)	Relaksasi (seringkali)
Kandung empedu dan saluran empedu	Pelepasan glukosa	Sintesa glikogen ringan
Ginjal	Relaksasi	Kontraksi
	Berkurangnya pengeluaran dan sekresi rennin	Tidak ada
Kandung kemih : Detrusor	Relaksasi (ringan)	Terangsang
Trigonum	Terangsang	Relaksasi
Penis	Ejakulasi	Ereksi
Sistemikarteriol		
Abdominal	Konstriksi	Tidak ada
Otot	Konstriksi (α adrenergik)	Tidak ada
	Dilatasi (β_2 adrenergik)	
	Dilatasi (kolinergik)	
Kulit	Konstriksi	Tidak ada
Darah: Koagulasi	Meningkat	Tidak ada
Glukosa	Meningkat	Tidak ada
Metabolisme basal	Meningkat sampai mendekati 100%	Tidak ada
Sekresi medulla adrenal	Meningkat	Tidak ada
	Meningkat	Tidak ada
Aktivitas mental	Terangsang	Tidak ada
	Terangsang	Tidak ada
Otot piloerektor	Peningkatan glikogenolisis	Tidak ada
	Peningkatan kekuatan	
Otot skeletal		

Reseptor kolinergik bersifat *muskarinik* dan *nikotinic*. Reseptor muskarinik terdapat pada otot polos, kelenjar eksokrin, *nodus sinoatrial*, dan *nodus atrioventrikularis* pada jantung. Reseptor nikotinic ditemukan terutama pada sel-sel ganglion otonom dan motor end plate (Etholm, 1964 dan Cloete, 1979).

Efek muskarinik berarti mempunyai kerja yang menyerupai muskarin dan efek nikotinic berarti mempunyai kerja menyerupai nikotin. Efek muskarinik dan nikotinic mengakibatkan terjadinya salivasi, keluarnya keringat, peningkatan peristaltik usus, perangsangan ganglion, dan otot rangka (Cloete, 1979 dan Borg, 1980).

Umumnya sebagian besar sistem saraf simpatis terangsang secara serentak, suatu fenomena yang disebut pencetusan besar-besaran. Pencetusan simpatis besar-besaran ini dalam banyak hal meningkatkan kemampuan tubuh untuk melakukan kegiatan otot secara hebat. Efek yang terjadi adalah :

1. Peningkatan tekanan darah
2. Peningkatan aliran darah ke otot-otot aktif yang disertai penurunan aliran darah ke organ-organ yang kurang penting untuk kegiatan yang cepat.
3. Meningkatnya kecepatan metabolisme di seluruh tubuh
4. Meningkatnya konsentrasi glukosa darah
5. Meningkatnya kekuatan otot
6. Meningkatnya kegiatan mental

Efek ini memungkinkan kegiatan fisik yang jauh lebih berat dibanding seandainya tidak terjadi efek ini. Sering dikatakan bahwa kegunaan saraf simpatis adalah untuk mengadakan kegiatan tambahan tubuh dalam keadaan stres yang disebut sebagai reaksi stres simpatis (Cloete, 1979).

Sistem saraf simpatis juga digiatkan dengan kuat pada keadaan emosional. Misalnya dalam keadaan sedang marah terutama ditimbulkan oleh perangsangan hipotalamus. Sinyal-sinyal dikirimkan ke bawah melalui *formatio retikularis* dan *medulla spinalis* untuk menyebabkan pencetusan simpatis besar-besaran yang terjadi dengan cepat dan segera. Hal ini disebut juga sebagai reaksi alarm simpatis atau reaksi berkelahi atau reaksi melarikan diri (Etholm, 1964 dan Cloete, 1979).

6. Hubungan Stres Bising Dengan Tekanan Darah

Stres bising yang bila kita terima melalui pendengaran setelah sampai pada *gyrus temporalis transversus* akan diteruskan lewat rangkaian neuron-neuron asosiasi ke *gyrus parahypocampalis*, lalu diteruskan ke fornix menuju ke *corpus mammilaris* sehingga impuls-impuls diteruskan melau *traktus mamilothalamicus* ke *nucleus anterior thalami*. Selanjutnya menuju ke *nucleus medialis dorsalis thalami* kemudian ke hipotalamus yang melalui beberapa sinaps akan sampai ke motor neuron simpatis *kornu intermediolateral substansia medulla spinalis*.

Kornu intermediolateral keluar serabut saraf simpatis preganglionik melalui *radix anterior medulla spinalis* ke dalam saraf spinal. Rangsang

berikutnya menuju serabut saraf yang segera bersinaps dengan neuron postganglionik atau sering pula berjalan sepanjang rantai tersebut ke dalam salah satu saraf yang dipercabangkannya untuk bersinaps dengan neuron postganglioniknya didalam suatu ganglion simpatis yang jauh, dan mendekati target organ. Serabut saraf postganglion ini akan berjalan dan berakhir di target organ (Cloete, 1979 dan Borg, 1980).

