



**UNIVERSITAS INDONESIA**

***HUMAN VIBRATION DAN OCCUPATIONAL NOISE  
ASSESSMENT PADA PENGGUNAAN PORTABLE POWER  
TOOLS OLEH PEKERJA KONSTRUKSI***

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik**

**HENY NOPIYANTI**

**0706274722**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI**

**DEPOK**

**JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Heny Nopiyanti**

**NPM : 0706274722**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 21 Juni 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Heny Nopiyanti

NPM : 0706274722

Program Studi : Teknik Industri

Judul Skripsi : *Human Vibration dan Occupational Noise Assesment* pada Penggunaan *Portable Power Tools* oleh Pekerja Konstruksi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Boy Nurtjahyo Moch, MSIE (  )  
Penguji : Ir. Erlinda Muslim, MEE (  )  
Penguji : Arian Dhini, ST.,MT. (  )  
Penguji : Dr.-Ing. Amalia Suzianti (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 21 Juni 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. Hanya kepada-Nya saya menyembah dan hanya kepada-Nya saya memohon pertolongan. Atas berkat rahmat, kemudahan, dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam saya haturkan kepada junjungan saya, Nabi Muhammad SAW. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Selain itu secara khusus saya juga ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu hingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Adapun pihak-pihak tersebut antara lain:

1. Bapak Ir. Boy Nurtjahyo Moch., MSIE dan Ibu Ir. Erlinda Muslim, MEE., selaku dosen pembimbing yang telah begitu banyak menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan kesabarannya yang luar biasa untuk memberikan motivasi, arahan, semangat, dan doa dalam menyelesaikan penelitian ini.
2. Ibu Ir. Isti Surjandari, Ph.D selaku dosen pembimbing akademis
3. Seluruh staf pengajar Departemen Teknik Industri UI yang telah memberikan pengetahuan dan bimbingannya sejak awal masuk kuliah.
4. Mas Andri, selaku pembimbing lapangan yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data-data yang mendukung penelitian saya.
5. Seluruh staf divisi Quality Control, divisi K3L, dan para Supervisor PT Adhi Karya (Persero), Tbk pada Proyek Pembangunan Apartemen Season City atas bantuannya dalam proses pengumpulan data-data penelitian.
6. Keluarga tercinta, Ibu yang selalu mencurahkan segala perhatiannya dan doanya. Bapak yang selalu menjadi pedoman untuk senantiasa bekerja keras dan berdoa. Mbak Septi yang selalu mengingatkan untuk istirahat.
7. Mas Rekhy atas segala kesabaran dan bantuannya sehingga saya dapat menggunakan *Human Vibration Meter* dengan benar.
8. dr. Iwan dan dr. Anin atas segala pengetahuan dan referensinya yang sangat membantu dalam pengolahan data dan analisis.

9. Seluruh karyawan Departemen Teknik Industri terutama Mas Topan, Pak Mursyid, Mas Latief, dan Mas Iwan atas kesediaannya membantu kelancaran penggunaan Ergonomic Center bahkan hingga akhir pekan.
10. Kirana Mustika Sari, sebagai sahabat terbaik yang selalu mengingatkan untuk Ikhtiar, Tawakal, dan berfikir positif. Semoga Allah SWT memudahkan kita untuk terus saling mengingatkan dalam kebaikan.
11. Radita Tanaya, Anggraini Oktavianingrum, Ami Raisya, Malouna Fellisa, Sri Astuti, Dhareta Sasanawati, atas kebersamaan dan keceriaannya yang telah dilalui bersama. Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan senantiasa memberi yang terbaik bagi kalian.
12. Bayu Pramudyo atas kesediannya dan kesebarannya untuk selalu mendengarkan, memahami, dan menemani. Semoga Allah SWT senantiasa memberi anugerah kesuksesan dan segala yang terbaik.
13. Zakiyah Sugkar, Rizka Britania, Dyah Ayuningtyas, Triana Rahayu atas hari-hari dan keluh kesah selama penyusunan skripsi yang telah dilalui bersama.
14. Radita, Anisha Puti, Yunita, Bayu, Evariyani, Anggraini, Malouna, Regina, Valentina Cynthia, Sherly, Komara, Handoyo, Junita Rosalina, Hilda, Fitri Yanthi, Astriana, Melissa, Chandra, Satria, Landra, R. Yoga, Farouk, Andrea Coudillo, Ivan Gunawan, Ferdinandus, Dela Agung atas perjuangan hebat, pengalaman, dan kebersamaan yang sebagai tim skripsi ergonomi.
15. Seluruh teman-teman Teknik Industri angkatan 2007. Terima kasih atas petualangan terbaik dan suka cita yang telah dilalui bersama selama 4 tahun.
16. Rekan-rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan skripsi ini.

Saya menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalam skripsi ini. Kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Depok, 21 Juni 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Heny Nopiyanti

NPM : 0706274722

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

***Human Vibration dan Occupational Noise Assessment***  
**pada Penggunaan *Portable Power Tools* oleh Pekerja Konstruksi**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 21 Juni 2011

Yang menyatakan

( Heny Nopiyanti )

## ABSTRAK

Nama : Heny Nopiyanti  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : *Human Vibration dan Occupational Noise Assessment* pada Penggunaan *Portable Power Tools* oleh Pekerja Konstruksi

Getaran lengan dan tangan serta kebisingan merupakan faktor fisika yang memiliki potensi bahaya bagi kesehatan pekerja konstruksi dimana salah satunya disebabkan oleh penggunaan *portable power tools*. Berdasarkan hal tersebut dilakukan analisis terhadap durasi maksimum penggunaan *portable power tools* yang aman melalui standar dari keputusan menteri tenaga kerja no. KEP-51/MEN/1999 berikut langkah lain bagi pengendalian getaran dan kebisingan. Pendekatan yang digunakan yaitu *human vibration assessment* berdasarkan ISO 5349-2 (2001) dan pengukuran *occupational noise*. Hasil penelitian menyarankan durasi penggunaan alat yang optimal dan aman adalah ketika dihitung berdasarkan nilai pajanan getaran dengan syarat pekerja wajib menggunakan alat pelindung dengar dengan spesifikasi tertentu.

Kata Kunci :  
Ergonomi, Getaran lengan dan tangan, Kebisingan, *Portable Power Tools*

## **ABSTRACT**

Name : Heny Nopiyanti  
Study Program : Industrial Engineering  
Title : Human Vibration and Occupational Noise Assessment on the Use of Portable Power Tools by Construction Workers

Hand-arm vibration and noise are physical factors which have hazard potentially to the health of construction workers, which is one of them cause by the use of portable power tools. Based on this, analysis was performed on the maximum safely usage time of portable power tools through the standards of the labor minister's decision no. KEP-51/MEN/1999 along with other steps for controlling vibration and noise. The approach used is human vibration assessments based on ISO 5349-2 (2001) and occupational noise measurement. The results suggest that the optimum and safe usage time is a value that calculated based on vibration exposure on the condition of workers required to use hearing protective devices with a particular specification.

