

**PENGARUH PEMAKAIAN
ALAT PELINDUNG TELINGA (*EARPLUG*)
TERHADAP PERUBAHAN TEKANAN DARAH
AKIBAT BISING**

**(PENELITIAN PADA PEKERJA PENGGILOAN PADI DI KECAMATAN
KARANGANYAR KABUPATEN KARANGANYAR TAHUN 2004)**



Tesis
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-2

MAGISTER ILMU KESEHATAN LINGKUNGAN

SAMSUL N HIDAYAT
E4B001034

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2005**

UPT-PUSTAK-UNDIP	
No. Daft:	4552/IT/mbk/c.
Tgl.	29-8-06

PENGESAHAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa tesis yang berjudul :

PENGARUH PEMAKAIAN ALAT PELINDUNG TELINGA (EARPLUG)
TERHADAP PERUBAHAN TEKANAN DARAH AKIBAT BISING (Penelitian pada
pekerja penggilingan padi di Kecamatan Karanganyar Kabupaten Karanganyar tahun
2004)

Dipersiapkan dan disusun oleh

SAMSUL N. HIDAYAT

NIM E4B001034

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji tanggal 21 Maret 2005 dan dinyatakan
telah memenuhi syarat untuk diterima

Oleh

Penguji Utama



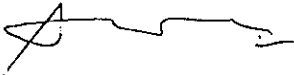
Dr. Ari Suwondo, MPH
NIP 131 610 342

Penguji Pendamping



Dr. Ony Setiani, PhD
NIP 132 062 253

Pembimbing Utama



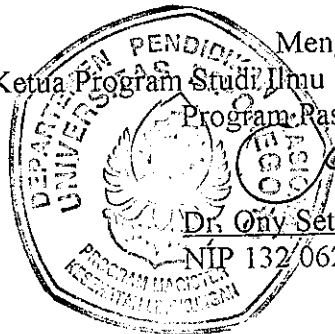
Dr. Suhartono, MKes
NIP 131 962 238

Pembimbing Pendamping



Nurjauli, SKM, MKes
NIP 132 139 521

Mengetahui :
Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Lingkungan
Program Pascasarjana



Dr. Ony Setiani, PhD
NIP 132 062 253

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan di dalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum terbit/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan di dalam tulisan dan daftar pustaka

Semarang, Maret 2005

Samsul N Hidayat

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Alloh, Tuhan seluruh semesta alam karena atas ridho dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini. Tesis ini disusun sebagai sala satu persyaratan untuk mencapai derajat Sarjana S2 pada program studi Magister Ilmu Kesehatan Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Penulisan tesis ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan maupun saran dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof DR. dr. Suharyo H, Sp PD, selaku Ketua Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang
2. Dr. Onny Setiani, PhD, selaku Ketua program Studi Magister Ilmu Kesehatan Lingkungan atas perhatian dan dorongannya sehingga memacu penulis segera menyelesaikan tesis ini.
3. Dr. Suhartono, MKes, selaku pembimbing Utama tesis yang dengan penuh kesabaran memberikan arahan, petunjuk dan saran dalam penyusunan tesis ini
4. Nurjazuli, SKM, MKes, selaku pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktu untuk melakukan koreksi secara cermat dan memberikan masukan yang berharga selama penyusunan tesis ini
5. Bapak Rektor Universitas Muhammadiyah, Dekan FKM UNIMUS serta Bapak Kepala Dinas Kesehatan Kota Semarang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan S-2

6. Segenap dosen Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro yang dengan penuh dedikasi memberikan pengajaran untuk memperluas cakrawala dan memperdalam ilmu pengetahuan selama masa pendidikan.
7. Bapak Mardiyono dari Laboratorium Hyperkes UNS dan Bapak Suharto dari bagian THT RSUP Dr Kariadi Semarang yang telah membantu penulis dalam melakukan pengukuran di lapangan
8. Bapak-bapak pekerja penggilingan padi yang telah bersedia menjadi responden dalam penelitian ini
9. Teman-teman di Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Lingkungan angkatan 2001 atas dukungan dan motivasi selama mengikuti pendidikan.
- 10 Istri tercinta Hesti Ariyani, ananda Fidelya Kaamila Hasna , Bapak-Ibu atas dukungan moral, pengertian, pengorbanan dan kasih sayangnya sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini.

Akhirnya, meskipun segenap daya dan kemampuan telah dicurahkan dalam penyusunan tesis ini, penulis sadar bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Harapan penulis, semoga tesis ini berguna

Semarang, Maret 2005

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
ABSTRAK	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1. Latar Belakang	1
2. Perumusan Masalah	5
3. Tujuan Penelitian	6
4. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
1. Pengertian suara/bunyi	8
2. Aspek fisik kebisingan	10
3. Jenis Kebisingan	13
4. Pengaruh kebisingan	14
5. Pengendalian kebisingan	23
6. Tekanan darah	30
7. Kenaikan tekanan darah	32
8. Faktor yang berpengaruh terhadap tekanan darah	35
9. Patofisiologi kenaikan tekanan darah	43
10. Hipotesa Penelitian	44
11. Kerangka Teori	45
12. Kerangka konsep	46

BAB III	METODE PENELITIAN	
	1. Jenis Penelitian	49
	2. Populasi dan sampel	51
	3. Kriteria Inklusi	51
	4. Kriteria Eksklusi	52
	5. Variabel Penelitian	52
	6. Definisi Operasional	53
	7. Alur penelitian	56
	9. Analisa Data	61
BAB IV	HASIL PENELITIAN	
	1. Gambaran Umum	63
	2. Karakteristik responden	65
	3. Pengukuran intensitas kebisingan	66
	4. Pengukuran tekanan darah responden	67
	5. Perubahan tekanan darah	69
	6. Uji beda rata-rata tekanan darah antara sebelum dan setelah bekerja pada saat tidak memakai <i>earplug</i> dan ketika memakai <i>earplug</i>	70
	7. Uji beda rata-rata tekanan darah sebelum bekerja Antara saat tidak memakai <i>earplug</i> dan ketika memakai <i>earplug</i>	71
	8. Uji beda rata-rata tekanan darah setelah bekerja antara saat tidak memakai <i>earplug</i> dan ketika memakai <i>earplug</i>	71

BAB V.	PEMBAHASAN	76
BAB VI.	SIMPULAN DAN SARAN	93
BAB VII.	RINGKASAN	96

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman	
Tabel 2.1	Jenis-jenis kebisingan	14
Tabel 2.2	Nilai Ambang Batas Kebisingan	19
Tabel 2.3	Kriteria gangguan percakapan dalam ruangan	20
Tabel 2.4	Pengaruh umur terhadap tekanan darah	31
Tabel 2.5	Klasifikasi tekanan darah untuk usia lebih dari 18 tahun atau lebih	34
Tabel 4.1	Karakteristik responden berdasar tingkat pendidikan, IMT dan kebiasaan merokok	65
Tabel 4.2	Karakteristik pengetahuan responden mengenai Bising dan pemakaian alat pelindung telinga	66
Tabel 4.3	Hasil pengukuran intensitas kebisingan di 8 lokasi Penggilingan padi	67
Tabel 4.4	Hasil pengukuran rata-rata tekanan darah sebelum Setelah bekerja berdasar katagori pemakaian earplug	68
Tabel 4.5	Perubahan tekanan darah responden ketika tidak Memakai earplug dan ketika memakai earplug	69
Tabel 4.6	Hasil pengukuran rata-rata tekanan darah sebelum dan setelah bekerja antara responden yang merokok dengan responden yang tidak merokok	72
Tabel 4.7	Hasil pengukuran rata-rata tekanan darah sebelum dan setelah bekerja antara responden yang mempunyai masa kerja < 5 tahun dengan masa kerja \geq 6 tahun	73

DAFTAR GAMBAR

	Halaman	
Gambar 2.1	Gangguan kebisingan yang muncul berdasar sumber	15
Gambar 2.2	Irisan telinga bagian luar, tengah, dalam	16
Gambar 2.3	Faktor yang berpengaruh terhadap tingginya Tekanan darah	36
Gambar 2.4	Berbagai promotor <i>pressor growth</i> yang menyebabkan Hipertrofi struktural	41
Gambar 3.1	Alur penelitian	58

ABSTRACT

Samsul N Hidayat

The Influence of Using Hearing Protection Devices on Blood Pressure Regarding with Noise Exposure (Study on Rice Mill Workers at Karanganyar District on Karanganyar Regency)

x + 94 pages + annexes

Noise is the sound disliked or unwanted by anyone. In addition to its effect on hearing, noise exposure has also been implicated as having other physiological effect. Specifically, non-auditory physiological effect of noise exposure that have been identified thus far include cardiovascular effect. Probably the most attention has been directed toward cardiovascular effect, especially potential elevation in blood pressure.

The aim of this study was to analyze the influence of using hearing protection devices on blood pressure regarding with noise exposure. This study was conducted on 30-male rice mill workers as the sample. That samples size were meet with inclusion and exclusion criteria. This study was classified as quasi experiment with group pretest posttest design.

This study was divided into 2 groups surveillance, on the 1st group, consisted of worker who using hearing protection devices during its workshift and then the 2nd one consisted of the same workers but they have never used of hearing protection devices. Confounding variables were controlled, included : ages, smoking habit, obesity, work-load, family history, inactivities. Blood pressure was measured by using mercury sphygmomanometer. The measurement of blood pressure were taken 2 times ; at the beginning of the workshift and the end of the workshift on both groups.

The result showed that noise intensity was beyond the threshold limit values (85 dB) on the all of rice mill industry where the study was conducted. From the statistical paired t test, it found out that there was a difference in mean systolic and diastolic blood pressure between the workers who using earplug and workers that have never used earplug. Workers with earplug had lower systolic and diastolic blood pressure rather than those who didn't use earplug, workers of using hearing protection was associated with a reduction in systolic and diastolic blood pressure of 14,6 mmHg and 6,67 mmHg.

Based on the result explained above, the use of hearing protection device could be moderated the harmful effect of noise. Regular blood pressure examination could act as early detection to prevent workers suffering from hypertension.

Literatures : 50 books
Year : 1975 – 2004
Keyword : Noise, Blood Pressure, Earplug

ABSTRAK

Samsul N Hidayat

Pengaruh Pemakaian Alat Pelindung Telinga (*earplug*) terhadap Perubahan Tekanan Darah Akibat Bising (Penelitian pada Pekerja Penggilingan Padi di Kecamatan Karanganyar Kabupaten Karanganyar Tahun 2004)

x + 94 halaman + lampiran

Bising adalah suara yang tidak dikehendaki oleh siapapun. Disamping efek negatifnya terhadap fungsi pendengaran, paparan bising diperkirakan mempunyai pengaruh fisiologis. Efek fisiologis *non-auditory* dari paparan bising adalah kenaikan tekanan darah.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisa pengaruh pemakaian *earplug* terhadap tekanan darah akibat paparan bising. Penelitian ini dilakukan pada 30 pekerja penggilingan padi yang telah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang ditetapkan.

Jenis penelitian ini termasuk eksperimen semu dengan rancangan pretest-posttest group design. Pada penelitian ini menggunakan subyek (pekerja) yang sama sebagai unit analisisnya, dimana tekanan darah pekerja dibandingkan ketika tidak memakai *earplug* dan ketika memakai *earplug*. Pengukuran tekanan darah dilakukan sebelum dan setelah bekerja baik pada saat memakai ataupun tidak memakai *earplug*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas kebisingan berada diatas NAB di semua penggilingan padi. Dari uji *paired t-test* didapatkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata tekanan darah pekerja antara ketika memakai *earplug* dengan tidak memakai *earplug*. Tekanan darah pekerja ketika memakai *earplug* lebih rendah 14/6 mmHg daripada ketika tidak memakai *earplug*.

Berdasarkan hasil penelitian diatas, pemakaian *earplug* dapat mencegah kenaikan tekanan darah lebih lanjut akibat paparan bising. Untuk deteksi dini dari hipertensi dapat dilakukan pengukuran tekanan darah secara berkala.

Bahan bacaan : 50 buku
Tahun : 1975-2004
Kata Kunci : Bising, *earplug*, tekanan darah

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Peningkatan pembangunan di bidang industri membutuhkan penggunaan teknologi maju dan bahan-bahan berbahaya yang dapat menimbulkan kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Untuk mencegah dan mengendalikan kecelakaan dan penyakit akibat kerja perlu dilakukan upaya-upaya perlindungan terhadap tenaga kerja.

Perlindungan karyawan melalui teknis pengamanan tempat, peralatan dan lingkungan kerja adalah sangat perlu diutamakan. Cara pencegahan kecelakaan dan penyakit akibat kerja yang terbaik adalah peniadaan bahaya seperti pengamanan atau perbaikan mesin dan peralatan lainnya. Namun hal tersebut tidak mungkin sepenuhnya dapat dilakukan, sehingga perlu diberikan alat pelindung diri kepada karyawan dalam bentuk kaca mata, masker, sepatu dan alat proteksi lainnya. Menurut *National Safety Council (1985)*, orang yang bekerja dalam suatu area yang mengandung risiko tinggi memerlukan alat pelindung diri, sehingga penggunaan alat pelindung diri merupakan salah satu cara pencegahan kecelakaan dan penyakit akibat kerja di tempat kerja.

Davis I.R. (1994) melaporkan bahwa bising di tempat kerja merupakan masalah utama dalam kesehatan kerja di berbagai negara, diperkirakan sedikitnya 7 juta orang terpapar dengan bising > 85 dB A.

Pengaruh kebisingan terhadap tekanan darah tinggi telah menjadi bahan kajian dan studi utama terutama kebisingan di lingkungan kerja dan tempat tinggal. Penelitian-penelitian ini mengindikasikan bahwa paparan jangka panjang terhadap kebisingan intensitas tinggi pada 85 dB atau lebih, khususnya ketika telinga tidak dilindungi akan menyebabkan kenaikan tekanan darah atau hipertensi (Evelyn O. Talbott, 1995). Salah satu penelitian tersebut adalah sebuah studi terhadap kebisingan dengan intensitas antara 75 sampai 104 dB A dalam sebuah pabrik tekstil, dimana diperlihatkan hubungan *dose-response* antara tingkat kebisingan dan prevalensi hipertensi diantara 1101 pekerja wanita yang bekerja dalam ruangan yang khusus tanpa perlindungan pada telinga selama masa kerja mereka. Risiko hipertensi meningkat 1,2 untuk tiap kenaikan kebisingan 5 dBA (odds ratio = 1,8 pada 95 dBA), setelah dilakukan penyesuaian untuk umur, masa kerja, intake garam, dan riwayat keluarga hipertensi. Kebisingan merupakan urutan terpenting nomor tiga determinan hipertensi setelah riwayat keluarga dan intake garam yang tinggi.

Andriukin (1961), mengadakan penelitian pada tenaga kerja bagian mesin bubut di Moskwa dengan intensitas bising 93 dB. Didapatkan hasil bahwa tenaga kerja yang terpapar kebisingan, tekanan darahnya dua kali lebih tinggi daripada kelompok pekerja yang tidak terpapar bising. Parvizpoor (1978) pada penelitiannya terhadap tenaga kerja bagian tenun dengan intensitas bising 96 dB menemukan 27,1% tenaga kerja mengalami kenaikan tekanan darah sedangkan pada kelompok pekerja yang tidak terpapar bising hanya ditemukan 8,6%. Penelitian terhadap binatang juga pernah dilakukan untuk melihat pengaruh bising terhadap tekanan darah. Peterson et

al (1975) memaparkan suara dengan intensitas 112 dB pada seekor kera (rhesus) betina, setelah 30 hari tekanan sistolik dan diastolik naik 28%. Demikian pula Yeakel et al (1948), memapari 21 ekor tikus Norways (8 jantan, 13 betina) dengan suara yang intensitasnya 103 dB. Pemaparan dilakukan tiap hari 5 menit dalam 5 hari seminggunya selama satu tahun. Setelah dua bulan percobaan, tekanan sistolik rata-rata naik 41 mm Hg.

Pekerja di sektor informal juga tidak terlepas dari efek negatif berbagai faktor lingkungan kerjanya. Faktor lingkungan fisik sangat sering memapari tenaga kerja di sektor ini (bising, getaran, iklim kerja), sehingga akan mempengaruhi keadaan produktifitas dan kesehatan pekerja.

Seiring dengan kemajuan jaman dan tuntutan efisiensi, untuk menghasilkan beras dari gabah kering, penggunaan penggiling tradisional atau manual telah digantikan dengan keberadaan seperangkat mesin yang dapat menghasilkan beras dengan kuantitas lebih besar dibanding penggiling tradisional. Dampak dari penggunaan mesin penggiling ini adalah dihasilkannya suara bising sebagai akibat operasionalisasi mesin. Dari pengamatan peneliti di tempat penelitian, penggilingan padi sebagai salah satu sektor informal dihadapkan pada beberapa kendala terutama modal usaha, dimana sangat sulit sekali untuk mengganti atau memodifikasi mesin yang lebih baik dan layak serta tidak mengeluarkan bising. Operator mesin ini akan selalu terpapar bising, yang ditimbulkan beroperasinya penggilingan mesin selama delapan jam perharinya. Intensitas kebisingan yang ditimbulkan mesin ini berkisar antara 86-97 dB, yang melebihi nilai NAB-nya. Menurut Keputusan Menteri Tenaga

Kerja No 51/MEN/1990, NAB untuk kebisingan selama 8 jam kerja adalah sebesar 85 dB. Dari paparan faktor lingkungan fisik ini dikhawatirkan mengakibatkan beberapa gangguan kesehatan terhadap operator mesin penggilingan padi.

Bising merupakan gangguan yang bersifat psikososial karena kehadirannya tidak dikehendaki. Gangguan yang bersifat psikososial ini bila datang berulang-ulang terhadap pekerja akan menimbulkan reaksi siaga yang selalu mengikutsertakan naiknya aktifitas saraf simpatis yang lambat laun mengakibatkan kenaikan tekanan darah (Miller et al, 1969).

Dari penelitian yang dilakukan oleh Bambang Suwerda tahun 1992 terhadap tenaga penggilingan padi di kecamatan Ngaglik Kabupaten Sleman Yogyakarta didapatkan bahwa kebisingan mesin penggilingan padi pada intensitas 86-97 dB(A) mengakibatkan tekanan darah operator penggilingan padi mengalami perubahan berdasarkan tekanan arteri rata-rata antara 4,443 mm Hg sampai 10 mm Hg, dengan rata-rata kenaikan sebesar 2,49 mm Hg. Menurut penelitian Sujata (1990) di ruang tenun dengan intensitas kebisingan diatas 85 dB, pengukuran tekanan darah sebelum dan setelah bekerja menunjukkan terjadi kenaikan rata-rata tekanan sistolik 25,4 mm Hg dan kenaikan rata-rata tekanan diastolic 17 mm Hg.

Berdasar studi pendahuluan penulis, di Kecamatan Karanganyar Kabupaten Karanganyar terdapat lima puluh penggilingan padi dengan tiga sampai empat orang operator mesin untuk satu penggilingan padi. Berdasar pengamatan tidak satupun di antara operator penggilingan padi tersebut yang menggunakan alat pelindung telinga berupa penutup telinga. Hasil pengukuran tekanan darah sebelum dan setelah bekerja

di tiga perusahaan penggilingan padi dengan 5 orang pekerja, menunjukkan terjadi kenaikan rata-rata tekanan sistolik 14 mm Hg dan kenaikan rata-rata tekanan diastolik 12 mm Hg.

Berkaitan dengan uraian diatas, maka peneliti ingin mengetahui pengaruh penggunaan alat pelindung telinga berupa *earplug* terhadap perubahan tekanan darah pekerja penggilingan padi.

1.2 Perumusan masalah

Pada uraian di atas ternyata pekerja penggilingan padi terpapar faktor fisik lingkungan kerja berupa bising dengan intensitas yang tinggi (86-97 dB) melebihi nilai aman yang diperkenankan (85 dB). Berdasarkan pengamatan pada studi pendahuluan tidak satupun pekerja yang mengenakan alat pelindung telinga dan terjadi kenaikan tekanan arteri rata-rata setelah bekerja. Paparan bising ini salah satu akibatnya adalah meningkatkan tekanan darah disamping timbulnya gangguan pada organ pendengaran.

Berdasar latar belakang di atas, dikemukakan masalah berikut ini :

Apakah ada pengaruh pemakaian alat pelindung telinga (*earplug*) terhadap perubahan tekanan darah pekerja?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui pengaruh pemakaian alat pelindung telinga (*earplug*) terhadap tekanan darah pada pekerja penggilingan padi.

1.3.2 Tujuan khusus

- a. Mengukur intensitas kebisingan mesin penggilingan padi.
- b. Mengukur tekanan darah pada pekerja penggilingan padi sebelum dan setelah memakai Alat Pelindung Telinga (*earplug*).
- c. Menganalisa perbedaan rata-rata tekanan darah pada pekerja penggilingan padi antara sebelum dan setelah pemakaian Alat Pelindung Telinga (*earplug*).

1.4 Manfaat

1.4.1 Manfaat ilmiah

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi mengenai :

- a. Besarnya perubahan tekanan darah pada pekerja penggilingan padi.
- b. Pengaruh pemakaian alat pelindung telinga terhadap perubahan tekanan darah pekerja penggilingan padi.

1.4.2 Manfaat praktis

- a. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan bukan saja untuk mencegah timbulnya penyakit kardiovaskuler diantara pekerja penggilingan padi tetapi juga untuk meningkatkan produktifitas pekerja penggilingan padi.
- b. Memberi informasi yang digunakan sebagai masukan untuk menyusun saran-saran dalam bidang hygiene lingkungan kerja guna mencegah timbulnya penyakit akibat kerja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian suara/bunyi

Suara atau bunyi adalah serangkaian gelombang yang merambat dari suatu sumber getar sebagai akibat perubahan kerapatan dan tekanan udara. Menurut ilmu fisika suara adalah suatu bentuk energi yang terjadi dari gerakan molekul-molekul benda padat, cair, gas dan udara yang terus menerus dan menurut pola tertentu sehingga menimbulkan suatu gelombang tekanan (Davis, 1978).

dan terjadinya kebisingan

Kebisingan adalah bunyi yang tidak dikehendaki karena tidak sesuai dengan konteks ruang dan waktu sehingga dapat menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan dan kesehatan manusia.