7. Medula Adrenal

Perangsangan saraf simpatis ke medula adrenal menyebabkan pelepasan sejumlah besar epinefrin/ adrenalin (80%) dan sedikit norepinefrin/ noradrenalin (20%) ke dalam pembuluh darah. Kedua hormon ini kemudian diangkut oleh darah ke semua jaringan tubuh.

Norepinefrin yang beredar mempunyai efek yang hampir sama pada berbagai organ seperti yang disebabkan oleh perangsangan langsung saraf simpatis, kecuali bahwa efek tersebut tahan kira-kira 10 kali lamanya karena norepinefrin dikeluarkan dari darah secara perlahan-lahan (Cloete, 1979).

Epinefrin juga menyebabkan efek yang hampir sama seperti yang disebabkan norepinefrin tetapi efek tersebut berbeda dalam hal :

1. Epinefrin mempunyai efek yang lebih besar pada kegiatan jantung dibanding norepinefrin.
2. Epinefrin menyebabkan vasodilatasi lemah pada pembuluh otot, sedangkan norepinefrin menyebabkan vasokonstriksi kuat.
3. Efek metabolik epinefrin lebih kuat dibandingkan norepinefrin.

8. Pembuluh Darah

Waktu bersamaan pembuluh darah dirangsang oleh saraf simpatis secara langsung dan secara tidak langsung oleh katekolamin melalui medula adrenal. Kedua perangsangan ini akan bekerja sama sehingga terjadi vasokonstriksi pada kebanyakan pembuluh darah, yang akan berakibat naiknya tekanan darah.

9. Jantung

Seperti halnya pada pembuluh darah, jantung secara bersamaan dirangsang oleh saraf simpatis secara langsung dan oleh katekolamin melalui medula adrenal secara tidak langsung. Hal ini pada jantung akan berakibat terjadinya kenaikan denyut jantung, kecepatan konduksi, dan kekuatan kontraksi otot jantung yang pada akhirnya akan menaikkan curah jantung dan tekanan darah (Etholm, 1964 dan Cloete, 1979).

10. Apparatus Juxta Glomerulus

Perangsangan simpatis pada ginjal akan menyebabkan pelepasan *renin* dari sel-sel *juxta glomerulus*. Renin yang telah dilepaskan ini akan berdifusi kedalam darah arteriola afferent dan kemudian beredar ke seluruh tubuh

Renin merupakan enzim yang mengkatalisis salah satu protein plasma, yang disebut renin substrat atau *angiotensinogen*, menjadi peptida angiotensin I. Renin tersebut menetap didalam darah selama kurang lebih 1 jam dan terus menerus membentuk angiotensin I selama seluruh waktu tersebut. Angiotensin

I setelah dibentuk kemudian diubah menjadi peptida lain yang dikenal sebagai angiotensinogen II, converting enzim yang terutama terdapat dalam paru-paru. Angiotensin II menetap didalam darah kurang lebih 1 menit dan dengan cepat di nonaktifkan oleh berbagai enzim darah dan jaringan secara bersama-sama yang disebut angiotensinase (Etholm & Egenberg, 1964).

Selama berada didalam darah, angiotensinogen II mempunyai beberapa efek yang dapat meningkatkan tekanan darah. Salah satu efek ini terjadi dengan sangat cepat, yaitu menyebabkan vasokonstriksi terutama pada arteriola dan dalam tingkat yang lebih rendah pada vena.

Konstriksi arteriola → kenaikan tahanan perifer → kenaikan tekanan arteri
Konstriksi vena → kenaikan tekanan pengisian atrium → kenaikan jumlah darah dari vena ke jantung → tekanan darah naik.

Efek lain dari angiotensin II terutama berhubungan dengan rumah tangga cairan dan garam tubuh.

1. Angiotensin II mempunyai efek terhadap ginjal untuk menyebabkan turunnya ekskresi garam dan air lewat ginjal.
2. Angiotensin II merangsang sekresi aldosteron oleh korteks adrenal dan hormon ini sebaliknya juga bekerja pada ginjal menyebabkan penurunan ekskresi garam dan air.

Kedua efek diatas meningkatkan volume darah dan juga berarti meningkatkan tekanan darah (Etholm, 1964 dan Cloete, 1979).

11. Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah intensitas kebisingan yang tinggi berakibat peningkatan tekanan darah karyawan Perseroan Terbatas Kereta Api Indonesia (PT KAI).