Kata Kunci :  
Ergonomic, Hand-arm Vibration, Noise, Portable Power Tools,



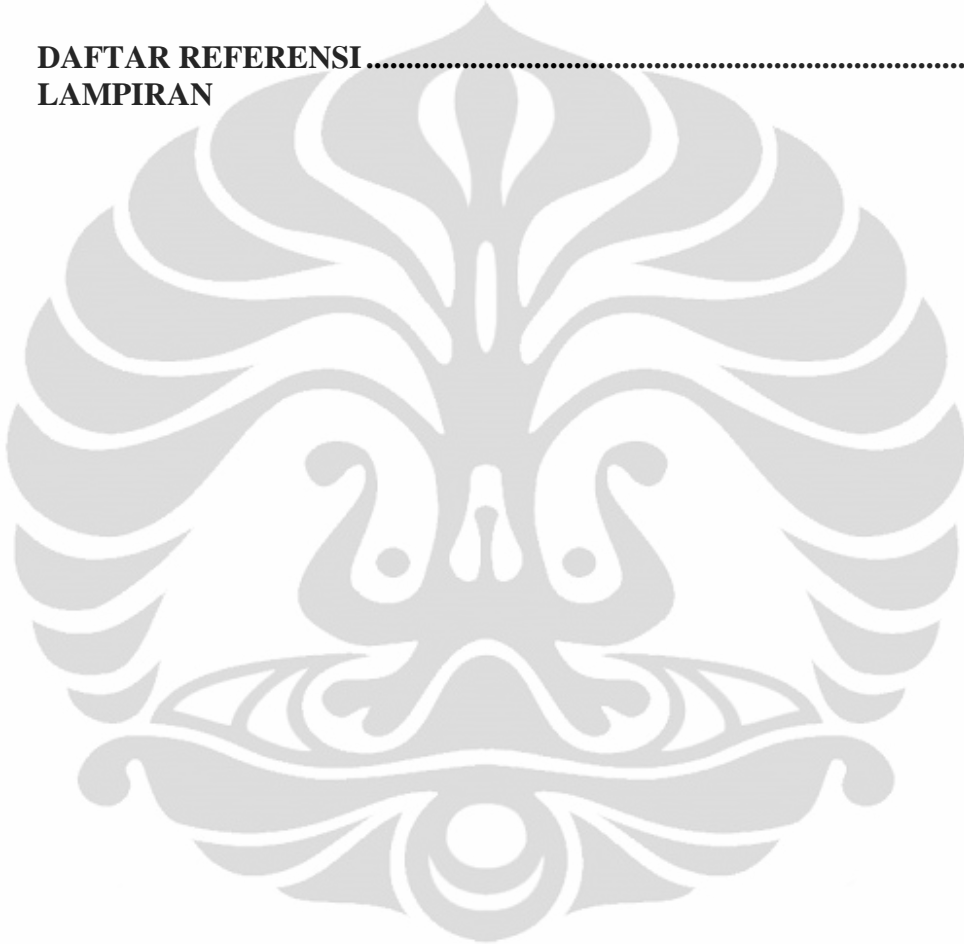
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah .....	4
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	6
1.6 Metodologi Penelitian .....	7
1.7 Sistematika Penulisan .....	10
<b>2. LANDASAN TEORI .....</b>	<b>12</b>
2.1 Ergonomi .....	12
2.2 Getaran dan Prinsipnya .....	13
2.2.1 Getaran dan Teori Gelombang .....	13
2.2.1.1 Gelombang Sederhana .....	14
2.2.1.2 Gelombang Kompleks .....	15
2.2.1.3 Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan .....	15
2.2.2 Getaran Lengan dan Tangan.....	16
2.2.2.1 Pengertian Getaran Lengan dan Tangan.....	16
2.2.2.2 Persepsi pada Getaran Lengan dan Tangan .....	17
2.2.2.3 Pengukuran Getaran Lengan dan Tangan .....	19
2.2.2.4 Frekuensi dan Pembobotan Frekuensi .....	20
2.2.3 Perhitungan Getaran .....	20
2.2.3.1 Parameter Getaran bagi Penilaian Pajanan.....	20
2.2.3.2 Pajanan Getaran Harian .....	21
2.2.3.3 Durasi Pajanan Getaran yang Dapat Diterima.....	21
2.2.4 Standar bagi Penilaian Getaran .....	21
2.2.4.1 European Union Physical Agent (Vibration) Directive.....	22
2.2.4.2 Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. KEP-51/MEN/1999.....	24
2.2.5 Resiko Getaran Kesehatan dari Getaran Lengan dan Tangan .....	25
2.2.5.1 Gangguan Pembuluh Darah ( <i>Vascular Disorder</i> ).....	25
2.2.5.2 Gangguan Saraf ( <i>Neurological Disorder</i> ).....	26

2.2.5.3 Gangguan Saluran Pergelangan Tangan ( <i>Carpal-Tunne Syndrome</i> ) .....	26
2.2.5.4 Gangguan Musculoskeletal ( <i>Musculoskeletal Disorder</i> ) .....	26
2.2.6 ISO 5349-2 (2001) .....	27
2.3 Suara dan Kebisingan.....	31
2.3.1 Definisi Suara dan Pengukuran Suara.....	31
2.3.1.1 Frekuensi Gelombang Suara .....	31
2.3.1.2 Intensitas Suara .....	32
2.3.2 Anatomi Telinga.....	33
2.3.2.1 Telinga Bagian Luar.....	33
2.3.2.2 Telinga Bagian Tengah .....	34
2.3.2.3 Telinga Bagian Dalam .....	35
2.3.3 Kebisingan .....	36
2.3.3.1 Definisi Kebisingan.....	36
2.3.3.2 Tingkat Kekerasan ( <i>Loudness</i> ) Suara .....	36
2.3.3.3 Skala Ukuran Level Suara ( <i>Sound Level Meter</i> ).....	36
2.3.3.4 Indeks Psikofisik.....	38
2.3.4 Dampak Kebisingan .....	39
2.3.5 Kebisingan dan Kehilangan Kemampuan Mendengar.....	40
2.3.5.1 Pengukuran Pendengaran .....	40
2.3.5.2 Kehilangan Pendengaran Normal ( <i>Non-Occupational</i> ).....	41
2.3.5.3 Kehilangan Pendengaran <i>Occupational</i> .....	41
2.3.6 Efek Fisiologis dari Kebisingan.....	44
2.3.7 Batas Paparan Suara.....	44
2.3.7.1 Kebisingan Berkelanjutan dan Putus-putus .....	45
2.3.7.2 Kebisingan Impuls .....	47
2.3.7.3 Kebisingan Infrasonik.....	47
2.3.7.4 Kebisingan Ultrasonik .....	47
2.3.8 Baku Tingkat Kebisingan .....	47
2.3.9. Pengukuran Paparan Suara .....	48
2.4 <i>Portable Power Tools</i> .....	50
2.5 Uji Normal, Keseragaman, dan Kecukupan Data .....	51
2.5.1 Uji Normal Data.....	51
2.5.2 Uji Keseragaman Data .....	52
2.5.3 Uji Kecukupan Data .....	52
<b>3. PENGUMPULAN DATA.....</b>	<b>55</b>
3.1 Gambaran Umum Proyek Apartemen Seasons City .....	55
3.1.1 Latar Belakang Proyek .....	55
3.1.2 Data Teknik Proyek .....	56
3.1.3 Pembangunan Seasons City.....	57
3.2 Gambaran Umum K3L pada Proyek Apartemen Seasons City .....	58
3.2.1 Kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja .....	58
3.2.2 Daftar Peraturan Standar/ Eksternal .....	60
3.3 Identifikasi Permasalahan .....	63
3.3.1 Kondisi Umum Pekerja.....	63
3.3.2 Gangguan Kesehatan Akibat Kebisingan Alat Kerja.....	65