Bunyi yang menimbulkan kebisingan disebabkan oleh sumber yang bergetar. Getaran sumber suara ini mengganggu keseimbangan molekul-molekul udara di sekitarnya sehingga molekul-molekul udara ikut bergetar. Getaran sumber ini menyebabkan terjadinya gelombang rambatan energi mekanis dalam medium udara menurut pola rambatan longitudinal. Rambatan gelombang di udara ini dikenal sebagai suara atau bunyi.

Laju rambat gelombang suara di udara bergantung pada suhu udara sekitar. Pada suhu 20⁰C laju rambat suara sekitar 344 m/dt. Setiap kenaikan suhu

udara 1⁰C maka laju rambat suara di udara bertambah sekitar 0,61 m/detik (Dwi P. Sasongko, 2000). Suara merupakan besaran yang dapat dideteksi dan diukur. Sebagai suatu besaran fisik, suara dapat didengar oleh telinga manusia. medium udara tempat suara merambat harus memiliki massa dan sifat elastis sehingga suara tidak mungkin merambat dalam ruang hampa.

Suara yang merambat melalui medium udara berlangsung melalui pola mampatan-rengangan molekul-molekul udara yang dilalui. Gelombang yang merambat dengan pola ini disebut gelombang longitudinal. Banyaknya mampatan dan regangan yang terjadi dalam suatu interval waktu tertentu disebut frekuensi suara. Satuan frekuensi suara ini dinyatakan dalam hertz (Hz) jika satuan interval waktu kejadian dinyatakan dalam detik, secara subyektif dirasakan sebagai pola titinada. Banyak bising yang merupakan campuran banyak suara dengan berbagai frekuensi; jika frekuensi tinggi lebih dominant, kita menganggapnya sebagai bising dengan nada tinggi, dan sebaliknya.

Gelombang longitudinal bergerak dari sumber suara ke telinga manusia, dimana gelombang suara diubah polanya dalam impuls saraf disepanjang saraf pendengaran. Persepsi terhadap suatu suara adalah merupakan penggabungan dan penerjemahan impulse-impulse ini di dalam otak (auditory cortex).

Persepsi terhadap suara bukan merupakan satu-satunya hasil dari semua frekuensi yang masuk di otak. Hal ini sangat penting dalam kaitannya dengan reaksi orang terhadap bising, dimana sangat bervariasi dari individu satu ke individu lainnya. Bising yang bagi seseorang dianggap sebagai musik yang enak

didengar belum tentu berlaku untuk orang lain, sehingga Suma'mur (1996) menyatakan bunyi sebagai rangsangan-rangsangan pada telinga oleh getaran melalui media elastis dan manakala bunyi-bunyi tersebut tidak dikehendaki maka dinyatakan sebagai kebisingan.

2.2 Aspek fisik kebisingan

Semua benda baik gas, cair, padat yang bergetar dapat menjadi sumber suara. Suara yang timbul bila merangsang organ pendengaran, maka seseorang akan mendengar. Rambatan suara di udara menimbulkan gangguan terhadap kondisi keseimbangan tekanan udara. Besarnya gangguan ini dinyatakan dalam tekanan suara (sound pressure). Satuan tekanan suara ini dinyatakan dalam mikropascal (μ Pa). Suara yang paling lemah yang dapat ditangkap oleh telinga manusia sehat adalah sekitar 20 μ Pa. tekanan suara sebesar 20 μ Pa ini sedemikian rendahnya yang dapat menggetarkan membrane telinga bagian dalam sebesar/sama dengan diameter sebuah atom!. Tetapi telinga dapat juga menerima tekanan suara sampai lebih dari satu juta kali lebih tinggi. Rentang pendengaran mencakup setiap suara dari bisikan lembut sampai ledakan mesin jet. Respon telinga manusia terhadap tekanan suara memiliki jangkauan yang sangat lebar yaitu antara 2×10^{-5} Pa sampai 200 Pa. pada frekuensi 1000 Hz, tekanan suara terkecil yang masih dapat didengar oleh telinga manusia adalah sekitar 2×10^{-5} Pa (kondisi tekanan suara ini disebut ambang pendengaran) dan tekanan suara terbesar yang masih dapat didengar telinga manusia tanpa rasa sakit adalah sekitar

200 Pa (ambang rasa sakit). Satuan tekanan suara sebagai satuan tingkat kebisingan atau suara kurang praktis karena daerah pendengaran manusia memiliki jangkauan yang sangat lebar dan respon telinga manusia tidak linear terhadap tekanan suara tapi bersifat logaritmis. Berdasar hal ini maka satuan tekanan suara dinyatakan dalam decibel (dB).

Intensitas suara adalah salah satu parameter yang menggambarkan kerasnya suara atau banyaknya energi suara. Intensitas suara pada suatu titik yang dilalui oleh gelombang suara adalah harga rata-rata arus energi yang melalui satu satuan bidang yang tegak lurus pada arah penjalaran gelombang suara dengan satuan watt/m² (Burn, 1973).

Intensitas mempunyai rentangan harga mutlak yang sangat luas, maka untuk menyederhanakan dinyatakan dalam skala logaritmis sehingga akan diperoleh tingkat intensitas suara (sound intensity level). Yang dimaksud dengan tingkat intensitas suara adalah logaritma rasio antara intensitas suara yang diukur dengan intensitas referensi, satuannya dB dengan rumus sebagai berikut:

$$L_i = 10 \log (I/I_0)$$

L_i : tingkat intensitas suara (dB)

I : Intensitas suara yang diukur (W/m²)

I_0 : intensitas suara acuan (10⁻¹² W/m²)

Faktor kenyaringan (loudness) sangat penting dalam kaitannya dengan pengaruh kebisingan terhadap manusia. loudness tidak hanya tergantung pada tekanan suara tapi juga pada frekuensi suara. Frekuensi suara adalah jumlah

pemampatan dan peregangan gelombang suara yang terjadi dalam waktu 1 detik. Tingginya nada suara yang dapat diterima telinga ditentukan oleh frekuensi suara. Tidak semua nada suara dapat didengar oleh karena telinga hanya sensitif terhadap gelombang suara dengan frekuensi antara 16-20.000 Hz.

Berdasar pada frekuensi, bunyi dibedakan dalam 3 daerah frekuensi, yaitu:

1. Daerah *infrasonic* (0-16 Hz). Biasanya ditimbulkan oleh getaran bangunan/mobil. Frekuensi < 16 Hz akan menyebabkan kurang nyaman, kelesuan dan dapat menimbulkan perubahan pada hasil kerja. Bila mengenai tubuh akan menyebabkan resonansi dan terasa sakit pada beberapa bagian tubuh.
2. Daerah *sonic* (16-20.000 Hz). Daerah frekuensi yang dapat didengar telinga manusia dan pada daerah ini telinga manusia mempunyai kepekaan yang sangat baik yaitu pada batas frekuensi 1000-4000 Hz. Untuk mencapai nilai ambang pendengaran pada daerah frekuensi ini, suara hanya memerlukan energi relatif kecil.
3. Daerah *ultrasonic* (diatas 20.000 Hz). Bunyi tersebut mempunyai frekuensi diatas frekuensi ambang batas dengar manusia. frekuensi ini dalam bidang kedokteran dapat digunakan untuk mengobati, penghancuran batu ginjal dan diagnosis. Hal ini disebabkan oleh karena frekuensi yang tinggi yang mempunyai daya tembus jaringan yang besar.

Untuk mengukur intensitas dan frekuensi suara biasanya alat yang digunakan adalah sound level meter yang dilengkapi electric filter. Pada sound

level meter suara diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian diperkuat dan diukur dengan meter kemudian dikalibrasi sedemikian rupa sehingga hasilnya langsung berupa tingkat tekanan suara dalam satuan dB. Pada pengukuran dengan alat ini dapat digunakan skala A, B, C yang mempunyai respon yang berbeda-beda terhadap suatu suara pada berbagai frekuensi. Skala A mempunyai respon yang paling banyak digunakan. Selanjutnya untuk memperoleh harga intensitas suara dapat dikonversikan dari tingkat tekanan suara yang dihasilkan pada pengukuran diatas.

Skala A untuk mengukur tingkat tekanan suara di bawah 65 dB, skala B untuk mengukur tingkat tekanan suara 65-85 dB dan skala C untuk mengukur tingkat tekanan suara diatas 85 dB (Lipscomb, 1978).

2.3 Jenis bising

Terdapat 2 jenis bising yaitu steady dan non steady. Bising yang steady adalah bising yang terus menerus dan intensitasnya relatif tetap untuk periode waktu yang panjang (Lipscomb, 1978). Bising non steady dibedakan menjadi bising fluktuasi, intermittent dan impulsif. Bising fluktuasi bersifat terus menerus tapi intensitasnya naik turun secara cepat atau lambat sepanjang periode observasi (Lipscomb, 1978). Bising jenis ini adalah yang paling sering dijumpai dalam industri. Bising intermittent adalah bentuk khusus bising yang terus menerus yang intensitasnya pada periode tertentu turun begitu rendah sampai tidak terukur/ pada keadaan yang tidak membahayakan antara periode-periode dengan amplitudo

yang tinggi (lipscomb, 1978). Bising impulsif umumnya hanya berlangsung kurang dari 1 detik. Dapat terjadi sebagai bising yang bertelinga sentelinga dalam lingkungan yang sunyi atau dengan latar belakang yang kontinue.

Tabel berikut adalah contoh-contoh dari jenis bising

Tabel 2.1. Jenis-jenis kebisingan

Jenis bising	Contoh
steady	bising ruang tenun, suara air terjun, bising kapal, pesawat, turbin
fluktuasi	bising lalu lintas, lapangan terbang, radio, TV
intermittent	gergaji mesin
impulsif	suara tembakan, palu, ledakan

Sumber : Lipscomb, 1978

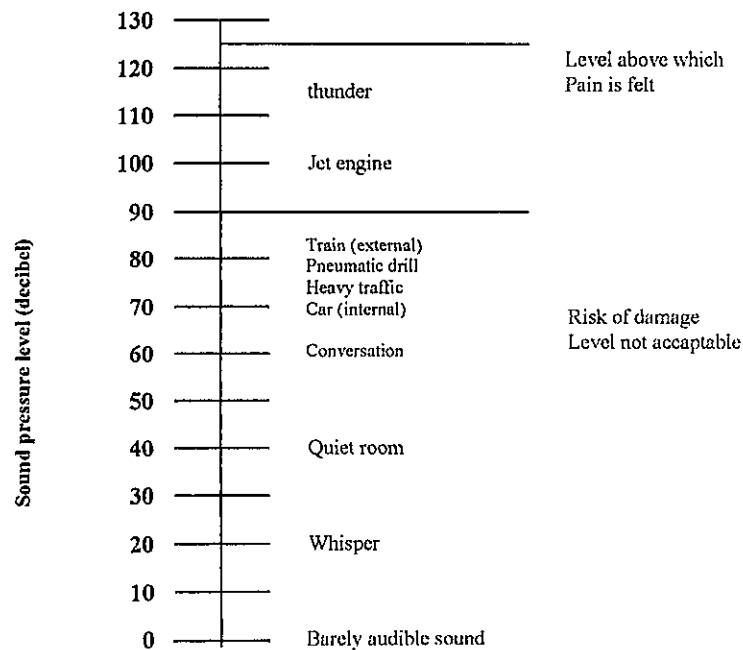
2.4 Pengaruh kebisingan

Berdasar pengaruhnya terhadap manusia, bunyi dibagi menjadi 3, yaitu:

- a. Bising yang mengganggu (*irritating noise*) adalah bunyi yang intensitasnya tidak keras
- b. Bising yang menutupi (*masking noise*) adalah bunyi yang menutupi pendengaran yang secara tidak langsung bunyi ini akan membahayakan bagi keelamatan dan kesehatan tenaga kerja karena teriakan/isyarat tanda bahaya akan tenggelam dalam kebisingan .
- c. Bising yang merusak (*damaging noise*), merupakan bunyi yang intensitasnya melebihi NAB

Pengaruh kebisingan terhadap manusia tergantung pada karakteristik fisis, waktu berlangsung dan waktu kejadiannya. Pengaruh tersebut berbentuk

gangguan yang dapat menurunkan kesehatan, kenyamanan dan rasa aman manusia. Pada gambar berikut terlihat bahwa gangguan sudah terjadi pada batas 80 dBA



Gambar 2.1. Gangguan kebisingan yang muncul berdasar sumber dan intensitasnya

Beberapa bentuk gangguan yang diakibatkan oleh kebisingan adalah sebagai berikut:

a. Gangguan pendengaran

Pendengaran manusia merupakan salah satu indera yang berhubungan dengan komunikasi audio/suara. Alat pendengaran yang berbentuk telinga berfungsi sebagai fonoreseptor yang mampu merespon suara pada kisaran antara 0-140 dB tanpa menimbulkan rasa sakit.

Pengaruh bising pada fungsi pendengaran adalah dengan timbulnya trauma bising (*noise induced hearing loss*) dan trauma akustik. Faktor-faktor baik pada individu maupun sifat bising yang dapat menimbulkan trauma bising adalah :

1. Kerentanan individu
2. Lamanya telinga terpajan bising dalam sehari
3. Intensitas bising
4. Spectrum frekuensi bising baik kepadatan maupun luasnya
5. Sifat bising yang terdiri dari bising *steady*, *impuls* atau campuran
6. Keberadaan bising sebagai bising berbahaya dalam sehari

Sampai saat ini patogenesis trauma bising masih menganut 2 paham pakar trauma bising yaitu Gravendel, Plomp (1960) yang mengutarakan bahwa trauma bising terjadi akibat akumulasi tahap demi tahap mikrotrauma mekanik serta Vosteen (1958), Misrahy et al (1958) yang menyatakan bahwa trauma bising ditimbulkan oleh pengaruh sedikit demi sedikit perubahan biokimia berupa akumulasi proses kelelahan pada metabolisme taraf sitokimia dan enzimatik. Pendapat kedua ini diperkuat oleh Korde (1960) bahwa penghantaran suara mulai dari skala media sampai nervus cochlearis memerlukan energi yang dihasilkan oleh proses metabolisme intarseluler ; semakin keras bising semakin banyak energi yang diperlukan atau dengan kata lain semakin banyak oksigen dan glukosa yang dibutuhkan. Carpenter (1967), Drettner (1967), Jansen (1964), Johnson (1977) membuktikan bahwa terjadi aktivasi saraf simpatis pada hewan percobaan yang terpajan bising cukup keras dalam waktu yang lama seperti

angiospastik pembuluh darah, kenaikan tekanan darah. Dua proses tersebut diatas saling bekerja sama memberi dampak negative pada sel sensorik bersilia dalam cochlea.

Truma akustik dapat terjadi karena makrotrauma yang menimbulkan gegar *labyrinth*. Kerusakan pada trauma akustik organ telinga berupa *sensori neural hearing lost* atau *mixed deafness* oleh karena bising keras (letusan) sekali atau beberapa kali. Secara histologis kejadian diatas dapat diutarakan seperti berikut : kerusakan cochlea berupa robekan pada sel penunjang, terkoyaknya sel-sel sensorik bersilia dalam dan luar, terlepasnya lamina basilaris dari dasarnya atau campuran dari keadaan diatas. Bising yang sangat keras dapat mengakibatkan *dislokasi oscicula auditiva* dan robekan membrane *tympany* (ILO, 1991; Niemeyer, 1967; Osgusthorpe, 1988)

Kehilangan fungsi pendengaran tidak hanya disebabkan oleh paparan bising tapi juga dapat disebabkan oleh beberapa keadaan berikut :

1. Adanya sumbatan pada saluran telinga oleh karena akumulasi kotoran telinga
2. Infeksi, dapat membuat bengkaknya saluran telinga
3. Alergi, respon alergi terhadap beberapa *agents* menyebabkan bunyi mendenging di telinga
4. Kerusakan otak, kerusakan pada bagian *auditory* dapat menyebabkan ketulian
5. Umur, keakuratan pendengaran menurun sejalan bertambahnya usia.

Sensitivitas pendengaran manusia yang dikaitkan dengan suara paling lemah yang masih dapat didengar disebut ambang pendengaran sedangkan suara paling tinggi yang masih dapat didengar tanpa menimbulkan rasa sakit disebut ambang rasa sakit. Kerusakan pendengaran (dalam bentuk ketulian) merupakan penurunan sensitivitas yang berlangsung secara terus menerus. Tindakan pencegahan terhadap ketulian akibat kebisingan memerlukan kriteria yang berhubungan dengan tingkat kebisingan maksimum dan lamanya kebisingan yang diterima.

Tabel berikut adalah kriteria yang dikeluarkan oleh Menteri tenaga kerja Republik Indonesia No 51 tahun 1999

Tabel 2.2. Nilai Ambang batas kebisingan

No	Lama kebisingan yang diperbolehkan per hari (jam)	Tingkat kebisingan (dBA)
1.	8	85
2.	4	88
3.	2	91
4.	1	94
5.	30 menit	97
6.	15 menit	100
7.	7,5	103
8.	3,75 menit	106
9.	1,88 menit	109

Sumber : Kepmenaker, 1999

b. Gangguan percakapan

Kebisingan bisa mengganggu percakapan sehingga mempengaruhi komunikasi yang sedang berlangsung (tatap muka/via telepon). Tingkat kenyaringan suara yang dapat mengganggu percakapan perlu diperhatikan secara seksama karena suara yang mengganggu percakapan sangat bergantung kepada konteks suasana.

Kriteria gangguan percakapan yang terjadi di dalam ruangan disajikan pada tabel berikut

Tabel 2.3. Kriteria gangguan percakapan di dalam ruangan

No	Jenis ruangan untuk keperluan	Tingkat kebisingan (dBA)
1	Pertunjukan musik, opera	21-30
2	Auditorium besar, pertunjukan drama (kondisi mendengar yang baik)	≤ 30
3	Studio rekaman, TV, broadcast	≤ 34
4	Auditorium kecil, konferensi	≤ 42
5	Rumah sakit, kamar tidur, pemukiman, apartemen, hotel	34-47
6	Kantor, rapat, kuliah, perpustakaan	38-47
7	Ruang tamu dan sejenisnya untuk percakapan atau mendengarkan TV/radio	38-47
8	Toko, kafeteria, restoran	42-52
9	Lobi, laboratorium, ruang gambar teknik	47-56
10	Ruang reparasi, dapur, penatu	52-61
11.	Bengkel, ruang kontrol pembangkit	56-66

Sumber :Dwi P.Sasongko, 2000

c. Gangguan tidur

Kualitas tidur seseorang dapat dibagi menjadi beberapa tahap mulai dari keadaan terjaga sampai tidur lelap. Kebisingan bisa menyebabkan gangguan dalam bentuk perubahan tahap tidur. Gangguan yang terjadi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain motivasi bangun, kenyaringan, lama kebisingan, fluktuasi kebisingan dan umur manusia. standart kebisingan yang berhubungan dengan gangguan sulit ditetapkan karena selain tergantung faktor-faktor tersebut diatas, gangguan kebisingan terhadap tidur juga berhubungan dengan karakteristik individual.

Environmental Protection Agency menetapkan secara tentatif bahwa tingkat kebisingan harian rerata 45 dBA cukup untuk melindungi seseorang dari pengaruh kesehatan karena tidak bisa tidur.

d. Gangguan psikologis

Kebisingan bisa menimbulkan gangguan psikologis seperti kejengkelan, kecemasan dan ketakutan. Gangguan psikologis akibat kebisingan tergantung pada intensitas, frekuensi, periode, saat dan lama kejadian, kompleksitas spektrum/kegaduhan dan ketidakteraturan kebisingan. faktor-faktor tersebut digabungkan dalam suatu skala kebisingan yang disebut *perceived niseness level* (PNL) dan dinyatakan dalam satuan PN dB.

e. Gangguan produktifitas kerja

Kebisingan dapat menimbulkan gangguan terhadap pekerjaan yang sedang dilakukan seseorang melalui gangguan psikologis dan gangguan konsentrasi

sehingga menurunkan produktivitas kerja. Gangguan ini sulit dinyatakan secara kuantitatif karena sulit untuk menentukan kriterianya.

f. Gangguan kesehatan

Kebisingan berpotensi untuk mengganggu kesehatan manusia apabila manusia terpapar tingkat suara dalam suatu periode yang lama dan terus menerus. Tingkat suara 75 dB untuk 8 jam per hari jika hanya terpapar satu hari saja pengaruhnya tidak signifikan terhadap kesehatan, tetapi apabila berlangsung setiap hari terus menerus maka suatu saat akan melewati suatu batas dimana paparan kebisingan tersebut akan menyebabkan hilangnya pendengaran seseorang.

Untuk beberapa kasus paparan kebisingan, dampaknya terhadap kesehatan lebih banyak bersifat individual dan tidak bisa disamakan untuk sekelompok populasi manusia sehingga hal ini diperlukan suatu fungsi pembobotan yang dipilih untuk menentukan risiko dampak kebisingan terhadap sekelompok populasi manusia. fungsi ini disebut fungsi pembobotan proteksi pendengaran. Risiko dampak kebisingan terhadap ketulian bervariasi terhadap musim, iklim, kondisi lingkungan dan usia anggota populasi.

Selain gangguan terhadap sistem pendengaran, kebisingan juga dapat menimbulkan gangguan terhadap mental emosional serta sistem jantung dan peredaran darah. Gangguan mental emosional berupa terganggunya kenyamanan hidup, mudah marah dan menjadi lebih peka atau mudah tersinggung.

Melalui mekanisme hormonal yaitu diproduksinya hormon adrenalin, dapat meningkatkan frekuensi detak jantung dan tekanan darah. Kejadian ini termasuk gangguan kardiovaskuler.

2.5 Pengendalian Kebisingan

Upaya pengendalian kebisingan dilakukan melalui pengurangan dan pengendalian tingkat kebisingan sumber, pelemahan intensitas dengan memperhatikan faktor alamiah (jarak, sifat media, mekanisme rambatan dan vegetasi) serta upaya rekayasa (reduksi atau isolasi getaran sumber, pemasangan penghalang, desain struktur dan pemilihan bahan peredam). Secara umum teknik pengendalian kebisingan terbagi menjadi 3 aspek (Dwi P.Sasongko, 2000) yaitu pengendalian kebisingan pada sumber kebisingan, pengendalian kebisingan pada medium propagasi dan pengendalian kebisingan pada manusia (receiver).

a) Pengendalian pada sumber

Pengendalian kebisingan pada sumber mencakup:

- 1) Perlindungan pada peralatan, struktur dan pekerja dari dampak bising.
- 2) Pembatasan tingkat bising yang boleh dipancarkan sumber.

Dalam banyak kasus, pengendalian kebisingan pada sumber relative lebih efisien dan praktis dibandingkan pengendalian pada lintasan dan penerima.

Reduksi kebisingan pada sumber biasanya memerlukan modifikasi atau reduksi gaya-gaya penyebab getaran sebagai sumber kebisingan dan mereduksi gerakan komponen peralatan. Upaya pengendalian kebisingan pada

sumber kebisingan dilakukan untuk mereduksi tingkat kebisingan yang dapat dilakukan antara lain dengan memasang selubung akustik dari bahan peredam getaran. Bahan yang dipergunakan sebagai peredam memiliki sifat menyerap intensitas kebisingan sehingga intensitasnya akan berkurang.

b) Pengendalian pada media rambatan

Pengendalian kebisingan pada lintasan adalah pengendalian diantara sumber dan penerima kebisingan. Prinsip pengendaliannya adalah dengan melemahkan intensitas kebisingan yang merambat dari sumber ke penerima dengan cara membuat hambatan-hambatan.

1) *Outdoor noise control*

Pengendalian kebisingan di luar sumber suara adalah mengusahakan menghambat rambatan suara di luar ruangan sedemikian rupa sehingga intensitas suaranya menjadi lemah.

2) *Indoor noise control*

Pengendalian di dalam ruang sumber suara adalah usaha menghambat rambatan suara/kebisingan di dalam ruangan atau gedung sehingga intensitas suara menjadi lemah. Karena gelombang suara merambat ke segala arah maka apabila pada arah rambatan terdapat halangan, sebagian suara akan dipantulkan, sebagian lagi akan diserap dan sebagian lagi akan diteruskan. Besarnya intensitas suara yang dipantulkan, diserap dan diteruskan tergantung pada sifat-sifat serapan bahan, ukuran bahan dan

panjang gelombang suara. Tebal bahan harus lebih besar dari panjang gelombang suara supaya aspek serapannya signifikan.

c) Pengendalian kebisingan pada manusia

Selain menggunakan metode pengendalian kebisingan pada sumber dan pada medium propagasi, maka pengendalian kebisingan pada manusia juga dilakukan untuk mereduksi tingkat kebisingan yang diterima harian. Metode ini biasanya disebut sebagai personal hearing protection. Pengendalian kebisingan ini terutama ditujukan bagi mereka yang dalam hariannya menerima kebisingan, seperti pekerja pabrik atau mereka yang bertempat tinggal di dekat jalan raya yang ramai. Karena daerah utama kerusakan akibat kebisingan pada manusia adalah pendengaran maka metode pengendaliannya dengan memanfaatkan alat Bantu yang bias mereduksi tingkat kebisingan yang masuk ke telinga bagian luar dan bagian tengah, sebelum masuk ke telinga bagian dalam.

Pada umumnya tingkat kebisingan yang diperkenankan sampai pada penerima sudah tertentu. Cara yang biasa dipergunakan untuk pengendalian kebisingan pada penerima adalah:

- 1) Pengendalian secara teknik, yang pengendaliannya dapat pada sumber maupun lintasan.
- 2) Pengendalian secara administrative yaitu berupa criteria atau baku tingkat kebisingan untuk tindakan pencegahan yang menetapkan tingkat kebisingan maksimum yang diperbolehkan dan lamanya kebisingan yang

boleh diterima dalam kaitannya dengan perlindungan pendengaran. Pengendalian administrative mempunyai tujuan untuk mengendalikan tingkat dan lama kebisingan yang diterima oleh pekerja dengan mengatur pola kerja sesuai lingkungannya.

Apabila pengendalian secara teknis dan administrative belum dapat mereduksi tingkat dan lama kebisingan yang diterima maka digunakan alat pelindung kebisingan yaitu earplug atau earmuff.

Kebisingan dapat ditransmisikan melalui telinga bagian luar yang terlindungi secara langsung melalui alat pelindung, yaitu melewati suatu alat yang dapat mengubah tekanan suara yang mengenainya menjadi getaran. Akibatnya transmisi bunyi ke telinga bagian tengah dan bagian dalam mengalami pelemahan pada semua frekuensi. Pelemahan maksimum yang diharapkan adalah ± 55 dB. Faktor yang mempengaruhi pelemahan adalah tipe pelindung telinga (ear muff atau ear plug) yang meliputi mutu bahan yang digunakan untuk membuat pelindung telinga dan desain atau komponen frekuensi kebisingan yang ada pada pelindung telinga.

Untuk memperoleh pelindung telinga yang memadai terhadap system auditory dan gangguan kebisingan, perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1. Harga pelindung telinga
2. Daya tahan
3. Kenyamanan

4. Kemudahan dalam penggunaan (d disesuaikan dengan kondisi pengguna)
5. Pembersihan dan penyimpanan
6. Penampilan
7. Kemudahan dalam penggantian spare part

Biasanya ear muff atau ear plug ini terbuat dari bahan yang tidak mudah tergores, tidak beracun atau tidak mudah menguap serta memiliki pengerutan, pengerasan atau retakan yang minimum. Beberapa peralatan pelindung telinga jenis ear muff dan ear plug disajikan pada bagian berikut.

A. *Ear muff*

Ear muff adalah kubah plastik yang menyelimuti telinga dan dihubungkan dengan pita pegas. Pita pegas tersebut dapat disesuaikan dengan bervariasi bentuk, ukuran kepala dan posisi telinga serta mampu memberikan ketegangan antara kepala dan kubah sehingga tetap terjaga kerapatannya. Kubah plastik ini dilengkapi dengan *open-cell* busa yang bermanfaat untuk menyerap dan meredam bunyi serta dilekatkan pada suatu bantalan yang berhubungan dengan kepala. Didalam bantalan ini berisi udara atau fluida lainnya yang dapat memberikan kenyamanan jika melakukan kontak dengan bentuk-bentuk yang tidak teratur (seperti cacat muka atau bekas operasi). Dimensi lubang kubah juga harus cukup besar supaya dapat melingkupi seluruh telinga bagian luar.

Beberapa keuntungan dan kelemahan dari *earmuff* adalah :

Keuntungannya :

1. Mempunyai daya pelemahan yang paling bagus.
2. Lebih mudah dipakai
3. Lebih mudah dimonitor
4. Biasanya berumur panjang karena dapat dilakukan penggantian spare part.
5. Dapat digunakan untuk telinga yang cacat.
6. Sangat baik untuk dipakai secara insidental (untuk personil yang sering berkunjung atau melewati daerah kebisingan)

Kekurangannya :

1. Harganya mahal
2. Membutuhkan tekanan yang ketat ke kepala sehingga kadang-kadang mengurangi kenyamanan bagi orang tertentu.
3. Agak berat dan panas
4. Tidak efektif dipakai untuk orang yang berkacamata atau bertopi keras
5. Dapat menyebabkan radang atau infeksi kulit jika bantalan yang kontak dengan kulit tidak dibersihkan secara memadai
6. Lebih sulit disimpan (dimensinya lebih besar dibanding earplug)
7. Kemampuan pelemahan suara menjadi berkurang jika bantalan menjadi keras atau retak, kehilangan fluida (menjadi kempis) dan ketegangan pita mengendor

B. *Ear plug*

Earplug adalah jenis pelindung telinga yang dipasang secara langsung ke kanal atau saluran telinga. *Earplug* mempunyai bermacam konfigurasi dan terbuat dari karet, plastik atau *cotton*. Tepat atau tidaknya pemasangan tergantung pada kemampuan membuat kontak sepanjang seluruh luasan dinding saluran telinga dan ini membutuhkan tekanan keluar yang dilakukan alat terhadap dinding saluran. *Earplug* mempunyai beberapa konfigurasi :

1. *Pre-molded*

a. *Pre-molded (sized)*

Ada dua tipe *pre-molded sized* yaitu V51-R dan satunya dengan desain berbentuk peluru yang halus. Konfigurasi V51-R biasanya mempunyai lima ukuran yaitu: extra small, small, medium, large, dan extra large sedangkan konfigurasi berbentuk peluru mempunyai ukuran *small, medium dan large*.

b. *Pre-molded (universal)*

Jenis ini dibuat dengan dua atau lebih *flange* untuk menyesuaikan berbagai macam ukuran saluran telinga.

Keuntungan jenis ini:

- 1) Lebih murah dibanding tipe lainnya
- 2) Lebih ringan untuk dipakai, dibawa atau disimpan
- 3) Tidak berinterferensi dengan pemakaian kacamata atau topi

- 4) Baik dipakai di daerah atau ruang kerja yang panas
- 5) Tersedia untuk beberapa bentuk dan ukuran
- 6) Mudah dibersihkan

Kekurangannya adalah :

- 1) Memerlukan tekanan yang ketat pada saluran telinga, sehingga mengurangi kenyamanan
- 2) Cepat mengeras atau mengkerut jika tidak diganti atau dilepas pada interval tertentu
- 3) Dapat merangsang batuk pada saat pemakaian

2. *Superaural (canal caps)*

Pelemahan bunyi dengan jenis *canal caps* (penutup saluran) ini dapat diperoleh dengan cara menutup lubang luar pada saluran telinga. Penutup yang terbuat dari karet ini dijepit oleh pita pegas kepala. Pemakai harus diajari cara menempatkan penutup secara tepat dan cara mempertahankan ketegangan pita kepala

2.5 Tekanan Darah

Menurut Guyton (1982) tekanan darah adalah tenaga yang digunakan oleh darah terhadap setiap satuan daerah dinding pembuluh tersebut. Bila orang menyatakan bahwa tekanan darah suatu pembuluh adalah 50 mmHg, ini berarti bahwa tenaga yang digunakan tersebut akan cukup untuk mendorong suatu kolom air raksa ke atas setinggi 50 mm. Tekanan darah hampir selalu diukur dalam

milimeter air raksa. Tekanan darah normal orang dewasa sangat bervariasi tergantung dari fungsi-fungsi yang mempengaruhinya.

Tekanan darah dibedakan dua, yaitu tekanan sistolik (95-140 mmHg) dan tekanan distolik (60-95 mmHg). Tekanan sistolik menyatakan puncak tekanan yang dicapai selama jantung menguncup sedang tekanan diastolik menyatakan tekanan terendah selama jantung mengembang (Ganong, 1983).

Pengaruh umur pada tekanan darah sistolik, diastolik dan tekanan nadi menurut Morehouse & miller (1976) dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 2.4. Pengaruh umur pada tekanan darah

Umur	Sistolik	Diastolik	Nadi
6 bln laki-laki	89	60	29
6 bln perempuan	93	62	31
4 th laki-laki	100	67	33
4 th perempuan	100	64	36
10 th	103	70	33
15	113	75	38
20	120	80	40
25	122	81	41
30	123	82	41
35	124	83	41
40	126	84	42
45	128	85	43
50	130	86	44
55	132	87	45
60	135	89	46

Sumber: (Morehouse & Miller, 1976)

2.6 Kenaikan tekanan darah

Dalam ilmu faal, kenaikan tekanan darah dapat terjadi:

1. Bila terdapat kenaikan jumlah volume darah secara akut sehingga mengakibatkan naiknya isi curah jantung semenit dan aliran akan meningkatkan tekanan darah sistemik, tetapi biasanya efek ini akan diimbangi oleh refleks yang menurunkan tonus syaraf simpatis dan meningkatkan tonus syaraf parasimpatis melalui reseptor volume dan reseptor tekanan sehingga terjadi bradikardi.
2. Kalau terjadi rangsangan mental melalui apa yang disebut reaksi siaga. Disini terjadi kenaikan tekanan darah akibat naiknya isi curah jantung semenit tapi tanpa kenaikan volume darah. Pada reaksi siaga ini tonus syaraf simpatis naik, yaitu yang menuju jantung, vasa kapasitans (vena-vena), vasa resistans (kecuali otot-otot skelet, miokardium dan otak). Vasodilatasi syaraf di otot-otot ini demikian besarnya sehingga sering menurunkan tahanan perifer total. Tetapi tidak jarang keadaan ini diimbangi oleh autoregulatory escape lokal yang mengembalikan resistans tersebut pada tingkat semula. Disini terjadi takikardi karena naiknya tonus syaraf simpatis secara sentral (Djoyo Sugito, 1982).

Terjadinya vasokonstriksi otot vasa dapat terjadi karena terdapatnya renin, yaitu suatu enzim yang dihasilkan aparatus juxta glomerularis, dimana produksi dan sekresinya antara lain dipicu oleh naiknya tonus syaraf simpatis ke ginjal melalui reseptor beta adrenalin. Renin ini akan mengubah

angiotensinogen menjadi angiotensin I. angiotensin I yang tidak aktif ini dirubah oleh suatu converting enzyme menjadi angiotensin II yang aktif.

Khasiat angiotensin II adalah:

- a. Vasokonstriksi dengan langsung berpengaruh pada otot polos vasa.
- b. Vasokonstriksi dengan memacu neuron-neuron vasokonstriktor di susunan saraf pusat.
- c. Memacu sekresi aldosteron yang mengakibatkan retensi Na dan air serta ekskresi kalium.

Aldosteron melalui pengaruhnya pada ginjal dapat meningkatkan tekanan darah karena terjadi retensi Na. Sekresi aldosteron dapat dipacu oleh ACTH, K^+ dan terutama angiotensin II (Djoyo Sugito, 1984). Jadi terlihat bahwa faktor psikososial/stress dapat memacu sistem RAA (renin angiotensin aldosteron) sehingga kenaikan tekanan darah dapat dikategorikan sebagai gangguan psikosomatik.

Menurut WHO (1978), batas tekanan darah yang dianggap normal adalah 140/90 mmHg dan tekanan darah sama atau di atas 160/95 mmHg dinyatakan sebagai hipertensi. Batasan tersebut tidak membedakan usia dan jenis kelamin sedangkan batasan hipertensi yang memperhatikan perbedaan usia dan jenis kelamin diajukan oleh Kaplan (1985) sebagai berikut : pria yang berusia < 45 tahun dinyatakan hipertensi jika tekanan darahnya 130/90 mmHg atau lebih sedangkan yang berusia > 45 tahun dinyatakan hipertensi jika tekanan

darahnya 145/95 mmHg atau lebih. Wanita yang mempunyai tekanan darah 160/95 mmHg atau lebih dinyatakan hipertensi.

The sixth report of the joint national committee on prevention, detection, evaluation and treatment of high blood pressure (1997) mengklasifikasikan tekanan darah yang ditampilkan dalam tabel berikut

Tabel 2.5. Klasifikasi tekanan darah untuk yang berumur 18 tahun atau lebih

Katagori	Sistolik (mmHg)	Diastolik (mmHg)
Optimal	< 120	< 80
Normal	< 130	< 85
Normal tinggi	130 - 139	85 - 89
Hipertensi	d	
Derajad 1	140 -159	90 - 99
Derajad 2	160 - 179	100 - 109
Derajad 3	> 180	> 110

Sumber : Joint National Committee on Detection, Evaluation & Treatment of High Blood Pressure (JNC V)

2.7. Tekanan arteri rata-rata

Tekanan arteri berfluktuasi dalam kaitannya dengan sistol dan diastole ventrikel. Selama sistol ventrikel, volume sekuncup darah masuk arteri dari ventrikel, sementara hanya sekitar sepertiga darah dari jumlah tersebut yang meninggalkan arteri untuk masuk ke arteriol-arteriol. Selama diastole, tidak ada darah yang masuk ke dalam arteri-arteri, sementara darah terus meninggalkan mereka, terdorong oleh recoil elastic. Tekanan maksimum yang ditimbulkan di arteri sewaktu darah disemprotkan masuk ke dalam arteri selama systole, atau

tekanan sistolik, rata-rata adalah 120 mmHg. Tekanan minimum di dalam arteri sewaktu darah mengalir ke luar ke pembuluh di hilir selama diastole, yakni tekanan diastolik, rata-rata 80 mmHg. Tekanan arteri tidak turun menjadi 0 mmHg karena timbul kontraksi jantung berikutnya dan mengisi kembali arteri sebelum semua darah keluar.

Tekanan arteri rata-rata adalah gaya pendorong utama agar darah mengalir melalui system sirkulasi sistemik. Tekanan arteri rata-rata bukan terletak di tengah-tengah antara tekanan sistolik dan diastolik, karena tekanan arteri tetap lebih dekat ke tekanan diastole daripada ke tekanan sistol untuk jangka yang lebih lama pada setiap siklus jantung. Pada kecepatan denyut jantung istirahat, sekitar dua pertiga siklus jantung dipakai dalam diastole dan hanya sepertiga dalam sistol dengan demikian perkiraan tekanan arteri rata-rata dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut:

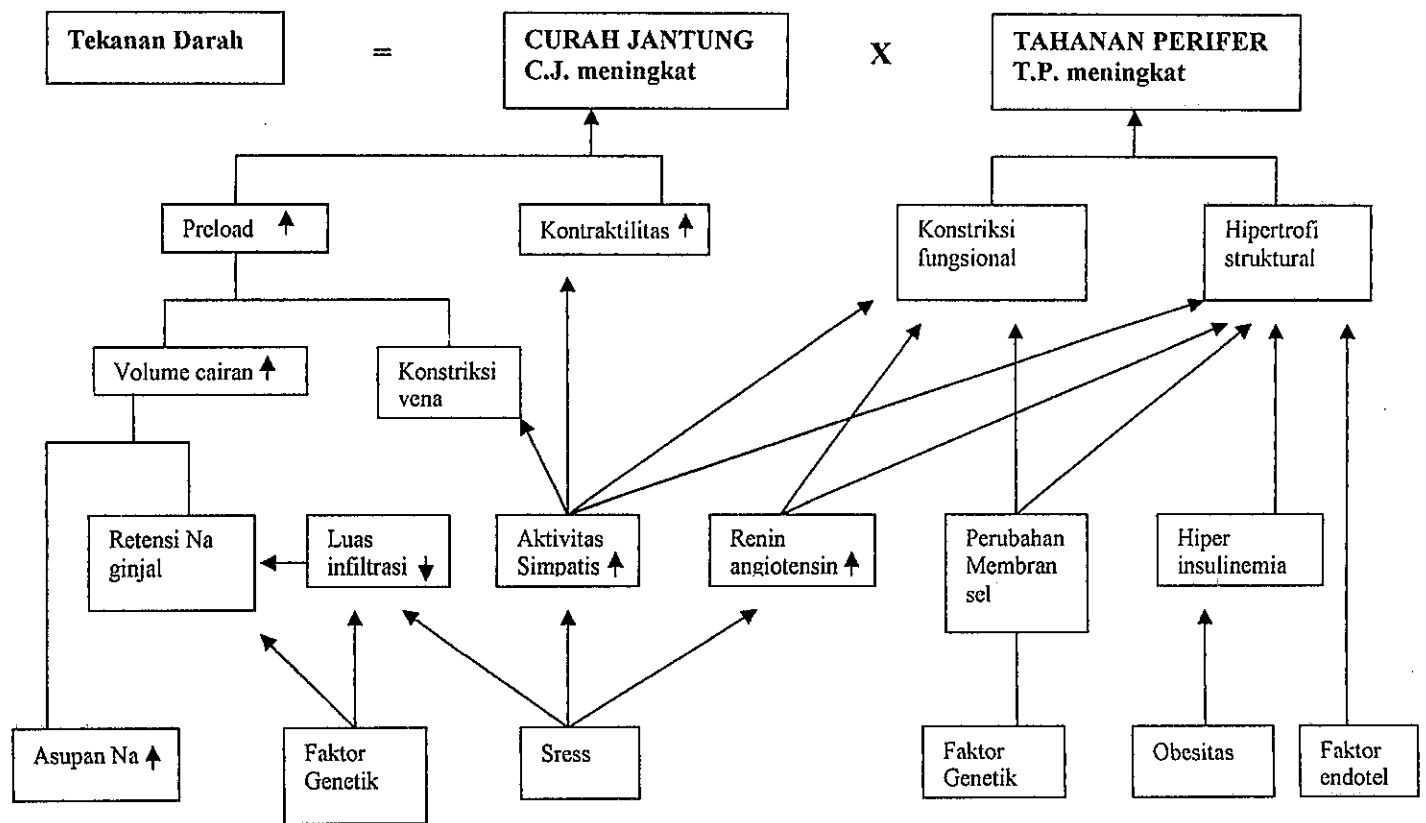
Tekanan arteri rata-rata = tekanan diastolik + (1/3 tekanan sistolik)

Pada 120/80, tekanan arteri rata-rata = 80 mmHg + (1/3 120 mmHg) = 93 mmHg

Tekanan arteri rata-rata inilah yang selanjutnya diatur oleh refleks-refleks tekanan darah.