3.3.3 Gangguan Kesehatan Akibat Getaran Alat Kerja .....	67
3.4 Pengumpulan Data Paparan Getaran dan Kebisingan .....	69
3.4.1 Paparan Getaran dan Kebisingan dari Gerinda .....	71
3.4.2 Rekapitulasi Nilai Rata-rata Paparan Getaran dan Kebisingan.....	76
<b>4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS .....</b>	<b>78</b>
4.1 Identifikasi Permasalahan .....	78
4.1.1 Kuisisioner Mengenai Kondisi Umum Pekerja .....	78
4.1.2 Kuisisioner Mengenai Gangguan Kesehatan Akibat Kebisingan .....	82
4.1.3 Kuisisioner Mengenai Gangguan Kesehatan Akibat Getaran.....	83
4.2 Uji Normal, Keseragaman, dan Kecukupan Data .....	85
4.2.1 Uji Normal Data.....	85
4.2.2 Uji Keseragaman Data .....	86
4.2.3 Uji Kecukupan Data .....	87
4.3 Pengolahan Data dan Analisis Paparan Getaran .....	88
4.3.1 Level Paparan Ekuivalen atau A(8) .....	88
4.3.2 Durasi Paparan Getaran yang Diizinkan .....	90
4.3.2.1 Penggunaan Gerinda pada Operasi Pemotongan Keramik.....	92
4.3.2.2 Penggunaan Alat Serut pada Operasi Penyerutan Pintu/ Kusen Berbahan Kayu Mahoni .....	92
4.3.2.3 Penggunaan Bot Tangan pada Operasi Memasang dan Melepas Baut .....	93
4.3.2.4 Penggunaan Bor Tangan pada Operasi Mengebor Pintu/ Kusen Berbahan Kayu Mahoni .....	95
4.3.2.5 Penggunaan Bor Tangan pada Operasi Mengebor Dinding... ..	96
4.3.2.6 Rekapitulasi Durasi Paparan Getaran yang Diizinkan .....	96
4.4 Pengolahan Data dan Analisis Paparan Kebisingan .....	99
4.4.1 Dosis Kebisingan Harian .....	99
4.4.2 Durasi Paparan Kebisingan yang Diizinkan .....	102
4.4.2.1 Penggunaan Gerinda pada Operasi Pemotongan Keramik ...	103
4.4.2.2 Penggunaan Alat Serut pada Operasi Penyerutan Pintu/ Kusen Berbahan Kayu Mahoni .....	104
4.4.2.3 Penggunaan Bot Tangan pada Operasi Memasang dan Melepas Baut .....	105
4.4.2.4 Penggunaan Bor Tangan pada Operasi Mengebor Pintu/ Kusen Berbahan Kayu Mahoni .....	106
4.4.2.5 Penggunaan Bor Tangan pada Operasi Mengebor Dinding. ....	107
4.4.2.6 Rekapitulasi Durasi Paparan Kebisingan yang Diizinkan ....	108
4.4.3 Durasi Penggunaan Power Tools yang Optimal dan Aman bagi Kesehatan Berdasarkan Paparan Getaran dan Kebisingan .....	110
4.5 Langkah Pengendalian Paparan Getaran dan Kebisingan .....	111
4.5.1 Pengendalian Teknis ( <i>Engineering Control</i> ).....	112
4.5.1.1 Melakukan Pemilihan Alat Kerja .....	112
4.5.1.2 Menambah Peredam Diantara Tangan dan Alat.....	112
4.5.1.3 Pengendalian Alat yang Tepat .....	113
4.5.2 Pengawasan Kesehatan ( <i>Health Surveillance</i> ).....	113
4.5.3 Pengendalian Administrasi ( <i>Administrative Control</i> ) .....	114

4.5.4 Pendidikan & Pelatihan Kerja ( <i>Worker Education &amp; Work Practice</i> )	116
4.5.5 Penggunaan Alat Pelindung Diri ( <i>Personal Protective Equipment</i> )	117
4.5.5.1 Alat Pelindung Getaran	117
4.5.5.2 Alat Pelindung Pendengaran	119
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>124</b>
5.1 Kesimpulan	124
5.2 Saran	126
<b>DAFTAR REFERENSI</b>	<b>127</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Keterkaitan Masalah.....	5
Gambar 1.2	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	9
Gambar 2.1	Deskripsi Dasar untuk Gelombang 1-Hz dan 3-Hz dengan Amplitudo Puncak $1.0 \text{ m/s}^2$ .....	14
Gambar 2.2	Ilustrasi Terbentuknya Gelombang Kompleks dari Beberapa Gelombang Sinusoidal dengan Amplitudo, Frekuensi, dan Fase Berbeda.....	15
Gambar 2.3	Ketidaksinkronan Puncak dan Dasar Gelombang pada Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan Gelombang.....	16
Gambar 2.4	Potongan Melintang Kulit Menunjukkan Reseptor Taktile pada Dermis dan Epidermis.....	18
Gambar 2.5	Rata-rata Ambang Batas Persepsi Getaran Sebagai Fungsi dari Frekuensi untuk Tiga Lokasi Pengukuran pada Tangan.....	18
Gambar 2.6	Sumbu Triaksial pada Pengukuran Getaran Lengan dan Tangan.....	19
Gambar 2.7	Metode Penilaian Getaran Lengan dan Tangan Berdasarkan <i>EU Physical Agent (Vibration) Directive</i> .....	23
Gambar 2.8	Tindakan dalam Merespon Risk Assessment Paparan Getaran Berdasarkan <i>Physical Agent (Vibration) Directive (2002)</i> .....	24
Gambar 2.9	Anatomi Telinga Manusia.....	33
Gambar 2.10	Telingan Bagian Luar.....	34
Gambar 2.11	Telingan Bagian Tengah.....	34
Gambar 2.12	Telingan Bagian Dalam.....	35
Gambar 2.13	Karakteristik Respon Relatif dari Skala Level Suara A, B, dan C serta Ambang Batas dari Telinga Manusia.....	37
Gambar 2.14	Kurva Tingkat Kekerasan Suara dengan Nada Murni.....	38
Gambar 2.15	Kurva Level Suara yang Menunjukkan Kehilangan Pendengaran.....	43
Gambar 2.16	<i>Portable Power Tools</i> .....	51
Gambar 3.1	Ditail, Peta, dan Lokasi Proyek Seasons City.....	55
Gambar 3.2	<i>Human Vibration Meter</i> dan <i>Accelerometer</i> .....	70
Gambar 3.3	<i>Sound Level Meter</i> dengan Mikrofonnya.....	70
Gambar 4.1	Persentase Usia Pekerja Konstruksi.....	78
Gambar 4.2	Persentase Lama Kerja Pekerja Konstruksi.....	78
Gambar 4.3	Persentase Pekerja Merasa Terganggu dengan Kebisingan dari <i>Portable Power Tools</i> .....	79
Gambar 4.4	Persentase Pekerja Merasa Terganggu dengan Getaran dari <i>Portable Power Tools</i> .....	80
Gambar 4.5	Frekuensi Pekerja Memakai APD.....	80
Gambar 4.6	Alasan Tidak Menggunakan APD saat Bekerja.....	81
Gambar 4.7	Rata-rata Waktu Lembur Per Minggu.....	81
Gambar 4.8	Keluhan Mengenai Gangguan Kesehatan Akibat Getaran.....	83
Gambar 4.9	Grafik Keluhan Mati Rasa, Kesemutan, dan Lemas.....	84
Gambar 4.10	Grafik Keluhan Nyeri.....	84

Gambar 4.11 Grafik Uji Seragam Data Kebisingan pada Operasi Pemotongan Keramik .....	87
Gambar 4.12 Sarung Tangan Anti Getar dan Logo CE .....	118
Gambar 4.13 <i>Earplug</i> dan <i>Earmuff</i> .....	119