2.8 Faktor yang berpengaruh terhadap tingginya tekanan darah

Tekanan darah dipengaruhi oleh curah jantung dan tahanan perifer. Berbagai faktor yang mempengaruhi curah jantung dan tahanan perifer akan mempengaruhi tekanan darah seperti terlihat dalam gambar 1 berikut.



Gambar 2.3. Faktor yang berpengaruh terhadap tingginya tekanan darah

A. Asupan Natrium yang tinggi

Garam merupakan faktor yang sangat penting dalam patogenesis tekanan darah tinggi. Tekanan darah tinggi hampir tidak pernah ditemukan pada suku bangsa dengan asupan garam yang minimal. Di kalangan orang Eskimo yang sangat sedikit makan garam, sangat jarang terjadi penyakit tekanan darah tinggi dan serangan jantung. Sebaliknya di kalangan orang Jepang, jumlah orang yang mengidap kedua jenis penyakit ini tinggi. Asupan garam kurang dari tiga gram tiap hari menyebabkan prevalensi tekanan darah tinggi yang rendah sedangkan

jika asupan garam antara 5-15 gram per hari prevalensi tekanan darah tinggi meningkat menjadi 15-20 %. Pengaruh asupan garam terhadap timbulnya hipertensi terjadi melalui peningkatan volume plasma, curah jantung dan tekanan darah.

Percobaan-percobaan dengan binatang memperlihatkan bahwa garam memang dapat meningkatkan tekanan darah.

B. Faktor genetik

Peran faktor genetik terhadap hipertensi dibuktikan dengan berbagai fakta yang dijumpai. Adanya bukti bahwa kejadian hipertensi lebih banyak dijumpai pada pasien kembar monozigot daripada heterozigot, jika salah satu di antaranya menderita hipertensi, menyokong pendapat bahwa faktor genetik mempunyai pengaruh terhadap timbulnya hipertensi. Percobaan binatang memberikan banyak bukti tambahan tentang peran faktor genetik ini. Tikus golongan *Japanese spontaneously hypertensive rat (SHR)*, *New Zealand genetically hypertensive rat (GH)*, *Dahl salt sensitive (S)* dan *Salt resistant (R)* dan *Milan hypertensive rat strain (MHS)* menunjukkan bukti tersebut. Dua turunan tikus yang disebutkan pertama mempunyai faktor neurogenik yang secara genetik diturunkan sebagai faktor penting pada timbulnya hipertensi, sedangkan dua turunan yang lain menunjukkan faktor kepekaan terhadap garam yang juga diturunkan secara genetik sebagai faktor utama pada timbulnya hipertensi.

C. Stress

Hubungan antara stress dengan hipertensi diduga melalui saraf simpatis yang dapat meningkatkan tekanan darah secara intermiten. Apabila stress berlangsung lama dapat mengakibatkan peninggian tekanan darah yang menetap. Hal ini pada manusia belum dapat dibuktikan. Akan tetapi pada binatang percobaan dibuktikan bahwa pajanan terhadap stress menyebabkan binatang tersebut menjadi hipertensi. Menurut Guyton perangsangan simpatis yang lama pada hewan oleh frustrasi yang terus menerus seperti dengan menggoda hewan tersebut dengan makanan yang tidak dapat diraihinya dapat menyebabkan hewan seperti ini mengalami hipertensi ringan sampai moderat selama keadaan abnormal masih ada. Tetapi dalam dua sampai tiga minggu setelah penyebabnya dihilangkan, tekanan biasanya kembali ke normal. Namun banyak klinikus percaya bahwa perangsangan simpatis abnormal seperti itu terhadap ginjal penderita selama periode waktu lama menyebabkan perubahan struktur yang terjadi secara bertahap di dalam ginjal sehingga timbul peningkatan kurva produksi urin yang patologis dan permanent. Kemudian, walaupun perangsangan simpatisnya dihilangkan, hipertensi tersebut masih tetap ada. Survey hipertensi pada masyarakat kota menunjukkan angka prevalensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan masyarakat pedesaan (Susalit E, Harmaji, Sugiri). Hal tersebut mungkin dikaitkan dengan stress psikososial yang lebih besar dialami oleh kelompok masyarakat yang tinggal di kota dibandingkan dengan masyarakat pedesaan.

D. Obesitas

Penyelidikan epidemiologi membuktikan bahwa obesitas merupakan ciri khas pada populasi pasien hipertensi. Juga dibuktikan bahwa faktor ini mempunyai kaitan yang erat dengan timbulnya hipertensi di kemudian hari. Dalam studi Framingham, memperlihatkan bahwa orang-orang yang mempunyai berat badan 20% di atas normal mempunyai kemungkinan tiga kali lebih besar mendapat tekanan darah tinggi, daripada orang-orang yang mempunyai berat badan normal. Belum diketahui mekanisme yang pasti yang dapat menjelaskan hubungan antara obesitas dan hipertensi. Pada penyelidikan dibuktikan bahwa curah jantung dan volume darah sirkulasi pasien obesitas dengan hipertensi lebih tinggi dibandingkan dengan penderita yang mempunyai berat badan normal dengan tekanan darah yang setara. Pada obesitas tahanan perifer berkurang atau normal sedangkan aktivitas saraf simpatis meninggi dengan aktivitas rennin plasma yang rendah.

Terdapat beberapa kemungkinan mekanisme yang bekerja dalam pengaturan tekanan darah pada keadaan hiperinsulinisme yang disebabkan oleh obesitas. Diantaranya adalah pengaktifan saraf simpatis, peningkatan reabsorpsi Natrium oleh tubulus proksimal ginjal dan gangguan transport membrane sel yaitu terjadi penurunan pengeluaran Natrium dari dalam sel yang disebabkan oleh kelainan pada system $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPase}$ dan $\text{Na}^+ \text{H}^+ \text{exchanger}$. Pengeluaran ion Ca^{++} dari dalam sel juga terganggu pada keadaan hiperinsulinisme ini. Gangguan

pengeluaran ion Na^+ dan Ca^{++} dari dalam sel menyebabkan peninggian kadar ion tersebut di dalam sel, yang akan mengakibatkan peninggian sensitivitas sel otot polos pembuluh darah terhadap zat vasokonstriktor seperti norepinefrin dan angiotensin sehingga terjadi peninggian kontraktilitas. Sementara itu kadar ion H^+ intrasel juga akan merendah dan keadaan alkalosis intraselular ini akan meningkatkan sintesis protein, proliferasi sel dan hipertrofi pembuluh darah.

E. Olah raga

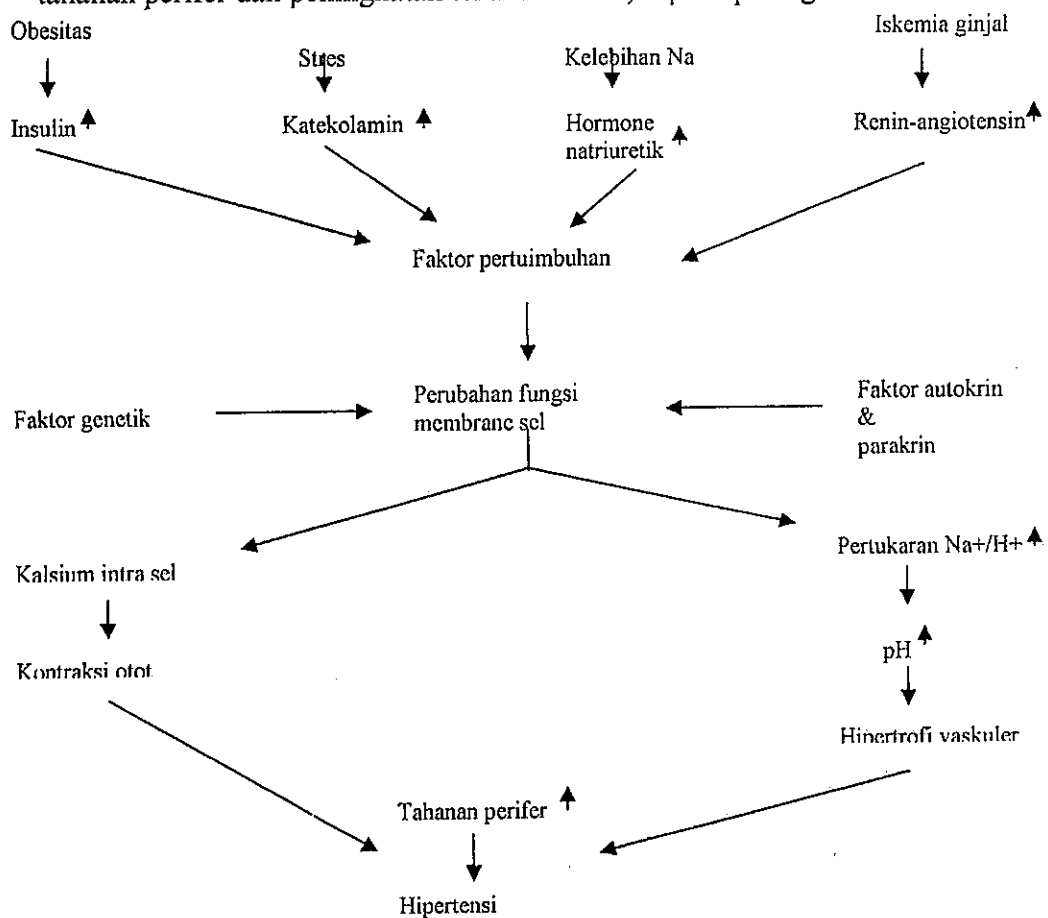
Olah raga lebih banyak dihubungkan dengan pengelolaan hipertensi karena olah raga isotonic dan teratur dapat menurunkan tahanan perifer yang akan menurunkan tekanan darah. Olah raga juga dikaitkan dengan peran obeitas pada hipertensi. Kurang melakukan olah raga akan meningkatkan kemungkinan timbulnya obesitas dan jika asupan garam juga bertambah akan memudahkan timbulnya hipertensi. Sebuah penelitian epidemiologi meneliti 14.998 pria lulusan Harvard university selama lima belas sampai lima puluh tahun, mendapatkan bahwa partisipasi dalam kegiatan olah raga di kampus, menaiki sampai lima puluh anak tangga sehari, berjalan lima blok atau aktivitas olah raga ringan tidak bersifat protektif terhadap timbulnya hipertensi. Partisipasi dalam olah raga berat misalnya berlari, berenang, bola tangan, tennis dan lari lintas alam di lain pihak bersifat protektif terhadap timbulnya hipertensi walaupun terdapat faktor resiko lain. Penelitian lain menunjang temuan bahwa keikutsertaan dalam aktivitas aerobic bersifat protektif terhadap pembentukan hipertensi.

F. Merokok

Nikotin dapat menyebabkan vasokonstriksi pembuluh darah dan memberikan peluang yang lebih luas terjadinya aterosklerosis. Perokok dapat merupakan faktor risiko pembentukan aterosklerosis yang bersifat independent ataupun sinergisme dengan faktor resiko lainnya.

G. Vascular Growth Promoters

Berbagai promoter pressor-growth bersama dengan kelainan fungsi membrane sel yang mengakibatkan hipertrofi vascular menyebabkan peningkatan tahanan perifer dan peningkatan tekanan darah, seperti pada gambar 3



H. Berbagai kelainan organ dan jaringan

Beberapa kelainan pada organ dan jaringan dapat menyebabkan tingginya tekanan darah (hipertensi sekunder). Pada hipertensi sekunder penyebab dan patofisiologi diketahui sehingga dapat dikendalikan. Kelainan pada organ dan jaringan yang dapat menyebabkan hipertensi sekunder adalah sebagai berikut :

1. Kelainan pada ginjal : Glomerulonefritis, Pielonefritis, Nefritis tubulointerstisial, Nekrosis tubular akut, Kista, Nefrokalsinosis, Tumor, Radiasi, Diabetes, SLE, Penyumbatan
2. Renovaskular : Aterosklerosis, Hyperplasia, Trombosis, Aneurisma, Emboli kolesterol, Vaskulitis, Rejeksi akut sesudah transplantasi
3. Adrenal : Feokromositoma, Aldosteronisme primer, Sindrom Cushing
4. Aorta : Koarktasio aorta, Arteritis takayasu
5. Neoplasma : Tumor Wilm, Tumor yang mensekresi rennin
6. Kelainan endokrin : Obesitas, Resistensi insulin, Hipertiroidisme, Hipotiroidisme, Hiperparatiroidisme, Hiperkalsemia, Akromegali, Sindrom karsinoid
7. Saraf : Stress berat, psikosis, Tekanan intrakranial meninggi, Strok, Ensefalitis, sindrom Gulian, Barre
8. Toksemia pada kehamilan
9. Obat obatan : Kontrasepsi oral, Kortikosteroid

2.9 Patofisiologi kenaikan tekanan darah akibat bising

Bising merupakan gangguan yang bersifat psikososial karena kehadirannya tidak dikehendaki. Gangguan yang bersifat psikososial ini bila datang berulang-ulang terhadap pekerja akan menimbulkan reaksi siaga yang selalu mengikutsertakan naiknya aktivitas saraf simpatis yang lambat laun mengakibatkan kenaikan tekanan darah (Miller et al, 1969).

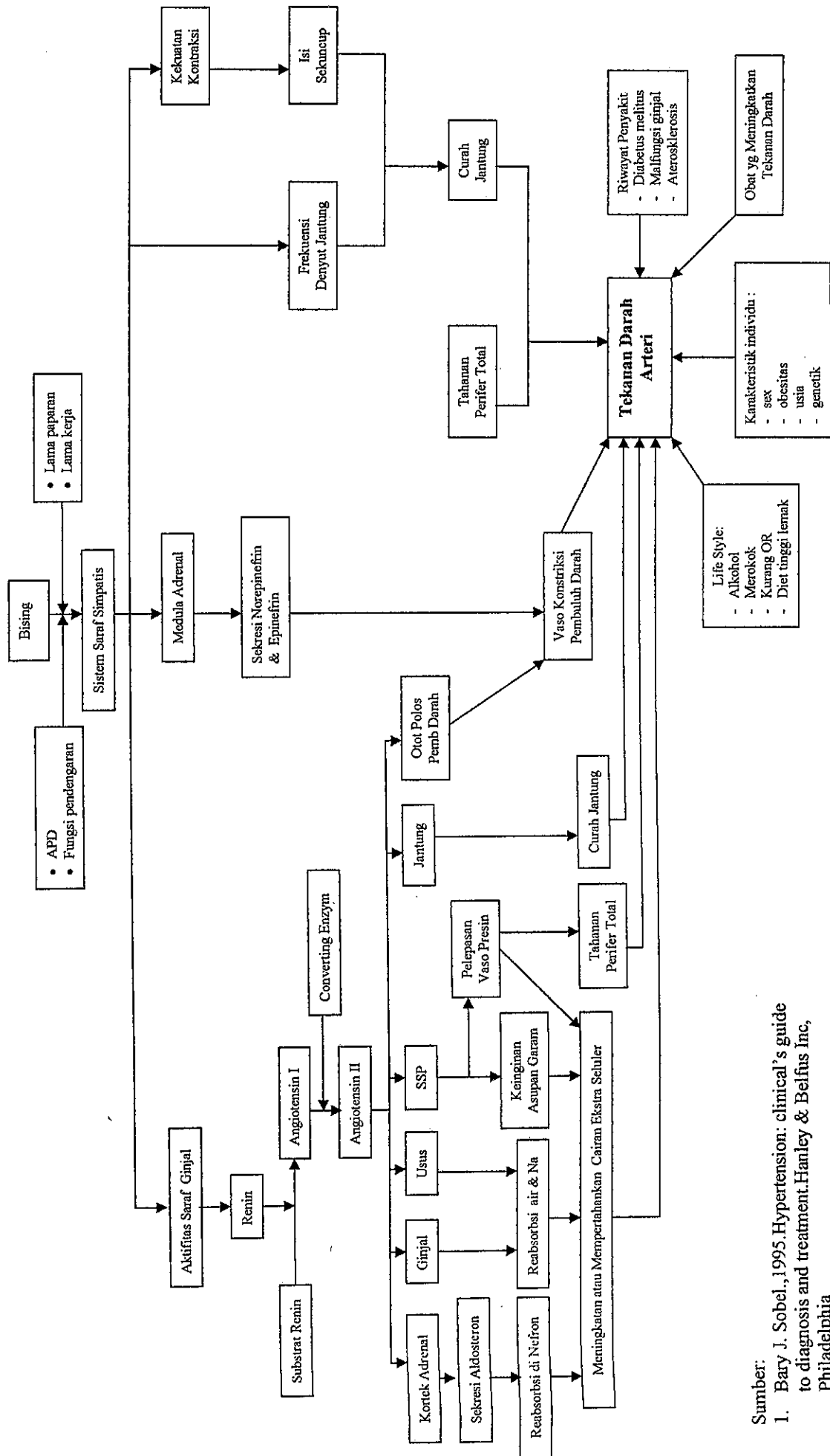
Burns (1979) dalam penelitiannya dengan menggunakan alat photoelectric secara tidak langsung dapat mengukur perubahan volume darah perifer rata-rata dari jari-jari pada pemaparan suara dalam jangka pendek. Hasilnya bahwa makin tinggi intensitas suara pada pemaparan jangka pendek, vasokonstriksi perifer makin berat dan maksimal dicapai pada intensitas suara 102 dB setelah pemaparan 10 detik. Sedangkan pada pemaparan jangka panjang, Burns (1979), mengemukakan terjadinya stress psikis yang ditandai dengan naiknya kadar katekolamine dalam urine. Pada stress psikis terjadi reaksi siaga sehingga tonus saraf simpatis naik. Tonus saraf simpatis yang naik ini akan memacu produksi dan sekresi enzim renin.

Folkow (1987) menunjukkan bahwa stress dengan peninggian aktivitas saraf simpatis menyebabkan konstiksi fungsional dan hipertrofi struktural. Pada binatang percobaan, pajanan terhadap stress menyebabkan binatang tersebut menjadi hipertensi ringan sampai moderat selama keadaan abnormal masih ada. Tetapi, dalam dua sampai tiga minggu setelah penyebabnya dihilangkan, tekanan biasanya kembali ke normal. Namun banyak klinikus percaya bahwa

perangsangan simpatis abnormal terhadap ginjal penderita selama periode waktu yang lama mungkin bertahun-tahun menyebabkan perubahan struktur yang terjadi secara bertahap di dalam ginjal sehingga timbul peningkatan kurva produksi urin yang patologis dan permanent. Kemudian, walaupun perangsangan simpatisnya dihilangkan, hipertensi tersebut masih ada.

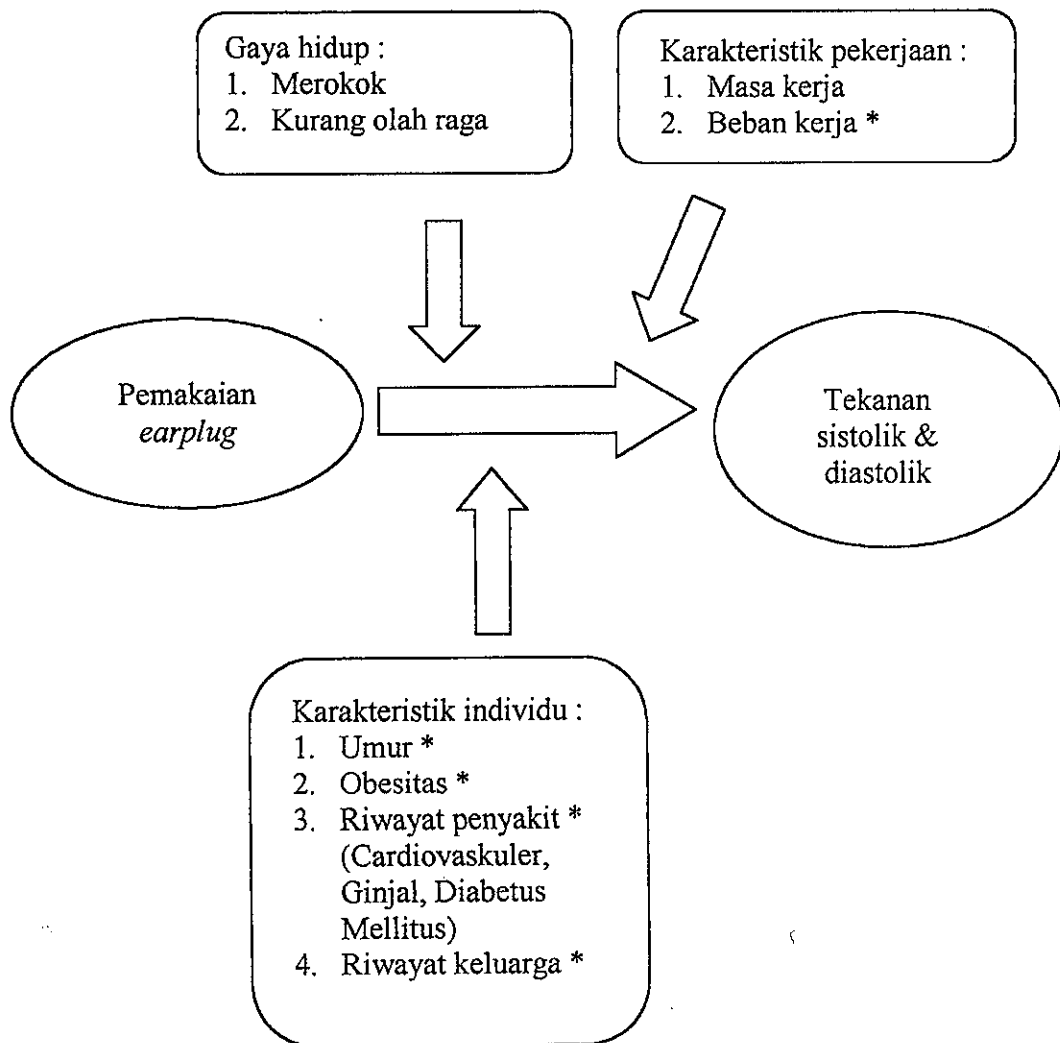
2.10 Hipotesa Penelitian

Terdapat perbedaan rata-rata perubahan tekanan darah pekerja (selisih antara tekanan darah setelah bekerja dengan sebelum bekerja) antara saat tidak memakai *earplug* dan saat memakai *earplug*.



Sumber:
 1. Bary J. Sobel., 1995. Hypertension: clinical's guide to diagnosis and treatment. Hanley & Belfus Inc, Philadelphia
 2. _____, 2001. Pendidikan kedokteran berkelanjutan XVI. lab SMF penyakit dalam, Surabaya

2.12 Kerangka konsep



Keterangan :
* : dikendalikan

Dari skema kerangka teori tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

Bising merupakan stressor biologis yang mampu menimbulkan perangsangan simpatis pada system syaraf.

Impuls simpatis dikirim ke medulla adrenal bersamaan dengan pengirimannya ke semua pembuluh darah, impuls ini menyebabkan medulla mensekresikan norepinefrin dan epinefrin ke dalam sirkulasi darah. Kedua hormon ini dibawa di dalam aliran darah ke semua bagian tubuh tempat mereka langsung bekerja pada pembuluh darah yang menyebabkan vasokonstriksi.

Perangsangan simpatis juga akan meningkatkan aktifitas saraf ginjal sehingga sel jukstaklomerulus mensekresikan rennin ke dalam darah. Rennin sendiri merupakan suatu enzim yang memecahkan komponen utama salah satu protein plasma yang disebut substrat rennin untuk melepaskan decapeptida angiotensin I. Dalam beberapa detik setelah pembentukan angiotensin I, 2 asam amino tambahan dipecah darinya membentuk oktapeptida angiotensin II yang dikatalis oleh enzyme 'converting enzyme'. Selama menetap didalam darah angiotensin II mempunyai efek yang dapat meningkatkan tekanan darah. Salah satu efek ini terjadi dengan sangat cepat : vasokonstriksi terutama dari arteriol. Konstriksi arteriol meningkatkan tahanan perifer dan dengan demikian meningkatkan tekanan arteri. Efek angiotensin lainnya terutama berhubungan dengan volume cairan tubuh :

1. Angiotensin mempunyai efek langsung terhadap ginjal untuk menyebabkan penurunan ekskresi garam dan air.

2. Angiotensin merangsang sekresi aldosteron oleh korteks adrenal dan hormone ini sebaliknya juga bekerja pada ginjal menyebabkan penurunan ekskresi garam dan air.

Kedua efek ini cenderung meningkatkan volume darah yang merupakan suatu faktor penting dalam pengaturan tekanan darah jangka panjang.

Oleh karena adanya paparan bising, pusat vasomotor mengirim impuls eksitasi melalui serabut saraf simpatis ke jantung untuk meningkatkan aktivitas jantung (kontraktilitas jantung), meningkatkan frekuensi jantung melalui reseptor beta -1 sehingga memperbesar curah jantung. Meningkatnya curah jantung dan tahanan perifer total akan mengakibatkan kenaikan pada tekanan darah.

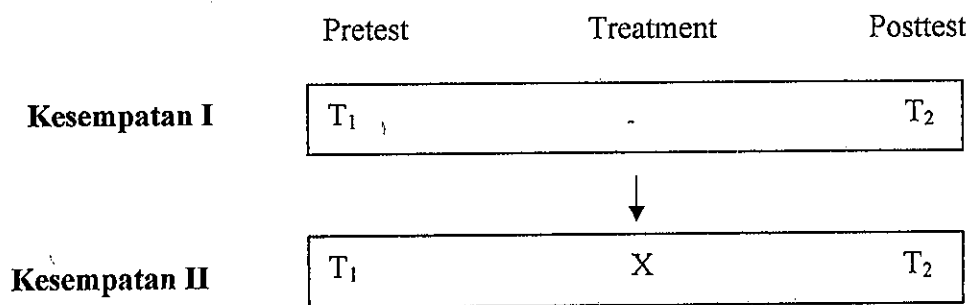
Tahanan perifer dan cairan intravaskuler dipengaruhi oleh faktor-faktor neural, humoral dan renal seperti yang telah dijelaskan diatas.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian experimental semu dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian. Penelitian ini ingin menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada kelompok subyek penelitian.

Penelitian eksperimen ini menggunakan rancangan Sama Subyek (*Treatment by Subject Design*) dengan pola *Pretest-posttest Group Design*, dengan desain sebagai berikut:



Dalam rancangan ini sebuah subyek mengalami 2 kali pretest-posttest. Pada kesempatan pertama tidak diberikan perlakuan dan pada kesempatan kedua diberikan perlakuan.

Desain prosedur :

- 1) Memilih sejumlah subyek terpilih dari suatu populasi terjangkau.
- 2) Subyek terpilih dikenai 2 kali *pretest-posttest*, yaitu sebelum adanya perlakuan dan setelah diberikannya perlakuan.
- 3) Pada kesempatan I, memberikan *pretest* T_1 (pengukuran tekanan darah sebelum bekerja) dilanjutkan memberikan *posttest* T_2 (pengukuran tekanan darah setelah bekerja) untuk mengukur variabel tergantung, lalu hitung rata-rata tekanan darahnya
- 4) Pada kesempatan II, subyek diberi *pretest-posttest* sama seperti pada langkah 3, tetapi pada kesempatan II ini subyek sudah dikenai variabel perlakuan X (pemakaian *earplug*), lalu hitung rata-rata tekanan darahnya.
- 5) Menghitung perbedaan antara hasil *pretest* T_1 dan *posttest* T_2 untuk masing-masing kesempatan, jadi (T_2 kesempatan II – T_1 kesempatan II) dan (T_2 kesempatan I – T_1 kesempatan I)
- 6) Menghitung perbedaan antara hasil *posttest* T_2 antara kesempatan II dengan kesempatan I, jadi (T_2 kesempatan II – T_2 kesempatan I)
- 7) Membandingkan perbedaan-perbedaan tersebut untuk menentukan apakah penerapan perlakuan X itu berkaitan dengan perubahan yang lebih besar pada kesempatan II.
- 8) Mengenakan test statistik yang cocok untuk rancangan ini untuk menentukan apakah perbedaan dalam skor seperti dihitung pada langkah 7 itu signifikan,

yaitu apakah perbedaan tersebut cukup besar untuk menolak hipotesis nol bahwa perbedaan itu cuma terjadi secara kebetulan.

3.2 Populasi dan sampel penelitian

3.2.1 Populasi penelitian

Populasi terjangkau penelitian adalah pekerja penggilingan padi sebanyak 50 orang yang bekerja di 12 penggilingan padi di kecamatan Karanganyar Kabupaten Karanganyar.

3.2.2 Sampel penelitian

Sampel penelitian diambil dari populasi terjangkau berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Ketika penelitian ini dilaksanakan, dari 12 penggilingan padi hanya 8 penggilingan padi yang sedang beroperasi dengan jumlah pekerja sebanyak 34 orang. Berdasar kriteria inklusi dan eksklusi didapatkan jumlah sampel sebesar 30 orang

3.3 Kriteria inklusi

Kriteria inklusi merupakan syarat-syarat untuk masuk dalam penelitian mencakup hal-hal sebagai berikut :

- a) Bersedia mengikuti penelitian dengan menandatangani informed consent yang telah disiapkan oleh peneliti.
- b) Berusia 25 – 45 tahun pada saat penelitian dilaksanakan.
- c) Tidak mempunyai riwayat penyakit hipertensi, ginjal, Diabetes mellitus.

- d) Berdasarkan hasil pemeriksaan telinga (audiometric test) sebelum dilakukan penelitian mempunyai fungsi pendengaran yang normal.
- e) Tidak sedang mengkonsumsi obat-obatan yang dapat meningkatkan tekanan darah.
- f) Pekerja yang bekerja di penggilingan padi yang mempunyai intensitas kebisingan diatas 85 dB

3.4 Kriteria eksklusi

Kriteria eksklusi meliputi subyek yang memenuhi kriteria inklusi tetapi pada saat penelitian berlangsung terdapat keadaan tertentu sehingga tidak dapat diikutsertakan. Dengan mempertimbangkan hal-hal diatas maka untuk penelitian ini kriteria eksklusi yang digunakan antara lain :

- a) Pada saat dilaksanakan penelitian dalam keadaan sakit atau baru sembuh dari sakit.
- b) Subyek sebelum bekerja terpapar bising dengan intensitas tinggi bukan akibat bising penggilingan padi.

3.5 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas: Pemakaian Alat Pelindung Telinga (*ear plug*)
- b. Variabel terikat : Tekanan darah

- c. Variabel pengganggu: masa kerja, usia, kebiasaan merokok, kurang berolahraga, beban kerja, obesitas, Riwayat penyakit kardiovaskuler, riwayat keluarga

3.6 Definisi operasional

- a. Pemakaian Alat Pelindung Diri (ear plug)

Adalah perbuatan menggunakan alat pelindung diri berupa sumbat telinga (ear plug) oleh operator mesin penggilingan padi selama 7 jam kerja per hari .

Kategori : Memakai earplug

Tidak memakai earplug

Skala : nominal

- b. Perubahan tekanan darah

Adalah hasil pengurangan tekanan darah antara setelah bekerja dengan tekanan darah sebelum bekerja.

Tekanan darah adalah tenaga yang digunakan oleh darah terhadap setiap satuan daerah dinding pembuluh darah tersebut yang diukur dengan sfigmomanometer air raksa oleh tenaga medis

- 1) Tekanan darah sebelum kerja

Adalah pengukuran tenaga yang digunakan oleh darah terhadap setiap satuan daerah dinding pembuluh darah yang dilakukan sebelum bekerja

Sebelum pengukuran tekanan darah dilakukan, terlebih dahulu pekerja diistirahatkan selama 10 menit.

2) Tekanan darah setelah bekerja

Adalah pengukuran tenaga yang digunakan oleh darah terhadap setiap satuan daerah dinding pembuluh darah yang dilakukan setelah bekerja (7 jam) pada tempat dan ruangan yang sama.

Sebelum pengukuran tekanan darah dilakukan, terlebih dahulu pekerja diistirahatkan selama 10 menit

Satuan : mmHg

Skala : rasio

c. Masa bekerja

Adalah lamanya waktu tenaga kerja tersebut dalam melakukan pekerjaannya pada tempat dan ruangan yang sama hingga waktu pemeriksaan (dalam hitungan tahun).

Satuan : tahun

Skala : rasio

d. Status gizi

Adalah tingkat gizi seseorang yaitu perbandingan berat badan dalam kilogram dengan kuadrat tinggi tubuh dalam meter.

Kategori : - Gizi kurang : $IMT < 20,2$
- Gizi normal : $IMT 20,2 - 24,7$
- Gizi lebih : $IMT 25 - 27$
- Obesitas : $IMT > 27$

skala : ordinal

e. Kebiasaan merokok

Adalah kebiasaan merokok yang dilakukan oleh responden saat penelitian ini dilakukan

Kategori : merokok dan tidak merokok

Skala : nominal

f. Kebiasaan olah raga

Adalah kebiasaan melakukan olah raga minimal tiga kali dalam seminggu selama minimal 30 menit. (Alison Hull, 1986)

Kategori : ya atau tidak

Skala : nominal

3.7 Pengendalian Variabel Pengganggu

Untuk memastikan bahwa perubahan yang terjadi pada variabel dependen yang diamati benar-benar disebabkan oleh perlakuan yang diberikan dalam eksperimen, bukan dikarenakan oleh faktor-faktor lain yang tidak relevan maka perlu dilakukan pengendalian terhadap variabel/faktor yang muncul. Variabel tersebut antara lain :

- a. Usia : dipilih usia antara 20 sampai 45 tahun. Menurut Morehouse & Miller, pada umur tersebut tekanan darah sistolik berkisar antara 120-128 mmHg dan tekanan diastolik antara 80- 85 mmHg.
- b. Beban kerja : 3-4 kwintal per pekerja per hari (berdasarkan beban kerja rata-rata)

- c. Riwayat penyakit cardiovascular : dipilih subyek penelitian yang tidak pernah didiagnosa penyakit hipertensi, jantung, arteriosklerosis, ginjal dan diabetes mellitus.
- d. Obesitas : dipilih yang mempunyai IMT antara 20,2 sampai 24,7 (tingkat gizi normal)

3. 8 Tahap/Alur Penelitian

a. Pemilihan populasi terjangkau.

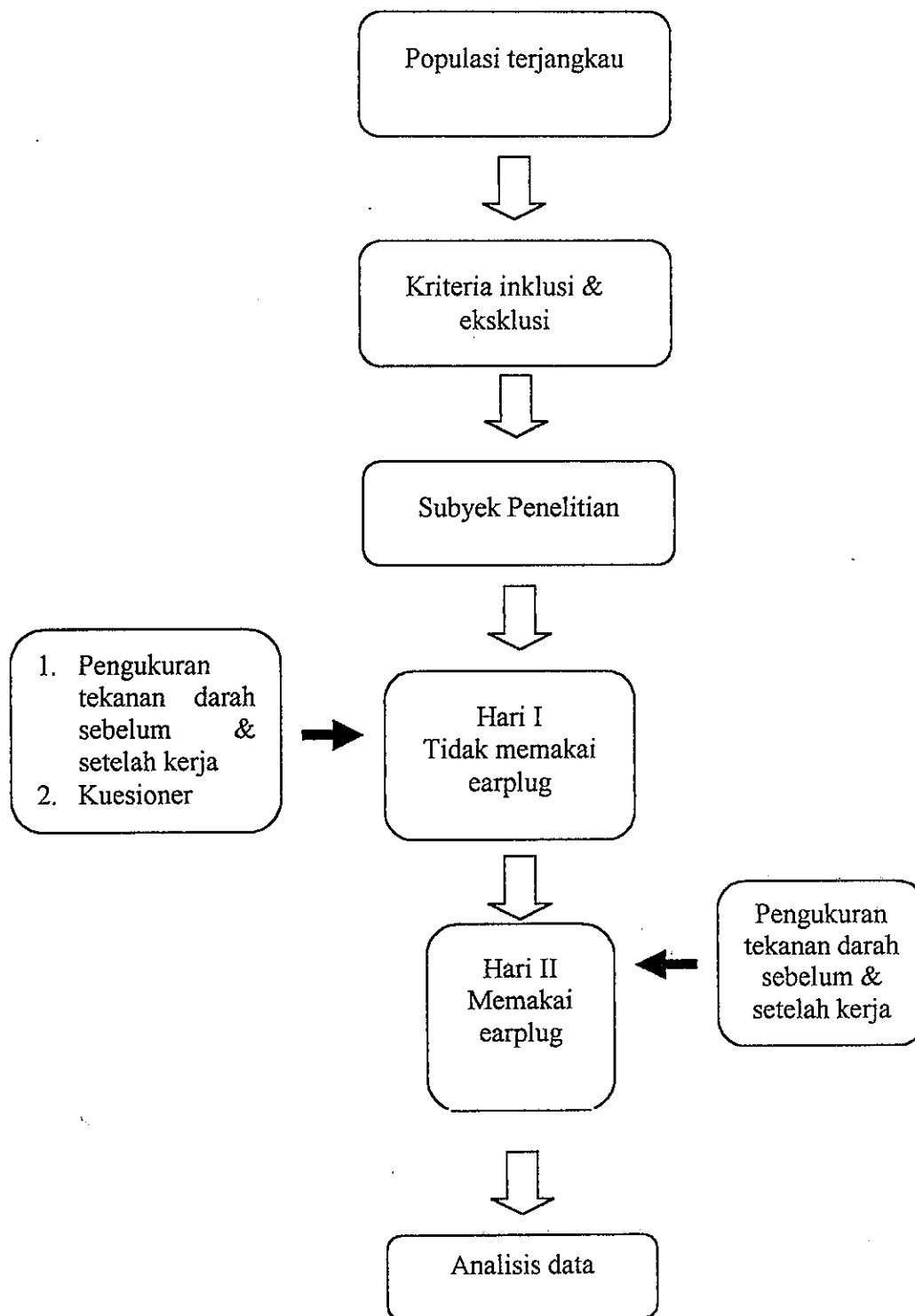
Pemilihan ini didasarkan pada kenyataan faktual dan bukan merupakan bagian dari suatu proses pemilihan yang sistematis. Dalam penelitian ini populasi terjangkau merupakan pekerja penggilingan padi di wilayah Kecamatan Karanganyar Kabupaten Karanganyar. Dari 12 penggilingan padi yang ada dengan 50 orang pekerja (sebagai populasi terjangkau), pada saat penelitian ini dilaksanakan hanya ditemukan 8 penggilingan padi yang sedang beroperasi dengan jumlah pekerja 34 orang

b. Pemilihan subyek penelitian

Dari populasi terjangkau dilakukan pemilihan sampel yang dikehendaki (subyek terpilih). Subyek terpilih ini merupakan bagian dari populasi terjangkau yang direncanakan untuk diteliti langsung, mereka adalah subyek yang memenuhi kriteria pemilihan yakni kriteria inklusi dan eksklusi dan terpilih sebagai subyek yang akan diteliti sebanyak 30 orang

c. Pelaksanaan penelitian

Subyek terpilih merupakan subyek yang benar diteliti. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental semu dengan membandingkan tekanan darah sebelum memakai *earplug* (kesempatan I) dengan setelah memakai *earplug* (kesempatan II). Pekerja yang memakai *earplug* maupun yang tidak memakai *earplug* merupakan satu individu yang sama sehingga variabilitas diantara kedua kelompok tersebut relatif sama. Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengukuran tekanan darah pekerja sebelum dan setelah bekerja, dimana pengukuran dilakukan setelah pekerja diistirahatkan selama kurang lebih 10 menit. Perlakuan pada penelitian ini adalah pemakaian *earplug* oleh pekerja selama jam kerjanya (7 jam). Pada hari I dilakukan pengukuran tekanan darah sebelum dan setelah bekerja tetapi belum diberikan *earplug*. Pada hari II pada pekerja yang sama dilakukan pengukuran tekanan darah sebelum kerja yang dilanjutkan dengan pemakaian *earplug* kepada pekerja, setelah bekerja dilakukan pengukuran tekanan darahnya. Untuk mengetahui pengaruh pemakaian *earplug* terhadap tekanan darah, dilakukan perbandingan tekanan darah setelah bekerja pada saat *earplug* telah dipakai dengan tekanan darah setelah bekerja pada saat tidak memakai *earplug*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar/skema alur penelitian berikut :



Gambar III.1. tahap/alur penelitian

3.9 Instrumen penelitian

- a) Sound level meter model NA-20
- b) Sfigmomanometer dan stetoskop
- c) Timbangan injak dan meteran
- d) Audiometer
- e) Kuesioner

3.10 Pengumpulan data

A. Data primer

1) Intensitas kebisingan

Alat yang digunakan adalah sound level meter merk Rion type NA-20/21.

Pengukuran dilakukan selama jam kerja, teknik pengukurannya adalah sebagai berikut :

- a. Mikropon diarahkan pada sumber kebisingan.
- b. Tinggi sound level meter dengan lantai adalah setinggi telinga pekerja dalam posisi kerja yaitu antara 120-150 cm.
- c. Jarak antara dua titik pengukuran tidak boleh lebih dari 5 meter.
- d. Angka skala dibaca sampai hampir menunjukkan pada angka yang stabil.
- e. Pencatatan dilakukan sebanyak 6 kali.

2) Tekanan darah

Pengukuran tekanan darah menggunakan sfogmomanometer air raksa yang dilakukan pagi hari sebelum pekerja melaksanakan pekerjaannya dan setelah pekerja selesai bekerja dengan jumlah pengukuran 2 kali.

Teknik pengukurannya adalah sebagai berikut:

- a. Posisi orang yang diperiksa : duduk dengan lengan bawah sedikit flexi.
- b. Lengan kanan dibebat dengan manset: paling sedikit 80% lengan atas dan lebar manset paling sedikit $\frac{2}{3}$ kali panjang lengan atas, pinggir bawah manset harus 2 cm di atas fosa kubiti untuk mencegah kontak dengan stetoskop.
- c. Dicari letak pembuluh darah arteri yang berdekatan dengan lengan yang dibebat manset dan pada daerah tersebut diletakkan stetoskop.
- d. Manset diisi udara
- e. Balon dipompa sampai di atas tekanan sistolik
- f. Tekanan darah diturunkan perlahan-lahan dengan kecepatan 2-3 mmHg tiap denyut jantung.
- g. Tekanan sistolik dicatat pada saat terdengar bunyi yang pertama (korotkoff I)
- h. Tekanan diastolik dicatat pada bunyi yang mulai melemah dan akhirnya hilang sama sekali (korotkoff V)

3) Kuesioner

Berisi faktor-faktor resiko, keluhan-keluhan subyektif pekerja serta pengetahuan mengenai bising dan alat pelindung telinga.

B. Data sekunder

Data yang didapat dari berbagai sumber untuk melengkapi penelitian ini didapat dari : Dinas Kesehatan Kabupaten Karanganyar, Dinas pertanian Kabupaten Karanganyar, monografi desa setempat, dan gambaran umum perusahaan serta proses produksinya.