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipe Reseptor pada Tangan.....	17
Tabel 2.2	<i>Action Value</i> dan <i>Limit Value</i> Paparan Getaran Harian Berdasarkan <i>European Union Physical Agent (Vibration) Directive</i> .....	22
Tabel 2.3	Nilai Ambang Batas Getaran untuk Paparan Lengan dan Tangan..	25
Tabel 2.4	Lima Langkah Evaluasi Paparan Getaran Berdasarkan ISO 5349-2 (2001) .....	27
Tabel 2.5	Informasi yang Dilaporkan pada <i>Human Vibration Assessment</i> .....	28
Tabel 2.6	Nilai Ambang Batas Kebisingan Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja no. KEP.51/MEN/1999 .....	45
Tabel 2.7	Baku Tingkat Kebisingan Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. Kep-48/MENLH/11/1996 .....	48
Tabel 2.8	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Gangguan Kualitas Suara .....	49
Tabel 2.9	Contoh Hasil Uji Normal dengan <i>Descriptive Statistic</i> .....	51
Tabel 3.1	Tujuan dan Program Kerja K3L.....	59
Tabel 3.2	Peraturan Standar dalam K3 .....	60
Tabel 3.3	Daftar Peralatan/ Perlengkapan K3 dan Alat Pelindung Diri (APD)...	61
Tabel 3.4	APD pada Proyek Konstruksi .....	62
Tabel 3.5	Rekapitulasi Kuisisioner Bagian Pertama .....	64
Tabel 3.6	Rekapitulasi Kuisisioner Bagian Kedua .....	66
Tabel 3.7	Rekapitulasi Kuisisioner Bagian Ketiga.....	67
Tabel 3.7	Rekapitulasi Kuisisioner Bagian Ketiga (sambungan).....	68
Tabel 3.8	Rekapitulasi Letak Keluhan pada Bagian Tubuh.....	68
Tabel 3.8	Rekapitulasi Letak Keluhan pada Bagian Tubuh (sambungan).....	69
Tabel 3.9	Informasi Tambahan yang Diperlukan untuk Pengukuran Paparan Kebisingan .....	71
Tabel 3.10	Hasil Penelitian Pendahuluan dari Penggunaan Gerinda untuk Memotong Keramik .....	72
Tabel 3.11	Hasil Penilaian Paparan Getaran dari Penggunaan Gerinda untuk Memotong Keramik .....	74
Tabel 3.12	Hasil Penilaian Paparan Kebisingan dari Penggunaan Gerinda untuk Memotong Keramik .....	75
Tabel 3.13	Rekapitulasi Nilai Rata-rata Paparan Getaran dan Kebisingan.....	77
Tabel 4.1	Rekapitulasi Efek Kebisingan.....	82
Tabel 4.2	Rekapitulasi Uji Normal, Keseragaman, dan Kecukupan Data.....	85
Tabel 4.3	Hasil Uji Normal Data Kebisingan Operasi Pemotongan Keramik.....	86
Tabel 4.4	Pengolahan Data Kebisingan Operasi Pemotongan Keramik.....	86
Tabel 4.5	Rekapitulasi Nilai $\alpha_{hv}$ dan $t_n$ dari Seluruh Operasi Kerja.....	88
Tabel 4.6	Level Paparan Ekuivalen Harian A(8) .....	89
Tabel 4.7	Kode Warna untuk A(8).....	89
Tabel 4.8	Standar Nilai Paparan Getaran .....	89
Tabel 4.9	Durasi Penggunaan Gerinda ( $T_{A(8)}$ ) untuk Memotong Keramik yang Diizinkan Berdasarkan Paparan Getaran.....	92

Tabel 4.10 Durasi Penggunaan Alat Serut (TA(8)) untuk Menyerut Pintu/Kusen yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Getaran.....	93
Tabel 4.11 Durasi Penggunaan Bor Tangan (TA(8)) untuk Memasang dan Melepas Baut yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Getaran.....	94
Tabel 4.12 Durasi Penggunaan Bor Tangan (T <sub>A(8)</sub> ) untuk Mengebor Pintu/Kusen yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Getaran.....	95
Tabel 4.13 Durasi Penggunaan Bor Tangan (T <sub>A(8)</sub> ) untuk Mengebor Dinding yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Getaran.....	96
Tabel 4.14 Rekapitulasi Durasi Pajanan Getaran yang Diizinkan.....	98
Tabel 4.15 Rekapitulasi Nilai C <sub>n</sub> dan T <sub>n</sub> dari Seluruh Operasi.....	99
Tabel 4.16 Dosis Kebisingan Harian .....	101
Tabel 4.17 Kode Warna untuk Dosis Kebisingan Harian.....	101
Tabel 4.18 Durasi Penggunaan Gerinda untuk Memotong Keramik yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Kebisingan .....	103
Tabel 4.19 Durasi Penggunaan Alat Serut (TA(8)) untuk menyerut Pintu/Kusen yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Kebisingan .....	104
Tabel 4.20 Durasi Penggunaan Bor Tangan (TA(8)) untuk Memasang dan Melepas Baut yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Kebisingan .....	105
Tabel 4.21 Durasi Penggunaan Bor Tangan (T <sub>A(8)</sub> ) untuk Mengebor Pintu/Kusen yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Kebisingan .....	106
Tabel 4.22 Durasi Penggunaan Bor Tangan (T <sub>A(8)</sub> ) untuk Mengebor Dinding yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Kebisingan .....	107
Tabel 4.23 Rekapitulasi Durasi Pajanan Kebisingan yang Diizinkan .....	109
Tabel 4.24 Perbandingan Durasi Pajanan Getaran dan Kebisingan yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Getaran dan Kebisingan .....	110
Tabel 4.25 Durasi Maksimum Penggunaan <i>Power Tools</i> Berdasarkan Pajanan Getaran pada Kondisi Aktual.....	114
Tabel 4.26 <i>Competitive Profile Matrix</i> bagi Alat Pelindung Dengar .....	121
Tabel 4.27 NRR Pelindung Dengar bagi Pekerja Pemasang Keramik .....	122
Tabel 4.28 NRR Pelindung Dengar bagi Pekerja Spesialis Perkayuan .....	122



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Form Kuisisioner
- Lampiran 2 Form Pengambilan Data
- Lampiran 3 Uji Normal, Uji Keseragaman, dan Uji Kecukupan Data
- Lampiran 4 *Guidelines Training Safety*
- Lampiran 5 Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Jenis Pelindung Dengar



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangunan nasional merupakan rangkaian upaya pembangunan yang berkesinambungan yang meliputi seluruh kehidupan masyarakat, bangsa, dan negara untuk melaksanakan tugas mewujudkan tujuan nasional yang termaktub dalam pembukaan Undang-Undang Dasar 1945 (“PROPENAS”). Instruksi Presiden No 1 Tahun 2010 Tentang Percepatan Pelaksanaan Prioritas Pembangunan Nasional 2010 (Inpres 1/2010) telah ditetapkan untuk memastikan pelaksanaan pembangunan agar mencapai sasaran-sasaran yang telah ditetapkan. Inpres tersebut terdiri dari dua pokok kebijakan, yaitu penajaman tindakan Inpres 1/2010 dan penjelasan proses pemantauan Inpres 1/2010 (Purna, 2011, par.1).

Pada Inpres 1/2010 telah ditetapkan 11 Prioritas Nasional Pembangunan Nasional tahun 2010, yaitu: reformasi birokrasi dan tata kelola, pendidikan, kesehatan, penanggulangan kemiskinan, ketahanan pangan, infrastruktur, iklim investasi dan iklim usaha, energi, lingkungan hidup dan pengelolaan bencana; daerah tertinggal, terdepan, terluar dan pascakonflik; dan yang terakhir kebudayaan, kreativitas, dan inovasi teknologi. Seperti yang disebutkan sebelumnya, pembangunan infrastruktur merupakan salah satu prioritas pembangunan nasional yang diinstruksikan oleh Presiden RI untuk dipercepat pelaksanaannya. Dana Anggaran Pendapatan Belanja Negara (APBN) 2011 untuk konstruksi dan infrastruktur sebesar Rp 128 triliun yang dialokasikan pemerintah serta tersedianya *opportunity* pada *Public Private Partnership* (PPP) 2010-2014 sebesar Rp 417 triliun menjadikan industri konstruksi di Indonesia pada tahun 2011 berkembang pesat.

Selain itu kondisi makro ekonomi dan daya beli masyarakat Indonesia yang membaik dengan didukung oleh Inflasi yang rendah, suku bunga rendah, dan kenaikan GDP pada tahun 2010 menyebabkan terjadinya pertumbuhan sektor properti pada tahun 2010 dan 2011. Pada tahun 2012 pertumbuhan sektor properti baik perumahan, perkantoran, apartemen, maupun ritel *space* diperkirakan mencapai 7%- 8%.

Pembangunan infrastruktur dan pertumbuhan sektor properti tersebut kemudian mendorong industri konstruksi di Indonesia mengalami perkembangan pesat. Hal ini ditandai dengan meningkatnya kontrak pengerjaan proyek yang diperoleh oleh suatu perusahaan konstruksi. Kontrak ini mendorong perusahaan konstruksi untuk mengelola jadwal kerjanya sehingga proyek dapat selesai tepat waktu. Peningkatan jam kerja pekerja konstruksi hingga melebihi jam kerja normal menjadi salah satu alternatif untuk mencapai hal tersebut. Pada proyek pembangunan Apartemen Seasons City yang digunakan penulis sebagai objek penelitian, Mayoritas pekerja memiliki jam kerja tambahan (*overtime*) per minggu mencapai 16- 30 jam. Peningkatan jam kerja tersebut kemudian berimbas pada meningkatnya intensitas pemakaian alat-alat konstruksi baik berupa alat berat, mesin-mesin penunjang, maupun perkakas lainnya dalam satu hari kerja.