3.11 Analisis data

Pengolahan data dilakukan dengan computer program SPSS for windows versi 10.05, selanjutnya dilakukan uji analisis sebagai berikut :

A. Univariat :

Dilakukan untuk memberi gambaran secara umum terhadap variabel karakteristik responden. Analisa data responden menggunakan analisis persentase dengan penyajian dalam bentuk tabel distribusi frekuensi

B. Bivariat :

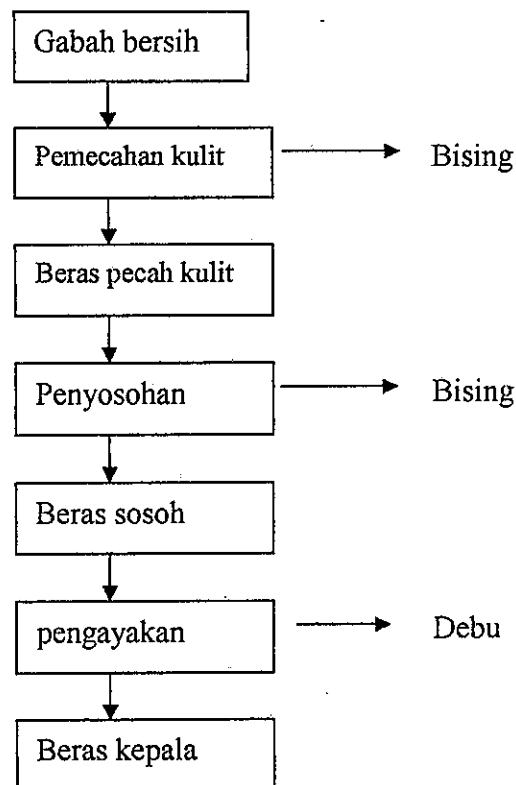
- 1) Untuk mengetahui perbedaan rata-rata tekanan darah pekerja antara ketika memakai *earplug* dengan ketika tidak memakai *earplug*, apakah perbedaan tersebut signifikan atau tidak digunakan *paired t test*, dikatakan bermakna jika $p \leq 0,05$

2) Untuk mengetahui perbedaan tekanan darah pekerja antara sebelum bekerja dan setelah bekerja baik pada saat ketika memakai *earplug* dan ketika tidak memakai *earplug*, apakah perbedaan tersebut signifikan atau tidak digunakan *paired t test*, dikatakan bermakna jika $p \leq 0,05$

BAB IV HASIL PENELITIAN

IV. 1. Gambaran Umum

Penggilingan padi merupakan salah satu sektor informal yang diusahakan secara turun menurun oleh masyarakat pedesaan, disamping memberikan sumbangan yang cukup berarti bagi peningkatan perekonomian pedesaan penggilingan padi mempunyai dampak yang merugikan kesehatan bagi masyarakat sekitar terlebih pekerjaanya. Selama proses produksinya disamping menghasilkan beras, juga dihasilkan polutan berupa debu dan bising sebagai akibat pengoperasian mesin. Berikut adalah gambar proses produksinya :



Berdasar data dari Dinas Pertanian Kabupaten Karanganyar sampai Desember 2003, di Kecamatan Karanganyar terdapat 69 buah penggilingan padi dengan kapasitas produksi yang berbeda-beda mulai dari skala kecil yang hanya 25-50 kg sehari atau hanya beroperasi ketika ada pesanan saja sampai skala besar yang mampu memproduksi sampai 10 ton perhari. Dari ke-69 penggilingan padi tersebut, hanya terdapat 12 penggilingan padi yang termasuk skala besar yang telah mempunyai ijin operasional dan ketika penelitian ini dilaksanakan (Juni – September 2004) masih aktif beroperasi. Sedang sisanya merupakan penggilingan padi kecil atau skala menengah yang terpaksa berhenti sementara waktu disebabkan tidak adanya pesanan dari berbagai pasar beras di Jawa Tengah dan DKI Jakarta.

Dari 12 penggilingan padi, peneliti hanya mampu menemukan 8 penggilingan padi yang mempunyai karakteristik relatif sama dilihat dari kemampuan produksi sekitar 4 ton per hari dan kondisi lingkungan fisik di tempat kerja (kebisingan dan cuaca kerja). Adapun jumlah pekerja yang menjalankan mesin penggilingan padi di 8 penggilingan padi tersebut adalah 34 orang. Setelah disaring melalui kriteria inklusi dan eksklusi didapatkan jumlah subyek penelitian sebesar 30 orang.

IV. 2. Karakteristik subyek penelitian

Dalam penelitian ini melibatkan 30 responden laki-laki yang berumur antara 25-45 tahun ($33 \pm 7,2$ tahun) dengan masa kerja berkisar antara 6 bulan sampai 23 tahun ($5,1 \pm 5$ tahun).

Dari 30 reponden, sebagian besar mempunyai tingkat pendidikan yang rendah (50% tidak tamat SD), dengan status gizi normal (86%) serta hanya 43% yang menyatakan bahwa mereka merokok. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1. Karakteristik responden berdasar tingkat pendidikan, IMT dan kebiasaan merokok

Karakteristik	frekuensi	%
1. Tingkat pendidikan		
a. Tidak tamat SD	4	13,33
b. Tamat SD	15	50
c. SLTP	8	26,66
d. SLTA	3	10
2. Index Masa Tubuh		
a. Gizi kurang	3	10
b. Gizi normal	26	86,66
c. Gizi lebih	1	3,33
3. Kebiasaan merokok		
a. Merokok	18	60
b. Tidak merokok	12	40

Hanya sebagian kecil responden (40%) yang mengetahui cara pencegahan akibat gangguan bising dengan alat pelindung telinga dan hanya 30% yang tahu bahwa alat tersebut harus dipakai terus menerus selama jam bekerja. Untuk lebih lengkap mengenai pengetahuan bising dan pemakaian alat pelindung telinga disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.2. Karakteristik pengetahuan responden mengenai bising dan alat pelindung telinga

Pengetahuan responden	frek	%
1. Pernah mendapat penerangan tentang bising	0	0
2. Tahu akibat bising pada telinga	28	93
3. Tahu akibat bising pada tekanan darah	0	0
4. Tahu gangguan akibat bising dapat dicegah	12	40
5. Tahu cara pencegahannya	12	40
6. Tahu memakai alat pelindung telinga harus terus menerus saat bekerja	9	30

IV. 3. Pengukuran intensitas kebisingan lingkungan kerja

Hasil pemeriksaan oleh Laboratorium Program D3 Hyperkes UNS Surakarta, dijumpai adanya intensitas kebisingan di 8 lingkungan kerja penggilingan padi yang berada di atas Nilai Ambang Batas. Pengambilan titik pengukuran pada masing-masing lokasi dilakukan berdasar jumlah mesin yang sedang beroperasi. Pada masing-masing titik pengukuran dilakukan pengamatan selama 1-2 menit dengan kurang lebih 6 kali pembacaan yang

kemudian dihitung rata-rata kebisingannya (L_{eq}). Hasil pengukuran intensitas bising di 8 penggilingan padi disajikan pada tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3. Hasil pengukuran intensitas kebisingan di 8 lokasi penggilingan padi di Kecamatan Karanganyar Kabupaten Karanganyar tahun 2004

Lokasi	Jumlah mesin	L_{eq} (dB)
I	7	86,01 – 94,28
II	3	85,37 – 87,51
III	4	85,76 – 87,02
IV	4	87,51 – 88,52
V	2	90,50 – 92,60
VI	1	89,20
VII	2	90,50
VIII	2	91,80

IV. 4. Pengukuran tekanan darah responden

Pengukuran tekanan darah sistolik dan diastolik menggunakan sfigmomanometer air raksa. Pengukuran dilakukan sebelum dan setelah bekerja baik pada saat pekerja tidak memakai earplug maupun pada saat telah memakai earplug. Sebelum pengukuran tekanan darah dilaksanakan, terlebih dahulu pekerja diistirahatkan selama kurang lebih 10 menit.

Tabel 4.4. Hasil pengukuran rata-rata tekanan darah sebelum dan setelah bekerja berdasar katagori pemakaian *earplug* pada responden.

Pemakaian <i>earplug</i>	Tekanan darah (mmHg)	
	Sistolik ($\bar{x} \pm SD$)	Diastolik ($\bar{x} \pm SD$)
a. Tanpa <i>earplug</i> (n=30)		
sebelum bekerja	126,33 \pm 12,73	78,0 \pm 13,49
vs		
setelah bekerja	138,0 \pm 13,24	86,3 \pm 12,73
b. Memakai <i>earplug</i> (n=30)		
sebelum bekerja	125,67 \pm 13,57	79,67 \pm 12,73
vs		
setelah bekerja	123,3 \pm 16,0	78,67 \pm 12,52

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pada saat tidak memakai *earplug*, rata-rata tekanan darah sistolik dan diastolik setelah bekerja mengalami kenaikan. Tekanan sistolik naik sebesar 11,67 mm Hg dan tekanan diastolik naik sebesar 8,33 mmHg (dari 126,3/78 mmHg menjadi 138/86,3 mmHg).

Pada saat *earplug* telah dipakai, didapatkan hasil bahwa setelah bekerja rata-rata tekanan sistolik dan diastolik mengalami penurunan. Tekanan sistolik turun sebesar 2,33 mm Hg sedang tekanan diastolik juga turun sebesar 1 mm Hg. (dari 125,7/79,7 mmHg menjadi 123,3/78,6 mmHg).

IV.6. Perubahan tekanan darah responden

Terjadi perubahan tekanan darah responden setelah bekerja ketika tidak memakai *earplug*, dimana terdapat kenaikan tekanan sistolik maupun diastolik pada 80% responden. Sedangkan ketika memakai *earplug* menunjukkan bahwa sebagian besar (40%) tekanan sistolik maupun diastolik responden setelah bekerja tidak mengalami perubahan. Secara lebih rinci dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.5. Perubahan tekanan darah responden pada saat tanpa memakai *earplug* dan pada saat memakai *earplug*.

Sistolik	Diastolik	Tanpa <i>earplug</i>		Memakai <i>earplug</i>	
		frekuensi	%	frekuensi	%
Naik	Naik	24	80	1	3,3
Naik	Tetap	3	10	1	3,3
Naik	Turun	0	0	0	0
Turun	Naik	1	3,3	0	0
Turun	Tetap	0	0	5	16,6
Turun	Turun	1	3,3	3	10
Tetap	Naik	0	0	7	23,3
Tetap	Tetap	1	3,3	12	40
Tetap	Turun	0	0	1	3,3

IV. 7. Uji beda rata-rata tekanan darah antara sebelum dan setelah bekerja pada saat tidak memakai *earplug* dan pada saat memakai *earplug*.

a. Tidak memakai *earplug*

Metode uji statistik yang digunakan adalah *paired-samples t test*, untuk melihat adanya perbedaan rata-rata tekanan darah sistolik-diastolik antara sebelum dan setelah bekerja pada saat tidak memakai *earplug*.

Dari uji t berpasangan didapatkan *p value* = 0,00 baik untuk tekanan sistolik maupun diastolik. Karena $p < 0,05$ maka dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan rata-rata tekanan sistolik-diastolik antara sebelum dan setelah bekerja pada saat tidak memakai *earplug*.

b. Memakai *earplug*

Metode uji statistik yang digunakan adalah *paired-samples t test*, untuk melihat adanya perbedaan rata-rata tekanan darah sistolik-diastolik antara sebelum dan setelah bekerja pada saat memakai *earplug*.

Dari uji t berpasangan didapatkan *p value* = 0,109 untuk tekanan sistolik sedangkan tekanan diastolik didapatkan *p value* sebesar 0,882. Karena $p > 0,05$, maka dapat dikatakan bahwa tidak terdapat perbedaan rata-rata tekanan sistolik maupun diastolik antara sebelum dan setelah bekerja pada saat memakai *earplug*. Jadi dapat dikatakan bahwa tekanan sistolik-diastolik antara sebelum dan setelah bekerja pada saat memakai *earplug* adalah sama

IV.8. Uji beda rata-rata tekanan darah sebelum bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dan memakai *earplug*

Metode uji statistik yang digunakan adalah *paired t test*, digunakan untuk melihat perbedaan rata-rata tekanan darah sistolik-diastolik sebelum bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dengan saat memakai *earplug*.

Dari hasil uji t berpasangan didapatkan *p value* = 0,787 untuk tekanan sistolik sedangkan tekanan diastolik didapatkan *p value* sebesar 0,640, karena nilai $p > 0,05$ maka rata-rata tekanan sistolik maupun diastolik sebelum bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dengan saat memakai *earplug* adalah tidak berbeda. Jadi dapat dikatakan bahwa rata-rata tekanan sistolik maupun diastolik sebelum bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dengan saat memakai *earplug* secara statistik adalah sama.

IV.9. Uji beda rata-rata tekanan darah setelah bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dengan saat memakai *earplug*.

Metode uji statistik yang digunakan adalah *paired t tes*, digunakan untuk melihat perbedaan rata-rata tekanan darah sistolik-diastolik setelah bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dengan saat memakai *earplug*.

Dari hasil uji t berpasangan didapatkan *p value* = 0,00 untuk tekanan sistolik sedangkan tekanan diastolik didapatkan *p value* sebesar 0,029, karena nilai $p < 0,05$ maka dapat dikatakan bahwa rata-rata tekanan

sistolik maupun diastolik setelah bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dengan saat memakai *earplug* secara statistik adalah berbeda.

IV. 10. Rata-rata tekanan darah sebelum dan setelah bekerja antara responden yang merokok dengan yang tidak merokok

Dari hasil pengukuran tekanan darah sebelum dan setelah bekerja antara responden yang merokok dengan yang tidak merokok, didapatkan rata-rata tekanan darah responden yang tidak merokok lebih tinggi daripada responden yang merokok baik pada saat sebelum bekerja maupun setelah bekerja.

Tabel 4.6. Hasil pengukuran rata-rata tekanan darah sebelum dan setelah bekerja antara responden yang merokok dengan yang tidak merokok

Kebiasaan merokok	Tekanan darah (mmHg)			
	Tanpa earplug		Memakai earplug	
	Sebelum bekerja	Setelah bekerja	Sebelum bekerja	Setelah bekerja
Merokok (n=18)	125,0/77,22	137,22/85,0	124,44/80,56	122,22/78,89
Tidak merokok (n=12)	128,33/79,17	139,17/88,33	127,50/78,33	125,0/78,33

Untuk mengetahui apakah merokok mempunyai pengaruh terhadap tekanan darah setelah bekerja digunakan metode uji statistik *independent t tes*. Dari hasil uji ini akan dapat dilihat apakah terdapat perbedaan rata-rata

tekanan darah setelah bekerja antara responden yang merokok dengan yang tidak merokok.

Dari hasil uji t tidak berpasangan didapatkan nilai $p > 0,05$ baik ketika tidak memakai *earplug* maupun memakai *earplug*, maka rata-rata tekanan darah sebelum dan setelah bekerja antara responden yang merokok dengan yang tidak merokok adalah sama.

IV. 11. Rata-rata tekanan darah sebelum dan setelah bekerja antara responden yang mempunyai masa kerja < 5 tahun dengan masa kerja ≥ 6 tahun.

Dari hasil pengukuran tekanan darah setelah bekerja antara responden yang mempunyai masa kerja < 5 tahun dengan ≥ 6 tahun ketika tidak memakai *earplug*, didapatkan rata-rata tekanan darah responden yang mempunyai masa kerja ≥ 6 tahun lebih rendah daripada responden yang mempunyai masa kerja < 5 tahun.

Tabel 4.7. Hasil pengukuran rata-rata tekanan darah sebelum dan setelah bekerja antara responden yang mempunyai masa kerja < 5 tahun dengan ≥ 6 tahun

Masa kerja	Tekanan darah (mmHg)			
	Tanpa earplug		Memakai earplug	
	Sebelum bekerja	Setelah bekerja	Sebelum bekerja	Setelah bekerja
< 5 tahun (n=19)	126,32/79,47	139,47/86,84	125,79/78,95	122,11/78,95
≥ 6 tahun (n=12)	126,36/75,45	135,45/85,45	125,45/80,91	125,45/78,18

Untuk mengetahui apakah masa kerja mempunyai pengaruh terhadap tekanan darah setelah bekerja digunakan metode uji statistik *independent t tes*. Dari hasil uji ini akan dapat dilihat apakah terdapat perbedaan rata-rata tekanan darah setelah bekerja antara responden yang mempunyai masa kerja < 5 tahun dengan masa kerja ≥ 6 tahun.

Dari hasil uji *t* tidak berpasangan didapatkan nilai $p > 0,05$ baik ketika tidak memakai *earplug* maupun memakai *earplug*, maka rata-rata tekanan darah antara responden yang mempunyai masa kerja < 5 tahun dan ≥ 6 tahun adalah sama.

IV. 12. Uji beda rata-rata perubahan tekanan darah pekerja antara ketika tidak memakai *earplug* dan memakai *earplug*

Metode uji statistik yang digunakan adalah *paired t test*, digunakan untuk melihat perbedaan rata-rata perubahan tekanan darah sistolik-diastolik (selisih tekanan darah setelah bekerja dengan tekanan darah sebelum bekerja) antara ketika tidak memakai *earplug* dan memakai *earplug*.

Tabel 4.8. Uji beda rata-rata perubahan tekanan darah antara ketika tidak memakai *earplug* dengan memakai *earplug*

Pemakaian <i>earplug</i>	Sistolik			Diastolik		
	mean	SD	p	mean	SD	p
Tanpa <i>earplug</i>	11,67	9,13	0,00	8,33	6,99	0,00
vs						
memakai <i>earplug</i>	-2,33	7,74		-1	7,12	

Dari uji t berpasangan didapatkan *p value* = 0,00 baik untuk tekanan sistolik maupun diastolik. Karena $p < 0,05$ maka dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan rata-rata perubahan tekanan darah pekerja antara ketika tidak memakai *earplug* dengan memakai *earplug*.

BAB V

PEMBAHASAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimental semu, karena peneliti tidak mampu untuk mengendalikan berbagai *confounding variabel* secara ketat seperti layaknya penelitian eksperimen di laboratorium. Kelompok perlakuan dan kontrol sebagai subyek penelitian merupakan individu yang sama sehingga kesetaraan antara kedua kelompok terpenuhi.

Seluruh karakteristik responden disamakan yang meliputi umur, jenis kelamin, indeks masa tubuh, riwayat penyakit kardiovaskular pekerja dan keluarganya, serta kebiasaan olahraga. Dengan disamakan berbagai karakteristik responden dimaksudkan bila ternyata dalam penelitian ini ditemukan perbedaan tekanan darah diharapkan hanya faktor kebisingan yang berpengaruh.

V.1. Pengukuran lingkungan kerja

a. Pengukuran kebisingan

Dari hasil pengukuran kebisingan di 8 lokasi penggilingan padi didapatkan intensitas kebisingan antara 85,5-94 dB. Berdasar kriteria yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Tenaga Kerja no 51/Men/1999 tanggal 10 April 1999, NAB intensitas kebisingan untuk waktu pemajanan 8 jam per hari

adalah 85 dB. Jadi dapat dikatakan bahwa intensitas bising di 8 penggilingan padi telah melampau NAB.

Menurut pedoman mengenai bising lingkungan kerja yang telah digariskan oleh *Occupational Safety & Health Act*, maka bising dalam keadaan ajeg setinggi 85 dB keatas dinyatakan sebagai bising berbahaya, bising penuh resiko (*hazardous noise*) yang umumnya banyak ditemukan pada industri. Menurut *American Academy of Otolaryngology* (1998), bising ini lazim disebut sebagai trauma bising makro, sedangkan bising dengan intensitas 75-85 dB tidak masuk bising berbahaya tapi sudah menimbulkan *non-auditory effect*. Bising dengan intensitas > 125 dB dapat merusak telinga dalam dan tengah dengan sekali letusan (Peterson, 1985).

b. Pengukuran iklim kerja

Dari hasil pengukuran iklim kerja didapatkan suhu basah di lingkungan kerja adalah antara 22,4-29,4 ° C. Pada lokakarya standarisasi Hiperkes di Cibogo tahun 1974 disepakati suhu basah 30 ° C dikukuhkan sebagai titik awal pengaruh tekanan panas mungkin terlihat. Pada pengukuran suhu kering (suhu udara) berkisar 25,6-34,8 ° C. Suhu udara tersebut masih dalam batas-batas toleransi yang dapat diterima oleh pekerja tanpa menimbulkan gangguan kesehatan. Namun demikian suhu udara tersebut sudah berada di luar *comfort zone* yaitu 22-26 ° C untuk orang Indonesia (PUSPERKES, 1995)

V.2. Pengukuran tekanan darah

Dari hasil pengukuran tekanan darah yang dilakukan sebelum bekerja ketika tidak memakai *earplug* didapatkan tekanan sistolik responden berkisar antara 110-150 mmHg dengan rata-rata sebesar $126,3 \pm 12,72$ mmHg, sedangkan tekanan diastolik berkisar antara 60-110 mmHg dengan rata-rata sebesar $78 \pm 13,49$ mmHg.

Hasil pengukuran tekanan darah yang dilakukan setelah bekerja ketika tidak memakai *earplug* didapatkan tekanan sistolik responden berkisar antara 120-170 mmHg dengan rata-rata sebesar $138 \pm 13,23$ mmHg, sedangkan tekanan diastolik berkisar antara 70-110 mmHg dengan rata-rata sebesar $86,3 \pm 12,72$ mmHg.

Menurut pedoman *Joint National Committee on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure*, tekanan darah setelah bekerja termasuk dalam katagori normal tinggi (perbatasan). Meskipun tergolong katagori normal tetapi telah terjadi peningkatan tekanan darah setelah bekerja sebesar $11,7/8,3$ mmHg dibanding sebelum bekerja.

Penelitian yang sejenis juga dilakukan oleh Lusk SL et al (2002). Mereka meneliti paparan jangka panjang bising di lingkungan kerja pada tekanan darah pekerja, didapatkan hasil tekanan darah sistolik berkisar antara 90-172 mmHg dengan rata-rata sebesar $122 \pm 8,81$ mmHg, sedangkan tekanan darah diastolik berkisar antara 52-102 mmHg dengan rata-rata sebesar $78 \pm$

9,45 mmHg. Pengukuran tekanan darah dilakukan sebelum bekerja, yang menggambarkan paparan bising jangka panjang.