*Portable Power tools* merupakan peralatan konstruksi dengan sumber kekuatan penggerak tertentu yang didisain untuk pekerjaan manual. Jenis *portable power tools* yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi misalnya bor tangan (*hand drill*), gergaji mesin (*chain saw*), alat pelubang beton (*jackhammer*), pengencang baut (*impact wrench*), dan gerinda (*grinders*). Walaupun berfungsi sangat baik untuk mempermudah pengerjaan tugas yang sebelumnya sulit ataupun tidak mungkin dikerjakan, jenis alat ini umumnya menghasilkan bahaya (*hazard*) ketika digunakan misalnya getaran dan suara bising.

Getaran lengan tangan (*Hand transmitted vibration* atau *hand arm vibration*) merupakan salah satu jenis getaran yang terjadi saat seseorang mengalami kontak langsung dengan *vibrating tools* (Mansfields, 2005). Getaran lengan tangan disebabkan oleh getaran yang ditransmisikan ke tangan dan lengan melalui telapak tangan dan jari. Pekerja yang sering terpajan getaran lengan tangan memiliki resiko kerusakan jaringan pada tangan dan lengannya sehingga menyebabkan gejala yang secara kolektif dikenal sebagai *Hand Arm Vibration Syndrome* (HAVS) (European Union, 2006). Sindrom ini meliputi kombinasi dari gangguan vascular, neurologis, dan musculoskeletal. Menurut Pyykko et al, (1982) dan Palmer et.al, (2002) beberapa penelitian menyimpulkan bahwa penambahan getaran lengan tangan bersama dengan kebisingan dapat meningkatkan resiko kerusakan pendengaran (Bridger, 2005).

Kebisingan biasanya didefinisikan sebagai suara atau suara pada amplitudo tertentu yang dapat menyebabkan kejengkelan atau mengganggu komunikasi. Suara dapat diukur secara objektif sedangkan kebisingan merupakan fenomena yang subjektif (Bridger, 2005). Tak et al. (n.d) memperkirakan bahwa setelah sektor manufaktur, sektor konstruksi memiliki jumlah terbesar pekerja terpajan dengan kebisingan di Amerika Serikat (House, Sauve, & Jiang, 2010). Selanjutnya pada sektor tersebut, penggunaan *portable power tools* merupakan sumber utama dari kebisingan. Berdasarkan catatan Hagler (n.d), World Health Organization (WHO) telah mendokumentasikan tujuh kategori efek kesehatan yang merugikan dari kebisingan pada manusia yaitu gangguan pendengaran, gangguan pada saat berkomunikasi, gangguan tidur, gangguan kardiovaskular, gangguan kesehatan mental, gangguan saat menyelesaikan tugas (kinerja), serta perilaku sosial yang negatif dan munculnya perasaan terganggu.

Resiko pajanan getaran lengan tangan dan kebisingan pada pekerja konstruksi saat menggunakan *portable power tools* meningkat seiring dengan pemakaian alat tersebut secara teratur dan berkepanjangan. Pekerja dengan *portable power tools* sangat mudah terjangkit penyakit sebagai efek jangka panjang dari getaran berlebih jika tidak ada perlindungan terhadap hal tersebut. Munculnya penyakit disertai dengan ketidaknyamanan saat bekerja kemudian dapat menyebabkan menurunnya produktifitas pekerja konstruksi.

Ergonomi dalam arti formal berdasarkan *Industrial Engineering Association* (IEA) adalah suatu disiplin ilmu pengetahuan yang mempelajari interaksi antar manusia dan elemen-elemen lainnya dalam sistem, serta pekerjaan yang menerapkan teori, prinsip, data, dan metode untuk mendisain, dengan tujuan untuk mengoptimalkan kehidupan manusia dan keseluruhan performa sistem (Dul & Weerdmeester, 2008). Ergonomi memiliki fokus pada manusia dalam mendisain pekerjaan ataupun keseluruhan kondisi sehari-hari. Situasi kerja maupun lingkungan sekitar yang tidak aman, tidak sehat, tidak nyaman, ataupun tidak efisien dihindari dengan memperhatikan kemampuan dan keterbatasan manusia pada sistem dan lingkungan kerja tersebut.

Analisis ergonomi pada aspek getaran dilakukan sesuai dengan *human vibration assessment* berdasarkan ISO 5349-2 tahun 2001. *International*

*Organization for Standardization* (ISO) 5349 part 2 tahun 2001 yang dirumuskan di Geneva, merupakan petunjuk praktikal dalam mengimplementasikan ISO 5349-1 untuk pengukuran getaran pada lingkungan kerja yang nyata. Pengukuran pajanan kebisingan dilakukan sesuai dengan pengukuran kebisingan pada lingkungan kerja (*Occupational Noise*). Analisis mengenai durasi pajanan getaran dan kebisingan yang dapat diterima pekerja konstruksi dilakukan dengan berdasarkan Nilai Ambang Batas (NAB) pajanan getaran lengan tangan dan kebisingan di lingkungan kerja yang ditetapkan pada Kepmenaker No. KEP.51/MEN/1999.

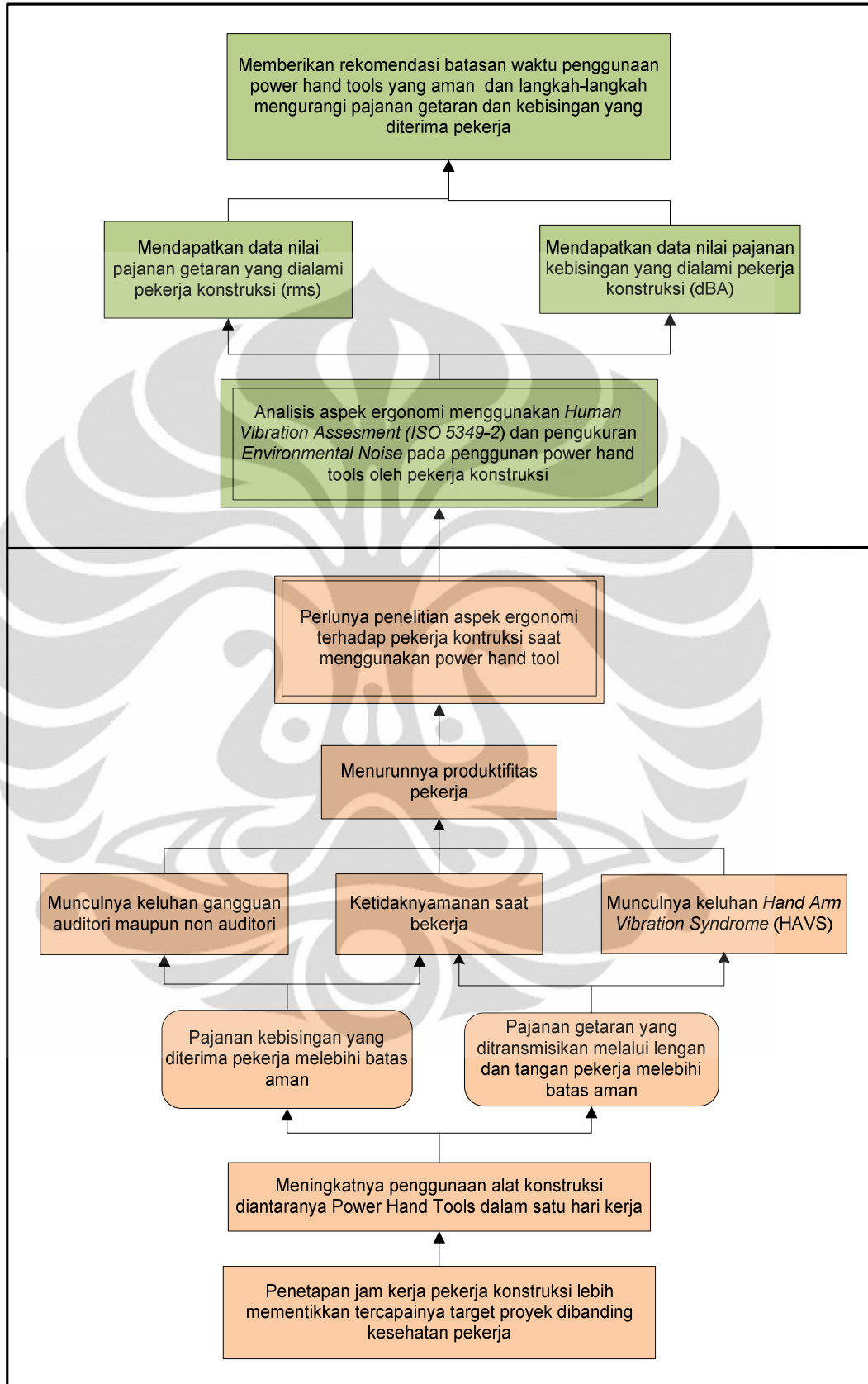
Dengan demikian melalui penelitian ini diharapkan dapat diketahui nilai pajanan getaran dan kebisingan yang diterima pekerja konstruksi saat menggunakan *portable power tools*. Setelah itu dapat dilakukan perhitungan mengenai ambang batas waktu penggunaan *portable power tools* yang aman bagi pekerja konstruksi serta rekomendasi langkah-langkah untuk mengurangi pajanan getaran dan kebisingan yang diterima pekerja.