Dari hasil pengukuran tekanan darah sebelum bekerja didapatkan prevalensi hipertensi pada responden sebesar 26,6 %. Prevalensi hipertensi pada responden tersebut lebih tinggi, bila dibandingkan dengan prevalensi penduduk Indonesia secara keseluruhan yaitu sekitar 8,3% (Balitbangkes,1995) tetapi lebih rendah bila dibandingkan prevalensi hipertensi di wilayah kabupaten setempat. Menurut data di Dinas Kesehatan Kab Karanganyar prevalensi hipertensi di Kab Karanganyar sampai bulan Desember 2004 tercatat 27,49%.

V.3. Analisis bivariat

- a. Perbedaan tekanan darah antara sebelum dan setelah bekerja ketika tidak memakai *earplug*

Dari uji t berpasangan (tekanan sistolik-diastolik sebelum bekerja vs setelah bekerja) ketika tidak memakai *earplug* didapatkan kesimpulan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna rata-rata tekanan sistolik-diastolik antara sebelum dan setelah bekerja.

Pada saat tidak memakai *earplug* rata-rata tekanan sistolik antara sebelum dan setelah bekerja meningkat sebesar 11,6 mmHg. Sedangkan rata-rata tekanan diastolik antara sebelum dan setelah bekerja meningkat sebesar 8,3 mmHg.

Meningkatnya tekanan darah sistolik-diastolik setelah bekerja dibandingkan sebelum bekerja pada saat tidak memakai *earplug* menunjukkan kemungkinan pengaruh paparan bising lingkungan kerja. Peneliti berasumsi demikian dengan dasar bahwa berbagai *confounding factor* telah dikendalikan meski terdapat 2 variabel yang tidak dapat dikendalikan yaitu merokok dan masa kerja.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Sujata (1990) mengenai pengaruh bising lingkungan kerja yang melebihi NAB terhadap tekanan darah pekerja tekstil. Dalam penelitian tersebut terjadi kenaikan tekanan darah antara sebelum dan setelah bekerja, dimana rata-rata kenaikan tekanan sistolik 25,4 mmHg dan tekanan diastolik naik 17 mmHg. Sujata (1990), juga menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh bising sendiri terhadap tekanan darah sistolik dan diastolik.

- b. Perbedaan tekanan darah antara sebelum dan setelah bekerja pada saat memakai *earplug*

Dari uji t berpasangan (tekanan sistolik-diastolik sebelum bekerja vs setelah bekerja) pada saat memakai *earplug* didapatkan kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna rata-rata tekanan sistolik-diastolik antara sebelum dan setelah bekerja.

Pada saat memakai *earplug*, rata-rata tekanan sistolik antara sebelum dan setelah bekerja turun sebesar 2,3 mmHg. Sedangkan rata-rata

tekanan diastolik antara sebelum dan setelah bekerja turun sebesar 1 mmHg.

Sebelum penelitian ini dilaksanakan diasumsikan bahwa tekanan darah setelah bekerja ketika memakai *earplug* akan tetap meningkat meskipun peningkatannya tidak setinggi ketika tidak memakai *earplug*. Berdasarkan hasil penelitian didapat bahwa tekanan darah setelah bekerja ketika *earplug* sudah dipakai menunjukkan penurunan. Besarnya penurunan tekanan darah setelah bekerja ini mungkin disebabkan pemakaian *earplug* (masih harus dibandingkan dengan tekanan darah setelah bekerja ketika tidak memakai *earplugi*) dan juga karena beban kerja yang ditanggung oleh pekerja termasuk jenis beban kerja sedang. Setelah bekerja karena ada pembebanan fisik maka akan terjadi reaksi fisiologis *cardiovascular strain* salah satunya berupa kenaikan tekanan darah.

Beban kerja sedang ini ditunjukkan dengan rerata denyut nadi selama bekerja sebesar 120,7 denyut/menit. Menurut Christensen (1991) dan Grandjean (1993) menjelaskan bahwa salah satu pendekatan untuk mengetahui berat ringannya beban kerja adalah salah satunya dengan menghitung nadi kerja. Pada batas tertentu denyut jantung mempunyai hubungan yang linear dengan konsumsi oksigen atau pekerjaan yang dilakukan. Kepekaan denyut nadi terhadap perubahan pembebanan yang diterima tubuh cukup tinggi. Denyut nadi akan segera berubah seirama

dengan perubahan pembebanan, baik yang berasal dari pembebanan mekanik, fisika maupun kimiawi (Kurniawan, 1995).

Disamping pengaruh beban kerja katagori sedang, penurunan tekanan darah juga dapat disebabkan sikap kerja berdiri selama jam kerja. Menurut Ganong (1983), pada posisi berdiri, kapasitas pembuluh darah vena pada anggota bawah dan isi sekuncup akan turun sampai 40%. Berdiri dalam jangka waktu lama akan menyebabkan kenaikan volume cairan antar jaringan pada tungkai bawah. Pada posisi berdiri pengumpulan darah di vena lebih banyak, dengan demikian volume darah yang kembali ke jantung menjadi sedikit yang mengakibatkan isi sekuncup berkurang. Isi sekuncup yang berkurang akan membuat curah jantung juga turun sehingga akan menurunkan tekanan darah.

- c. Perbedaan rata-rata tekanan darah sebelum bekerja antara pada saat tidak memakai *earplug* dengan memakai *earplug*

Dari hasil *paired t test* (tekanan darah sebelum bekerja pada saat tidak memakai *earplug* vs tekanan darah sebelum bekerja pada saat memakai *earplug*) didapatkan *p value* = 0,787 untuk tekanan sistolik dan *p value* sebesar 0,640 untuk tekanan diastolik. karena nilai $p > 0,05$ maka dapat dikatakan tidak ada perbedaan tekanan sistolik-diastolik sebelum bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dengan ketika memakai *earplug*. Hasil ini menunjukkan bahwa tekanan sistolik-diastolik sebelum bekerja pada kedua katagori pemakaian *earplug* relatif sama.

Keadaan rata-rata tekanan sistolik-diastolik sebelum bekerja yang relatif sama ini merupakan syarat utama dalam membandingkan tekanan darah pekerja tidak memakai earplug dan memakai *earplug*, sehingga bila nanti diketahui terdapat perbedaan rata-rata tekanan darah diantara keduanya diharapkan hanya karena faktor pemakaian *earplug* saja yang berpengaruh.

d. Perbedaan rata-rata tekanan darah setelah bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dengan ketika memakai *earplug*

d.1. Tekanan sistolik

Dari hasil *paired t test* didapatkan nilai $p = 0,00$, karena nilai $p < 0,05$ maka dapat dikatakan terdapat perbedaan tekanan sistolik setelah bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dan ketika memakai *earplug*. Rata-rata tekanan sistolik setelah bekerja tanpa memakai *earplug* sebesar 138 mmHg dan turun menjadi 123,3 mmHg pada saat memakai *earplug*. Adapun perbedaan rata-rata tekanan sistolik setelah bekerja antara saat tanpa *earplug* dan memakai *earplug* adalah sebesar 14,67 mmHg.

Dari hasil ini peneliti menyimpulkan bahwa tekanan sistolik setelah bekerja pada saat memakai *earplug* lebih rendah 14,67 mmHg dibanding tekanan sistolik setelah bekerja ketika tidak memakai *earplug*.

d.2. Tekanan diastolik

Dari hasil paired t test didapatkan nilai $p = 0,29$, karena nilai $p < 0,05$ maka terdapat perbedaan yang bermakna tekanan diastolik setelah bekerja antara saat tanpa memakai *earplug* dan memakai *earplug*. Rata-rata tekanan diastolik setelah bekerja tanpa memakai *earplug* sebesar 86,3 mmHg dan turun menjadi 78,6 mmHg pada saat memakai *earplug*. Adapun perbedaan rata-rata tekanan diastolik setelah bekerja antara kelompok tanpa earplug dan memakai earplug adalah sebesar 6,67 mmHg.

Dari hasil ini peneliti menyimpulkan bahwa tekanan diastolik setelah bekerja pada saat memakai *earplug* lebih rendah 6,67 mmHg dibanding tekanan diastolik setelah bekerja ketika tidak memakai *earplug*.

Dari hasil diatas maka dapat dikatakan bahwa pemakaian *earplug* terbukti mempunyai efek yang menguntungkan bagi tekanan sistolik maupun diastolik. Lusk SL et al (2002), menyatakan bahwa penggunaan alat pelindung telinga mampu mereduksi paparan bising dan mempunyai pengaruh bagi tekanan darah sistolik dan diastolik. Dalam penelitian mereka mengenai efek paparan bising jangka panjang terhadap tekanan darah pekerja perakitan mobil didapatkan bahwa ketika pekerja memakai alat pelindung telinga tekanan sistolik lebih rendah 3,7 mmHg dibanding ketika mereka ketika belum

memakai alat pelindung telinga. Hal yang sama juga dijumpai pada tekanan diastolik yang lebih rendah 2,9 mmHg pada saat pekerja memakai alat pelindung telinga dibanding ketika alat pelindung telinga belum dipakai.

Earplug sebagai alat proteksi telinga dari paparan bising yang tinggi dapat mengurangi tingkat kebisingan sampai 20 dB (Bixby,1996). Swasono Rahayu (2004), melaporkan bahwa *earplug* merupakan alat pelindung telinga yang paling efektif mengurangi intensitas kebisingan dibandingkan *earmuff* dan *helmet*. *Earplug* mampu mengurangi kebisingan sampai 33 dB A, sedangkan *earmuff* dan *helmet* berturut-turut sebesar 29 dB, 24,8 dB.

Fungsi *earplug* akan lebih optimal bagi pelindung telinga, ketika alat ini dibuat secara cermat dan sesuai dengan ukuran saluran telinga. Si pemakai akan merasakan karakteristik atenuasi kebisingan yang baik pula. Pemakaian *earplug* yang tidak cocok dengan ukuran saluran telinga si pemakai dapat mengakibatkan atenuasi kebisingan yang tidak sempurna, perasaan tidak nyaman selama dipakai dan dermatitis pada saluran telinga.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bising mempengaruhi sistem *cardiovascular*. Menurut Jovanovic (1990) bising merupakan faktor yang cukup signifikan dalam menimbulkan hipertensi. Penggunaan alat pelindung telinga dapat menurunkan bahkan

menghilangkan efek yang merugikan baik *auditive* maupun *nonauditive* akibat paparan bising industri tersebut. Hubungan antara paparan bising dan tekanan darah tinggi telah dianggap sebagai bukti bahwa bising merupakan faktor resiko bagi *cardiovascular* (Singh AP, 1982; Talbott E, 1989).

Terdapat berbagai pendapat mengenai mekanisme terjadinya kenaikan tekanan darah akibat paparan bising ini yaitu yang pertama karena adanya katekolamine yang dilepas dari medulla adrenal sebagai akibat aktivasi sistem adrenalin, yang kedua karena efek dari kelenjar suprarenal yang menghasilkan angiotensin akibat pengaruh paparan bising serta yang terakhir paparan langsung bising terhadap tekanan dinding arteri. Ketiga mekanisme tersebut mengakibatkan peningkatan tekanan darah (Andren L, 1983; Brandenbarger G et al, 1977).

Stimulasi bising melalui mekanisme saraf simpatik menyebabkan naiknya tekanan darah melalui peningkatan tahanan perifer total dan curah jantung. Menurut Smooklar et al (1973), pengulangan paparan bising yang terus menerus dapat mempercepat perkembangan perubahan struktur vascular pembuluh perifer sehingga menghasilkan kenaikan tekanan darah yang menetap sampai menuju tingkat hipertensi. Carpenter (1967), Drettner (1967), Jansen (1964), Johnson (1977), Niermeyer (1967) dan Oedono (1991) menyatakan bahwa pada hewan percobaan yang terpapar bising cukup keras dalam

waktu lama dapat terjadi aktivasi syaraf simpatis sehingga menimbulkan angiospastik pembuluh darah tepi, kenaikan tekanan darah serta peningkatan denyut nadi.

Pengaruh jangka waktu paparan bising terhadap sistem *cardiovascular* masih banyak diperdebatkan. Terdapat bukti kuat paparan akut bising yang menyebabkan naiknya tekanan darah (WHO, 1999; Passchier-Vermeer, 1993; HCN, 1994; Berglund & Lindvall, 1995; IEH, 1997) tetapi kesimpulan pengaruh paparan bising kronis terhadap sistem *cardiovascular* tidak konsisten diantara penelitian-penelitian yang telah dilakukan.

Pada penelitian lapangan khususnya di lingkungan kerja, Melamed et al (1997) melakukan penelitian hubungan antara paparan bising industri dengan kadar serum lipid, disimpulkan bahwa paparan bising merupakan faktor resiko bagi penyakit *cardiovascular* melalui peningkatan plasma lipid. Van Dijk, Verbeek, De Fries (1987) dan Van Dijk, Souman, De Fries (1987) melakukan penelitian efek *nonauditory* pada paparan bising industri dimana dikedua penelitian ini tidak ditemukan hubungan. Van Dijk (1990) menyimpulkan bahwa setengah dari berbagai penelitian mengenai pengaruh paparan bising industri terhadap sistem *cardiovascular* mempunyai hubungan yang positif.

Van Kempen et al (2002) melakukan meta analisis dari 43 penelitian epidemiologis yang dipublikasikan antara tahun 1970 sampai 1999 yang menyoroti hubungan antara paparan bising (lingkungan maupun industri) dengan tekanan darah. Dari hasil meta analisis didapat adanya perbedaan tekanan darah antara subyek yang terpapar bising dan tanpa paparan bising. Selain itu ditemukan juga hubungan yang signifikan pada paparan bising industri dengan tekanan darah tinggi dengan resiko relatif terjadinya hipertensi 1,14 kali (1,01-1,29) tiap kenaikan bising 5 dB(A).

Johsson & Hansson (1997) dalam penelitian retrospektifnya melaporkan bahwa pekerja laki-laki yang terpapar bising tinggi mempunyai tekanan sistolik dan diastolik yang lebih tinggi daripada pekerja tanpa paparan bising. Talbott et al (1990) melakukan penelitian pada pekerja yang mempunyai masa kerja minimal 30 tahun yang terpapar bising > 89 dB, didapatkan lebih banyak insiden hipertensi pada pekerja.

Singh et al (1982) membandingkan 37 pekerja yang terpapar bising di tempat kerja dan 36 pekerja tanpa paparan bising dan menemukan bahwa tekanan darah tinggi ditemukan lebih banyak pada pekerja yang terpapar bising. Jovanovic (1997) menemukan sebanyak 61% pekerja yang terpapar bising jangka panjang menderita hipertensi

dibandingkan hanya 19% pekerja tanpa paparan bising yang menderita hipertensi.

Dari berbagai hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa paparan bising industri yang kronis dapat meningkatkan tekanan darah serta terdapat bukti bahwa pemakaian *earplug* dapat mencegah kenaikan tekanan darah akibat paparan bising industri. Hasil penelitian tersebut ternyata selaras dengan hasil penelitian ini, dimana paparan bising penggilingan padi menyebabkan kenaikan tekanan darah setelah bekerja sebesar 11/8 mmHg. Pemakaian *earplug* juga terbukti mempunyai efek yang menguntungkan bagi tekanan darah, dimana ketika memakai *earplug* rata-rata tekanan darah setelah bekerja lebih rendah 14,6/6,6 mmHg dibanding rata-rata tekanan darah setelah bekerja ketika tidak memakai *earplug*.

Dalam penelitian ini disamping pengaruh *earplug* yang secara signifikan mampu menurunkan tekanan darah responden, ditemukan pula variabel lain yaitu beban kerja katagori sedang dan posisi kerja yang juga mampu menurunkan tekanan darah. Kedua variabel ini sangat mempengaruhi tekanan darah responden baik ketika tidak memakai *earplug* maupun ketika memakai *earplug*, dimana kedua variabel ini tidak dapat dikendalikan oleh peneliti.

Berdasarkan pengamatan dijumpai bahwa semua pekerja tidak memakai alat pelindung telinga. Hal ini disebabkan alat pelindung

telinga memang tidak tersedia di tempat kerja. Sundari (1994) melaporkan hanya 40% dari tenaga kerja yang terpapar bising menggunakan alat pelindung telinga selama bekerja, sedangkan Maisarah (1993) melaporkan 80 % tenaga kerja tidak mempergunakan alat pelindung telinga selama bekerja. Pada penelitian Soetjipto (1973) tidak ada tenaga kerja yang memakai alat pelindung telinga.

V.4. Faktor masa kerja (adaptasi)

Masa kerja responden berkisar antara 6 bulan sampai 25 tahun, dimana pekerja yang mempunyai masa kerja < 5 tahun sebanyak 64% sedangkan masa kerja \geq 6 tahun sebanyak 36%. Masa kerja sangat erat hubungannya dengan paparan bising, dimana semakin lama bekerja berarti responden semakin lama terpapar bising.

Dari hasil pengukuran tekanan darah responden berdasar masa kerjanya tampak bahwa rata-rata tekanan sistolik maupun diastolik setelah bekerja ketika tidak memakai *earplug* dengan masa kerja \geq 6 tahun (135,4/85,4) lebih rendah daripada responden dengan masa kerja < 5 tahun (139,4/86,8).

Hal ini menunjukkan bahwa paparan bising jangka panjang bukan berarti akan meningkatkan efek fisiologis akibat paparan bising. Hal ini disebabkan karena adanya sistem autonom yang mempengaruhinya. Pengaruh sistem autonom sangat berpengaruh terhadap penelitian ini. Levi (1966) menemukan bahwa kadar adrenalin dalam urin dan noradrenalin lebih tinggi pada subyek

yang terpapar bising dalam waktu pendek sedangkan ketika terpapar bising yang sama dalam waktu yang lama, kadar adrenalin dan noradrenalin hanya naik sedikit, sehingga faktor habituasi akan mempengaruhi sistem autonom berkenaan dengan paparan bising.

Paparan bising kronis dapat mengurangi kepekaan telinga terhadap suara karena organ telinga bagian luar, tengah dan dalam kemungkinan akan terganggu, sehingga paparan bising tidak akan menimbulkan efek peningkatan tekanan darah. Dari hasil penelitian didapatkan jumlah responden dengan masa kerja lebih atau sama dengan satu tahun sebanyak 25 orang (83%). Di sisi lain prevalensi hipertensi responden cukup besar yaitu sekitar 26%. Dari dua kenyataan tersebut diatas sepertinya terdapat kenyataan yang bertolak belakang yaitu paparan bising kronis yang kemungkinan menjadi penghambat kenaikan tekanan darah dan adanya prevalensi hipertensi yang cukup besar.

Untuk menjelaskan kenyataan yang ditemui tersebut, penulis mempunyai asumsi sebagai berikut :

1. Responden dengan masa kerja > 1 tahun yang berarti terpapar bising kronis kemungkinan ginjalnya telah mengalami kelainan fungsional ataupun perubahan struktural yang terjadi secara bertahap sehingga produksi rennin dipertahankan tinggi meski perangsangan simpatis (paparan bising) dihilangkan.
2. Paparan bising yang diterima pekerja kemungkinan merupakan paparan akut, dimana pekerja tidak didekat mesin penggilingan padi selama masa

jam kerjanya tetapi pada kenyataannya mereka terus bergerak di lingkungan pabrik dan tidak hanya terpaku di sekitar mesin.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka pada bagian ini akan dikemukakan kesimpulan penelitian dan saran yang dapat dilakukan oleh pemilik penggilingan padi maupun pekerja.

VI. 1. Simpulan

- a. Dari hasil pengukuran kebisingan di 8 lokasi penggilingan padi didapatkan intensitas kebisingan telah melampaui NAB yaitu antara 85,5-94 dB.
- b. Dari hasil pengukuran tekanan darah responden sebelum bekerja didapatkan prevalensi hipertensi sistolik-diastolik sebanyak 26,6%.
- c. Pada saat tidak memakai *earplug* terdapat perbedaan rata-rata tekanan darah baik sistolik maupun diastolik antara sebelum dan setelah bekerja, dimana terjadi peningkatan tekanan darah sistolik-diastolik setelah bekerja sebesar 11,6/8,3 mmHg.
- d. Pada saat memakai *earplug* terdapat perbedaan rata-rata tekanan darah baik sistolik maupun diastolik antara sebelum dan setelah bekerja, dimana terjadi penurunan tekanan darah sistolik-diastolik setelah bekerja sebesar 2,3/1,0 mmHg.

- e. Terdapat perbedaan rata-rata tekanan darah sistolik-diastolik setelah bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dan pada saat memakai *earplug*, dimana rata-rata tekanan darah sistolik-diastolik setelah bekerja pada saat *earplug* telah dipakai lebih rendah 14,6/6,6 mmHg daripada ketika tidak memakai *earplug*.

VI. 2. Saran-saran

Bagi pemilik penggilingan padi

- a. Untuk mengendalikan kebisingan di tingkat sumber dapat dilakukan dengan memasang semacam selubung akustik dari bahan peredam getaran dengan pemilihan bahan yang memiliki sifat menyerap intensitas kebisingan ataupun dengan memasang penutup (*muffler*) pada saluran pembuangan.
- b. Menjaga waktu kontak pekerja dengan kebisingan, yaitu :
 - 1) Pada mesin yang mempunyai intensitas kebisingan sebesar 85 dB, pekerja diperbolehkan berada di dekat mesin (sebagai operator) maksimal hanya 8 jam per hari
 - 2) Pada mesin yang mempunyai intensitas kebisingan sebesar 88 dB, pekerja diperbolehkan berada di dekat mesin (sebagai operator) maksimal hanya 4 jam per hari untuk kemudian dapat bekerja di bagian pengayakan atau pengepakan yang paparan bisingnya di bawah NAB.