## 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, dapat dibuat suatu diagram keterkaitan masalah seperti yang terlihat pada **Gambar 1.1**. Diagram keterkaitan masalah ini akan memberikan gambaran secara keseluruhan mengenai hubungan dan interaksi antara sub-sub masalah yang melandasi penelitian ini secara utuh dan detail mulai dari penyebab masalah hingga tujuan yang ingin dicapai.

## 1.3 Rumusan Permasalahan

Dari diagram keterkaitan masalah diatas, diketahui bahwa rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah diperlukan pengukuran dan analisis terhadap pajanan getaran dan kebisingan yang dialami pekerja konstruksi saat menggunakan beberapa jenis *portable power tools*. Hal ini perlu dilakukan terkait dengan gangguan kesehatan yang dapat timbul sebagai akibat penggunaan *portable power tools* sehingga menyebabkan menurunnya performa pekerja konstruksi.



**Gambar 1.1** Diagram Keterkaitan Masalah

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan berupa output yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk memperoleh durasi penggunaan *portable power tools* bagi operasi tertentu yang aman bagi kesehatan pekerja konstruksi berdasarkan NAB kebisingan dan getaran yang ditetapkan oleh Kepmenaker. Sedangkan tujuan yang berupa outcome yaitu untuk memperoleh langkah-langkah alternatif pengendalian pajanan getaran dan kebisingan yang diterima pekerja saat menggunakan *portable power tools*. Tujuan ini dicapai melalui analisis nilai pajanan getaran dan kebisingan yang dialami pekerja konstruksi saat menggunakan *portable power tools*.

#### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penelitian ini diperlukan adanya ruang lingkup atau batasan masalah agar pelaksanaan serta hasil yang akan diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian diatas. Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada proyek konstruksi pembangunan Apartemen Seasons City, Jakarta Barat.
2. Observasi dilakukan pada kelompok pekerja pemasang keramik dan kelompok pekerja spesialis perkayuan.
3. Penelitian ini mencakup seputar pajanan getaran dan kebisingan yang diterima kedua kelompok pekerja tersebut pada saat menggunakan *portable power tools* berupa:
  - a. Gerinda untuk operasi memotong keramik
  - b. Alat serut untuk operasi menyerut pintu/ kusen berbahan kayu mahoni, dan
  - c. Bor tangan untuk operasi memasang & melepas baut, mengebor pintu/ kusen berbahan kayu mahoni, dan mengebor dinding. Ketiga operasi ini dilakukan untuk memasang pintu dan kusen.
4. Penelitian dilakukan berdasarkan *Human Vibration Assessment (ISO 5349-2)* untuk pajanan getaran dan pengukuran *Occupational Noise* untuk pajanan kebisingan.

5. Standar pajanan getaran dan kebisingan untuk pekerja yang digunakan pada penelitian ini yaitu berdasarkan keputusan Menteri Tenaga Kerja nomor: KEP-51/MEN/I999.
6. Pemecahan masalah dibatasi hanya sampai memberikan rekomendasi durasi penggunaan *portable power tools* yang aman dan langkah-langkah mengurangi pajanan getaran dan kebisingan.
7. Pemecahan masalah dilakukan dengan tidak mempertimbangkan faktor biaya yang dikeluarkan untuk implementasi usulan ergonomi yang diberikan.

## 1.6 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini secara sistematis adalah sebagai berikut:

### 1. Pendahuluan

Adapun topik dalam penelitian ini adalah menganalisis pajanan getaran dan kebisingan yang ditimbulkan dari penggunaan *portable power tools* oleh pekerja konstruksi dengan *Human Vibration Assesment (ISO-5349-2)* dan pengukuran *Occupational Noise*.

### 2. Penentuan landasan teori

Tahap selanjutnya adalah menentukan landasan teori yang berhubungan dengan topik sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian. Landasan teori ini kemudian akan dijadikan acuan dalam pelaksanaan penelitian ini. Adapun landasan teori yang terkait antara lain adalah:

- a. Ergonomi
- b. Getaran dan prinsipnya
- c. Suara dan Kebisingan
- d. *Portable Power Tools*

### 3. Penelitian pendahuluan

Sebelum melakukan pengumpulan data, terlebih dahulu dilakukan penelitian pendahuluan diantaranya mengenai:

- a. Kondisi umum pekerja.
- b. Keluhan gangguan kesehatan yang dirasakan pekerja terkait pajanan getaran.



- c. Keluhan gangguan kesehatan yang dirasakan pekerja terkait pajanan kebisingan.

#### 4. Pengumpulan data

Tahap-tahap pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan data umum sebelum pengukuran (kondisi lingkungan kerja, pola kerja harian pekerja konstruksi, deskripsi *portable power tools*, deskripsi material kerja yang digunakan, dsb).
- b. Melakukan pengukuran pajanan getaran sesuai dengan *human vibration assessment* berdasarkan ISO 5349 – 2.
- c. Melakukan pengukuran pajanan kebisingan berdasarkan pengukuran *Occupational Noise*.