- 3) Pada mesin yang mempunyai intensitas kebisingan sebesar 91 dB, pekerja diperbolehkan berada di dekat mesin (sebagai operator) maksimal hanya 2 jam per hari untuk kemudian dapat bekerja di bagian pengayakan atau pengepakan yang paparan bisingnya di bawah NAB.
- c. Menyediakan alat pelindung telinga berupa earplug yang dapat terbuat dari karet dengan konfigurasi *pre-molded 3-flange*, dimana jenis ini lebih murah dibanding tipe *earplug* lainnya, cocok untuk pemakaian di ruang kerja yang panas dan tidak berinterferensi dengan pemakaian kacamata atau topi.

BAB VII

RINGKASAN

A. Pendahuluan

Davis I.R. (1994) melaporkan bahwa bising di tempat kerja merupakan masalah utama dalam kesehatan kerja di berbagai negara, diperkirakan sedikitnya 7 juta orang terpapar dengan bising > 85 dB A.

Pengaruh kebisingan terhadap tekanan darah tinggi telah menjadi bahan kajian dan studi utama terutama kebisingan di lingkungan kerja dan tempat tinggal. Penelitian-penelitian ini mengindikasikan bahwa paparan jangka panjang terhadap kebisingan intensitas tinggi pada 85 dB atau lebih, khususnya ketika telinga tidak dilindungi akan menyebabkan kenaikan tekanan darah atau hipertensi (Evelyn O. Talbott, 1995).

Operator mesin penggilingan padi akan selalu terpapar bising, yang ditimbulkan beroperasinya penggilingan mesin selama delapan jam perharinya. Intensitas kebisingan yang ditimbulkan mesin ini berkisar antara 86-97 dB, yang melebihi nilai NAB-nya. Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja No 51/MEN/1990, NAB untuk kebisingan selama 8 jam kerja adalah sebesar 85 dB. Dari paparan faktor lingkungan fisik ini dikhawatirkan mengakibatkan beberapa gangguan kesehatan terhadap operator mesin penggilingan padi.

Berdasar studi pendahuluan penulis, di Kecamatan Karanganyar Kabupaten Karanganyar terdapat lima puluh penggilingan padi dengan tiga sampai empat orang operator mesin untuk satu penggilingan padi. Berdasar pengamatan tidak satupun diantara operator penggilingan padi tersebut yang menggunakan alat pelindung telinga berupa penutup telinga. Hasil pengukuran tekanan darah sebelum dan setelah bekerja di tiga perusahaan penggilingan padi dengan 5 orang pekerja, menunjukkan terjadi kenaikan rata-rata tekanan sistolik 14 mm Hg dan kenaikan rata-rata tekanan diastolic 12 mm Hg.

B. Tinjauan Pustaka

Kebisingan adalah bunyi yang tidak dikehendaki karena tidak sesuai dengan konteks ruang dan waktu sehingga dapat menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan dan kesehatan manusia.

Beberapa bentuk gangguan yang diakibatkan oleh kebisingan adalah sebagai berikut: gangguan pendengaran, gangguan percakapan, gangguan tidur, gangguan psikologis, gangguan produktifitas kerja dan gangguan kesehatan.

Upaya pengendalian kebisingan dilakukan melalui pengurangan dan pengendalian tingkat kebisingan sumber serta upaya rekayasa. Secara umum teknik pengendalian kebisingan terbagi menjadi 3 aspek (Dwi P.Sasongko, 2000) yaitu pengendalian kebisingan pada sumber kebisingan, pengendalian kebisingan pada medium propagasi dan pengendalian kebisingan pada manusia (receiver).

Pengendalian kebisingan pada manusia dilakukan untuk mereduksi tingkat kebisingan yang diterima harian. Metode ini biasanya disebut sebagai personal

hearing protection. Pengendalian kebisingan ini terutama ditujukan bagi mereka yang dalam hariannya menerima kebisingan, seperti pekerja pabrik. Apabila pengendalian secara teknis dan administrative belum dapat mereduksi tingkat dan lama kebisingan yang diterima maka digunakan alat pelindung kebisingan yaitu earplug atau earmuff.

Bising merupakan gangguan yang bersifat psikososial karena kehadirannya tidak dikehendaki. Gangguan yang bersifat psikososial ini bila datang berulang-ulang terhadap pekerja akan menimbulkan reaksi siaga yang selalu mengikutsertakan naiknya aktivitas saraf simpatis yang lambat laun mengakibatkan kenaikan tekanan darah (Miller et al, 1969).

Hipotesa penelitian ini adalah terdapat perbedaan rata-rata perubahan tekanan darah pekerja (selisih antara tekanan darah setelah bekerja dengan sebelum bekerja) antara saat tidak memakai *earplug* dan saat memakai *earplug*.

C. Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian *experimental* semu dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian. Penelitian eksperimen ini menggunakan rancangan Sama Subyek (*Treatment by Subject Design*) dengan pola *Pretest-posttest Group Design*. Dalam rancangan ini sebuah subyek mengalami 2 kali pretest-posttest. Pada kesempatan pertama tidak diberikan perlakuan dan pada kesempatan kedua diberikan perlakuan. pretest-posttest dalam penelitian ini berupa pengukuran tekanan darah pekerja sebelum dan setelah bekerja, sedangkan perlakuannya adalah dengan memakaikan *earplug* pada pekerja. Berdasar kriteria inklusi dan eksklusi didapatkan jumlah sampel sebesar 30 orang.

Analisis data penelitian dilakukan secara univariat dan bivariat. Analisis bivariat dilakukan untuk mengetahui perbedaan rata-rata tekanan darah setelah bekerja ketika pekerja tidak memakai *earplug* dan memakai *earplug*

D. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dari hasil pengukuran kebisingan di 8 lokasi penggilingan padi didapatkan intensitas kebisingan antara 85,5-94 dB. Berdasar kriteria yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Tenaga Kerja no 51/Men/1999 tanggal 10 April 1999, NAB intensitas kebisingan untuk waktu pemajanan 8 jam per hari adalah 85 dB. Jadi dapat dikatakan bahwa intensitas bising di 8 penggilingan padi telah melampaui NAB.

Dari hasil pengukuran tekanan darah yang dilakukan sebelum bekerja ketika tidak memakai *earplug* didapatkan rata-rata tekanan sistolik responden sebesar $126,3 \pm 12,72$ mmHg, sedangkan rata-rata tekanan diastolik dengan sebesar $78 \pm 13,49$ mmHg. Hasil pengukuran tekanan darah yang dilakukan setelah bekerja ketika tidak memakai *earplug* didapatkan rata-rata tekanan sistolik responden sebesar $138 \pm 13,23$ mmHg, sedangkan rata-rata tekanan diastolik sebesar $86,3 \pm 12,72$ mmHg. Penelitian yang sejenis juga dilakukan oleh Lusk SL et al (2002). Mereka meneliti paparan jangka panjang bising di lingkungan kerja pada tekanan darah pekerja, didapatkan rata-rata tekanan darah sistolik sebesar $122 \pm 8,81$ mmHg, sedangkan rata-rata tekanan darah diastolik sebesar $78 \pm 9,45$ mmHg.

Pada saat tidak memakai *earplug* rata-rata tekanan sistolik setelah bekerja meningkat sebesar 11,6 mmHg dibanding sebelum bekerja. Sedangkan rata-rata tekanan diastolik antara sebelum dan setelah bekerja meningkat sebesar 8,3 mmHg.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Sujata (1990) mengenai pengaruh bising lingkungan kerja yang melebihi NAB terhadap tekanan darah pekerja tekstil. Dalam penelitian tersebut terjadi kenaikan tekanan darah antara sebelum dan setelah bekerja, dimana rata-rata kenaikan tekanan sistolik 25,4 mmHg dan tekanan diastolik naik 17 mmHg.

Tekanan darah sistolik-diastolik setelah bekerja pada saat memakai *earplug* lebih rendah 14,67/6,67 mmHg dibanding tekanan sistolik-diastolik setelah bekerja ketika tidak memakai *earplug*. Dari hasil diatas maka dapat dikatakan bahwa pemakaian *earplug* terbukti mempunyai efek yang menguntungkan bagi tekanan sistolik maupun diastolik. Lusk SL et al (2002), menyatakan bahwa ketika pekerja memakai alat pelindung telinga tekanan sistolik lebih rendah 3,7 mmHg dibanding ketika mereka ketika belum memakai alat pelindung telinga. Hal yang sama juga dijumpai pada tekanan diastolik yang lebih rendah 2,9 mmHg pada saat pekerja memakai alat pelindung telinga dibanding ketika alat pelindung telinga belum dipakai.

Terdapat berbagai pendapat mengenai mekanisme terjadinya kenaikan tekanan darah akibat paparan bising ini yaitu yang pertama karena adanya katekolamine yang dilepas dari medulla adrenal sebagai akibat aktivasi sistem adrenalin, yang kedua karena efek dari kelenjar suprarenal yang menghasilkan angiotensin akibat pengaruh paparan bising serta yang terakhir paparan langsung bising terhadap tekanan dinding arteri. Ketiga mekanisme tersebut mengakibatkan peningkatan tekanan darah (Andren L, 1983; Brandenbarger G et al, 1977).

Stimulasi bising melalui mekanisme saraf simpatik menyebabkan naiknya tekanan darah melalui peningkatan tahanan perifer total dan curah jantung. Menurut Smooklar et al (1973), pengulangan paparan bising yang terus menerus dapat mempercepat perkembangan perubahan struktur vascular pembuluh perifer sehingga menghasilkan kenaikan tekanan darah yang menetap sampai menuju tingkat hipertensi.

E. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

- a. Pada saat tidak memakai *earplug* terdapat perbedaan rata-rata tekanan darah baik sistolik maupun diastolik antara sebelum dan setelah bekerja, dimana terjadi peningkatan tekanan darah sistolik-diastolik setelah bekerja sebesar 11,6/8,3 mmHg.
- b. Pada saat memakai *earplug* terdapat perbedaan rata-rata tekanan darah baik sistolik maupun diastolik antara sebelum dan setelah bekerja, dimana terjadi penurunan tekanan darah sistolik-diastolik setelah bekerja sebesar 2,3/1,0 mmHg.
- c. Terdapat perbedaan rata-rata tekanan darah sistolik-diastolik setelah bekerja antara saat tidak memakai *earplug* dan pada saat memakai *earplug*, dimana rata-rata tekanan darah sistolik-diastolic setelah bekerja pada saat *earplug* telah dipakai lebih rendah 14,6/6,6 mmHg daripada ketika *earplug* belum dipakai.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalkan pengaruh paparan bising terhadap kenaikan tekanan darah pekerja penggilingan padi :

- a. Untuk mengendalikan kebisingan di tingkat sumber dapat dilakukan dengan memasang semacam selubung akustik dari bahan peredam getaran dengan pemilihan bahan yang memiliki sifat menyerap intensitas kebisingan ataupun dengan memasang penutup (*muffler*) pada saluran pembuangan.
- b. Menjaga waktu kontak pekerja dengan kebisingan, yaitu :
 1. Pada mesin yang mempunyai intensitas kebisingan sebesar 85 dB, pekerja diperbolehkan berada di dekat mesin (sebagai operator) maksimal hanya 8 jam per hari
 2. Pada mesin yang mempunyai intensitas kebisingan sebesar 88 dB, pekerja diperbolehkan berada di dekat mesin (sebagai operator) maksimal hanya 4 jam per hari untuk kemudian dapat bekerja di bagian pengayakan atau pengepakan yang paparan bisingnya di bawah NAB.
 3. Pada mesin yang mempunyai intensitas kebisingan sebesar 91 dB, pekerja diperbolehkan berada di dekat mesin (sebagai operator) maksimal hanya 2 jam per hari untuk kemudian dapat bekerja di bagian pengayakan atau pengepakan yang paparan bisingnya di bawah NAB.
 4. Menyediakan alat pelindung telinga berupa earplug yang dapat terbuat dari karet dengan konfigurasi *pre-molded 3-flange*, dimana jenis ini lebih murah dibanding tipe *earplug* lainnya, cocok untuk pemakaian di ruang kerja yang panas dan tidak berinterferensi dengan pemakaian kacamata atau topi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hull, A., 1986. *Heart Disease, Hypertension and Nutrition*. Health media of America, Inc
2. Andren, L., 1983. *Cardiovascular Effect of Noise*. Acta Med, Scand
3. Andriukin, A.A., 1961. *Influence of sound stimulation on the development of hypertension : Clinical & experiment result*. Cor et vasa 3
4. Badan Penelitian & Pengembangan Kesehatan, 1992. *Survey Kesehatan Rumah Tangga*. Depkes, Jakarta
5. Bakri S., Tessy A., Tabrich S., 1984. *Prevalensi Hipertensi pada beberapa Kelompok Masyarakat di Ujungpandang dan sekitarnya*. Naskah lengkap KOPAPDI VI, Jakarta
6. Berglund, B., Lindvall, T., 1995. *Community Noise*. Archives of the Center for Sensory Research, Stockholm
7. Bixby, M., 1996. *Regarding Tinnitus-Ringing Ears & other Noises*
8. Brandenbarger, G., Follanius, M., Tramoliaras, C., 1997. *Failure of Noise Exposure to Modify Temporal Patterns of Plasma Cortisol in Man*. Eur J Appl physiol
9. Burn, W., 1979. *Noise and Man*. William Clover and sons limited, London
10. Carpenter, A., 1987. *In the Control of Noise*. HM Stationery Office, London
11. Christensen, E.H., 1991. *Physiology of Work*. Dalam : Parmegiani, L.ed. Encyclopedia of occupational health and safety, 3rd ed, ILO, Geneva
12. Davis, Silverman., 1978. *Hearing and deafness*. Holt, Rineheart and Winston, New York
13. Djoyosugito, A.M., 1982. *Patofisiologi Hipertensi Esensial*. Simposium hipertensi, FK UGM, Yogyakarta
14. Djoyosugito, A.M., 1984. *Peran System RAA pada Hipertensi*. Simposium konsep baru penatalaksanaan hipertensi, PAPDI cabang Yogyakarta dan FK UGM
15. Drettner, B., 1967. *a Peripheral Vascular Response by Stimulation of Noise*. Acta Otolaryng, Stockholm

16. Folkow, B.,1987. *Structure and Function of the Arteriol in Hypertension*. Am Heart journal
17. Gani A, Alim H, Ardaya.,1983. *Survey Pengukuran Tekanan Darah dan Prevalensi Hipertensi didaerah Sekayu Sumatra Selatan*. Naskah lengkap KOPAPDI VI, Jakarta
18. Grandjean, E., 1993. *Fitting the task to the Man*. 4 th edt, taylor & Francis Inc, London
19. Gravendaal, D.W., Plomp, R., 1960. *Micro Noise Trauma*. Ama arch, Otolaryng
20. Gunawan S, Rahayoe A.U.,1981. *Survey Hipertensi di pegunungan Jayawijaya Irian Jaya*. Naskah lengkap KOPERKI III,Jakarta
21. Guyton.,1976. *Textbook of medical physiology*
22. Harmuji, Imam Parsudi, Boedhi darmojjo R.,1981. *Survei Hipertensi pada suatu Masyarakat Kota*. Naskah lengkap KOPAPDI V, Semarang
23. Harris.,1979. *Handbook of Noise Control*. Mc Graw Hill Book Company, New York
24. IEH, 1997. *IEH Report on the Non-auditory Effect of Noise*. Report R 10 medical research council institute for environmental health, Leicester, U.K.
25. ILO., 1991. *Protection of Workers against Noise and Vibration in the Working Environment*. ILO office, Geneva
26. Jansen, H., 1964. *Vegetative Reaction to Auditory Stimuli :Comparative Study of Subjects in Dortmund germany and the Mabaa Tribe in Sudan*. Trans am acad ophtal otalaryng
27. Johsson, A., Hansson, L., 1997. *Prolonged Exposure to a Stressful Stimulus (Noise) as Raised Blood Pressure in Man*. Lancet
28. Jovanovic, J., 1990. *Effect of Constant Industrial Noise on Cardiovascular System of Industrial Workers*. Doctoral thesis, University of Nis
29. Jovanovic, J., Popovic, V., Milosevic, Z., Jovanovic, M., 1997. *Cumulative Effect of Comunal & Industrial Noise on Cardiovascular System*. University of Nis
30. Kurniawan, D., 1995. *Kemaknaan Nadi Kerja sebagai Parameter Pembebanan*. Majalah Hyperkes dan KK, Jakarta

31. Korde, E., 1960. *Noise and Sound*. University Park Press, Baltimore
32. Leman S, Zubir N, Syahbuddin S, Hanif., 1981. *Prevalensi Hipertensi pada suatu masyarakat pedesaan di Sumatera Barat*. Naskah lengkap KOPAPDI V, Semarang
33. Lusk, S.L., Hagerty, B.M., Gillespie, B., Caruso, C.C., 1994. *Chronic Effect of Workplace Noise on Blood Pressure & Heart Rate*
34. Maisarah, S.Z., Said, H., 1993. *The Noise Exposed Factory Workers : The Prevalence of Sensorineural Hearing Loss & their Use of Personal Hearing Protection Devices*. Medical Journal Malaysia, Kuala Lumpur
35. Morehouse, L.E., Miller, A.T., 1976. *Physiology of Exercise*. Mosby Company, Sint Louise
36. Niermeyer, W., 1967. *Acutes larmtrauma*. HNO, Berlin
37. Oedono, R.M., 1991. *Tuli Akibat Kerja dan Konsevasi Pendengaran*. Bagian Ilmu Penyakit THT FK UGM, Yogyakarta
38. Osguthorpe, J.D., 1988. *Guide for Consevation of Hearing in Noise*. Otolaryngology Head & neck Surg found, Inc, washington
39. Passchier-Vermeer, W., 1993. *Noise & Health*. The Hague : Health Council of the Netherlands, Publication no. A 93/02 E
40. Parvispoor, D., 1976. *Noise Exposure and Prevalence of High Blood Pressure among Weavers in Iran*. Journal Occupational Medicine
41. Peterson et al., 1975. *Noise and Cardiovascular Function in Rhesus Monkey*. Journal Auditory & Respiratory
42. PUSPERKES., 1995. *Penelitian Kualitas Iklim Kerja dan Kebisingan Lingkungan Kerja Perkantoran*, Jakarta
43. Sasongko, D.P., 2000. *Kebisingan Lingkungan*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang
44. Singh, A.P., Rai, P.M., Bhatia, M.R., Mayer, M.S., 1982. *Effect of Chronic & Acute Exposure to Noise on Physiological Function in Man*. Int Arch Occup Environ Health
45. Smooklar, H.H., Goebel, K.H., Siegel, M.I., Clarke, D.E., 1973. *Hypertension Effects of Prolonged Auditory, Visual & Motion Stimulation*. Fad Proc

46. Soetjipto, Hoediono, Ronald Sanroto, 1973. *Noise Induced Hearing Loss pada Pekerjaan Tekstil di Semarang*. Kongres Perhati III, Yogyakarta
47. Sugiri, Boedhi Rahardjo, Imam Parsudi, Boedhi Darmojo R., 1981. *Survey Hipertensi pada Masyarakat Pedesaan*. Naskah lengkap KOPAPDI V, Semarang
48. Sujata, 1990. *Pengaruh Bising dan Pola Perilaku terhadap Tekanan Darah Pekerja di Perusahaan Tenun*. Prodi Hiperkes Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta
49. Sundari, 1994. *Hubungan Pemajanan Bising dengan Ambang Pendengaran Tenaga Kerja di Bagian Peleburan & Pengontrolan Besi Baja, Jakarta*
50. Suradi, 1994. *Hipertensi Borderline "White Coat" & "Sustained" : Suatu Studi Komparatif Faktor Resiko Hipertensi & Kardiovaskular terhadap Normotensi para Karyawan RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta Bukan Dokter Usia 18-42 tahun*. Lab/SMF Ilmu Penyakit Dalam, FK UGM, Yogyakarta
51. Susalit E., 1979. *Prevalensi Hipertensi di Patukangan Selatan Jakarta*, Skripsi bagian ilmu penyakit dalam dan FKUI, RSCM
52. Suwitra K, Suastika K, Moerdono R., 1981. *Survey Hipertensi pada Segolongan Masyarakat desa di Bali*. Naskah lengkap KOPAPDI V, Semarang
53. Swasono, R., 2004. *Hasil Guna Protektor Telinga Earplug disbanding Earmuff & Helmet dalam Mencegah Penurunan Tajam Pendengaran Akibat Bising*. Program Studi Ilmu Kedokteran Klinis, Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta
54. Talbott, E., Findlay, R.C., Kuller, L.H., 1990. *Noise Induced Hearing Loss : a Possitive for High Blood Pressure in Older Noise Exposed Population*. J Occup Med
55. Talbott, E., Helmkamp, J., Matthews, J., Cottington, E., Radmond, O., 1989. *Occupational Noise Exposure, Noise Induced Hearing Loss & Epidemiology of High Blood Pressure*. Am Journal Epidemiology
56. Van Dijk, F.J.H., Souman, A.M., de Vries, F.F., 1987. *Non-auditory Effects of Noise in Individual*. Arch Occup Environ Health
57. Van Dijk, F.J.H., Verbeek, J., de Vries, F.F., 1987. *Non-auditory Effects of Noise in Industrial Field Study of Noise & Blood Pressure*. Int Arch Occup Environ Health
58. Van Kempen et al., 2002. *The Association between Noise Exposure & Blood Pressure & Ischemic Heart Disease : a Meta Analysis*. Environmental Health Perspectives

59. WHO, 1999. *Guidelines for Community Noise*. World Health Organization, Geneva
60. Yeakel, 1948. *Blood Pressure of Rare Subjected to Auditory Stimulation*. American Journal Physiology