#### 5. Pengolahan data dan Analisis

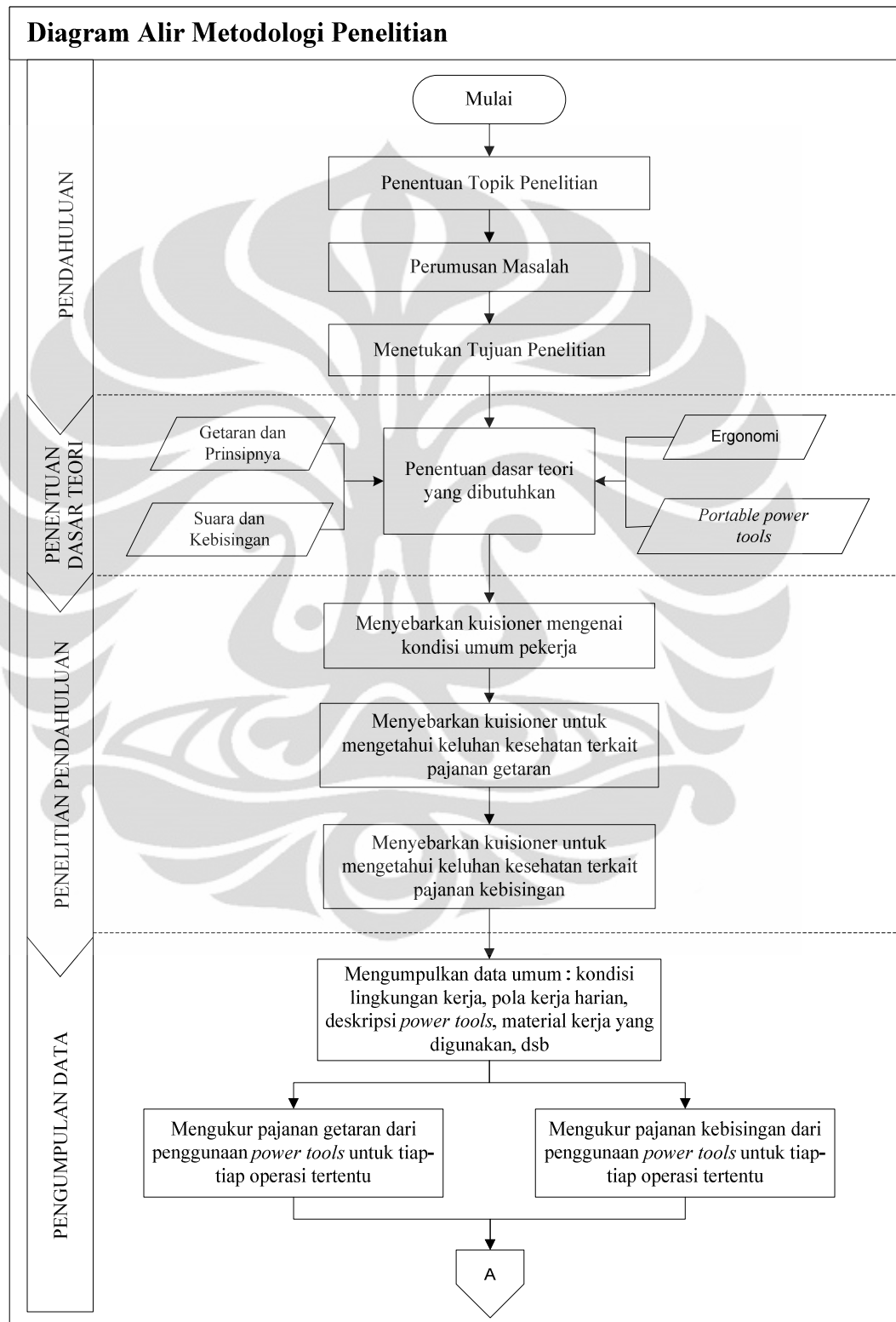
Tahap-tahap pengolahan data dan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung nilai pajanan getaran ekuivalen atau A(8) yang diterima pekerja.
- b. Menghitung dan menganalisis durasi penggunaan tiap *portable power tools* yang aman bagi kesehatan pekerja terkait dengan pajanan getaran yang diterima. Hal ini dilakukan berdasarkan pada nilai ambang batas getaran menurut Kepmenaker NOMOR KEP.51/MEN/1999.
- c. Menghitung dosis kebisingan yang diterima pekerja konstruksi.
- d. Menganalisis durasi penggunaan tiap-tiap *portable power tools* yang aman terkait pajanan kebisingan yang diterima pekerja. Hal ini dilakukan dengan berpedoman pada nilai ambang batas kebisingan menurut Kepmenaker NOMOR KEP.51/MEN/1999.
- e. Menganalisis durasi penggunaan *portable power tools* yang optimal disertai analisis mengenai langkah-langkah pengendalian pajanan getaran dan kebisingan yang dapat dilakukan.

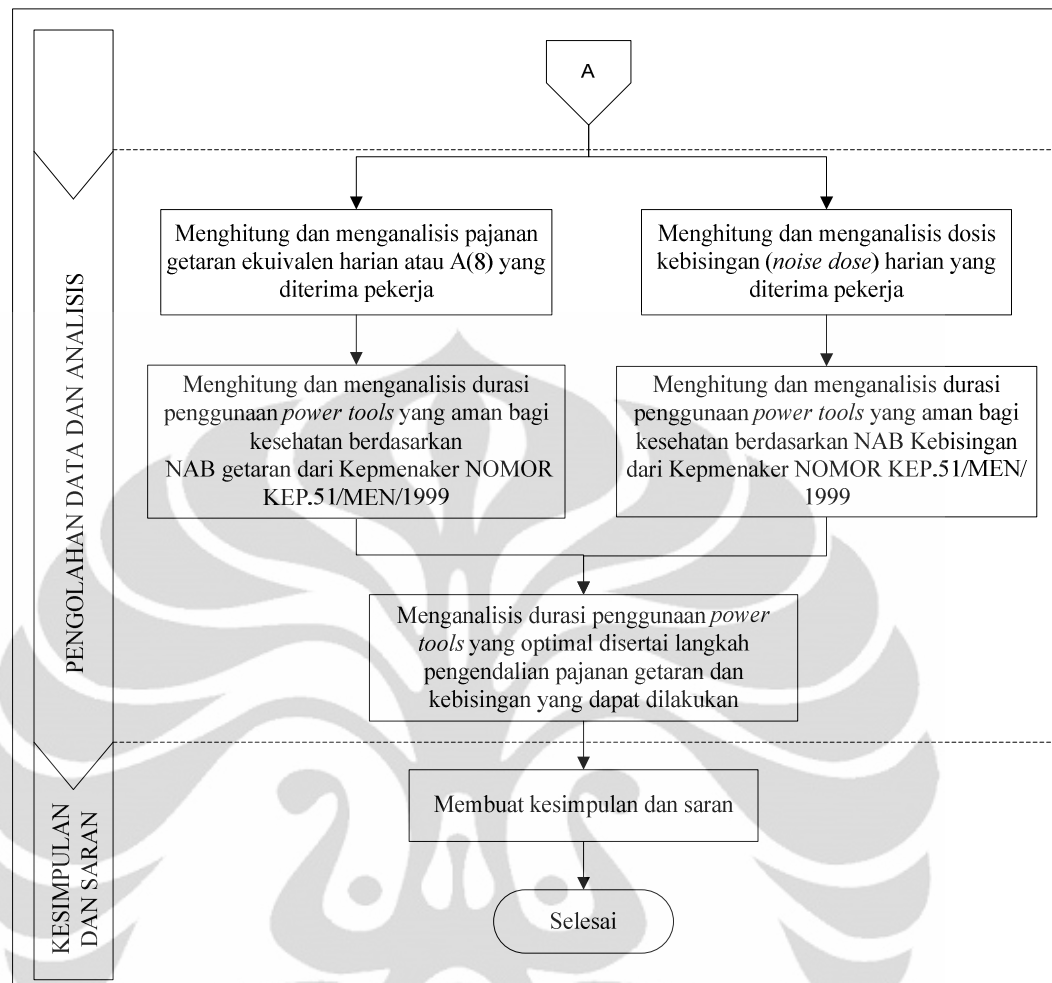
#### 6. Kesimpulan dan saran

Dalam tahapan ini akan dihasilkan kesimpulan mengenai durasi penggunaan tiap-tiap *portable power tools* yang paling optimal dan tetap aman bagi kesehatan pekerja terkait dengan pajanan getaran dan kebisingan beserta

rekomendasi langkah-langkah pengendalian pajaran getaran dan kebisingan yang layak untuk diaplikasikan.



**Gambar 1.2** Diagram Alir Metodologi Penelitian



**Gambar 1.3** Diagram Alir Metodologi Penelitian (sambungan)

### 1.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini dituangkan dalam penulisan sistematis dengan sistematika penulisan yang terbagi ke dalam lima bab, yaitu: Bab 1 Pendahuluan, Bab 2 Landasan Teori, Bab 3 Pengumpulan Data, Bab 4 Pengolahan Data dan Analisis, dan Bab 5 Kesimpulan dan Saran.

Bab 1 merupakan bab pendahuluan yang menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, diagram keterkaitan masalah, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 merupakan landasan teori yang berhubungan dengan penelitian ini. Bagian ini berisi landasan teori yang membahas dasar-dasar ergonomi, getaran

dan prinsipnya, langkah-langkah *human vibration assessment* berdasarkan ISO (5349-2), suara dan kebisingan, serta *portable power tools*.

Bab 3 mengenai pengumpulan data. Pada bab ini akan disajikan kumpulan data yang menunjang penelitian, diantaranya adalah data kuisisioner identifikasi permasalahan (rekapitulasi kuisisioner mengenai kondisi umum pekerja, efek pajanan getaran terhadap kesehatan, dan efek pajanan kebisingan terhadap kesehatan), deskripsi *portable power tools* dan material kerja, pola kerja pekerja konstruksi, deskripsi instrumen pengukur yang digunakan, dan nilai pajanan getaran dan kebisingan tiap *portable power tools*.

Bab 4 adalah pengolahan data dan analisis mengenai hasil yang diperoleh. Pada bab ini akan dilakukan pengolahan data dan analisis terhadap pajanan getaran ekuivalen harian beserta dosis kebisingan yang diterima pekerja. Selanjutnya akan dihitung durasi penggunaan *portable power tools* yang diizinkan berdasarkan standar dari Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.51/MEN/1999 serta analisis mengenai langkah-langkah pengendalian kebisingan yang dapat dilakukan.

Bab 5 merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

## BAB 2 LANDASAN TEORI

### 2.1 Ergonomi

Kata “ergonomi” dibentuk dari dua kata dalam bahasa Yunani, yaitu *ergon* yang berarti kerja dan *nomos* yang berarti hukum. Pada beberapa negara istilah ergonomi seringkali digantikan atau disandingkan dengan terminologi *human factors*. Ergonomi adalah suatu kajian terhadap interaksi antara manusia dengan mesin yang digunakannya, beserta faktor-faktor yang mempengaruhi interaksi tersebut (Bridger, 2003). Menurut definisi formal yang dikeluarkan oleh IEA, ergonomi adalah suatu disiplin ilmu yang memiliki fokus pada pemahaman interaksi antara manusia dan elemen-elemen lain dalam sistem, dan profesi yang menerapkan teori, prinsip-prinsip, data dan metode perancangan, dengan tujuan untuk mengoptimalkan kehidupan manusia dan keseluruhan performa sistem. Secara singkat ergonomi bertujuan untuk merancang berbagai peralatan, sistem teknis, dan pekerjaan untuk meningkatkan keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan performa manusia. Implementasi ilmu ergonomi dalam perancangan sistem seharusnya membuat suatu sistem bekerja lebih baik dengan mengeliminasi aspek-aspek yang tidak diinginkan, tidak terkontrol, dan tidak terukur, seperti:

- a. Ketidakefisienan,
- b. Kelelahan
- c. Insiden, cedera, dan kesalahan,
- d. Kesulitan dalam penggunaan, dan
- e. Moral yang rendah dan apatisme.

Dalam mendisain pekerjaan dan kondisi pada kehidupan sehari-hari ergonomi berfokus pada manusia. Kondisi kerja pada kehidupan sehari-hari yang tidak aman, tidak sehat, tidak nyaman, atau tidak efisien dihindari dengan memperhatikan kemampuan dan keterbatasan manusia baik secara fisik maupun psikologi. Faktor-faktor yang memegang peran dalam ergonomi yaitu,

- a. Postur tubuh & pergerakan: duduk, berdiri, mengangkat, mendorong, menarik
- b. Faktor lingkungan : kebisingan, getaran, iluminasi, iklim, zat kimia

- c. Informasi & operasi : informasi yang diperoleh secara visual atau melalui indra lainnya, kontrol, kaitan antara tampilan dan control
- d. Organisasi kerja : tugas yang tepat, pekerjaan yang menyenangkan

Faktor-faktor tersebut menentukan tingkatan yang besar dari keamanan, kesehatan, kenyamanan, dan performa yang efisien pada saat bekerja dan dalam kehidupan sehari-hari. Ergonomi menyatukan pengetahuan dari berbagai bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, termasuk antropometri, biomekanika, psikologi, toksikologi, teknik mesin, perancangan industri, teknologi informasi, dan manajemen. Hal tersebut kemudian dipilah dan diintegrasikan kedalam suatu pengetahuan yang relevan.

## 2.2 Getaran dan Prinsipnya

Manusia pada dasarnya selalu memiliki keinginan untuk mengeksplorasi, membangun, dan membuat sesuatu untuk keberlangsungan hidupnya. Dewasa ini, berbagai sumber energi telah dimanfaatkan terutama energi listrik demi menjamin keberlangsungan hidup manusia. Alat-alat yang digunakan untuk membangun, membuat, dan mengeksplorasi (misalnya: kapak, gergaji, *power tools*, dan mesin industri) menggunakan banyak energi dan berakibat pada meningkatnya jumlah energi yang diubah ke dalam bentuk getaran. Getaran tersebut selanjutnya ditransmisikan kepada pelaku kegiatan. Disamping pada saat bekerja, aktifitas sehari-hari seperti bepergian dengan mobil, motor, kereta, bahkan pesawat sekalipun dapat beresiko terpajan getaran.

### 2.2.1 Getaran dan Teori Gelombang

Getaran adalah pergerakan mekanis yang berosilasi disekitar titik yang tetap (Mansfield, 2005). Getaran adalah bentuk gelombang mekanik yang mentransfer energi sama seperti semua gelombang. Getaran membutuhkan suatu struktur mekanik yang akan digunakan sebagai media atau jalan untuk bertransmisi. Struktur ini dapat berupa bagian dari mesin, kendaraan, alat, atau bahkan manusia.

### 2.2.1.1 Gelombang Sederhana

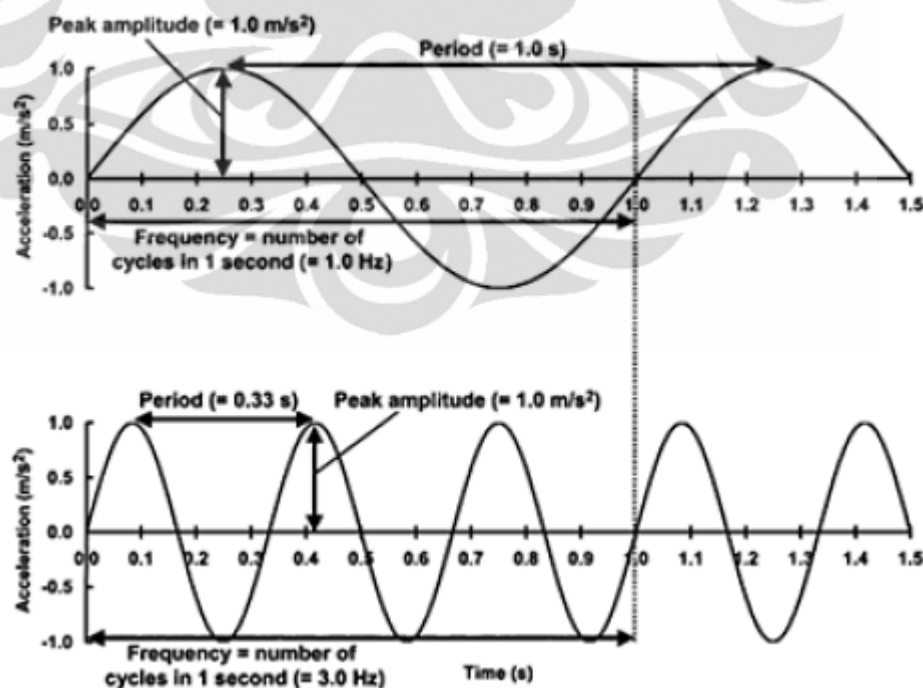
Jenis gelombang yang paling sederhana secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$a(t) = A \sin(2\pi ft) \quad (2-1)$$

dimana,  $a(t)$  adalah percepatan (dalam  $m/s^2$ ) pada periode  $t$ . Seperti terlihat pada gambar 2.1, gelombang ini memiliki amplitudo  $A$  dan frekuensi  $f$  siklus per detik (hertz, Hz). Beberapa gelombang dikenal sebagai gelombang sinusoidal. Jika frekuensi gelombang meningkat, Periode gelombang akan menurun. Hal ini berarti masing-masing siklus membutuhkan waktu yang lebih kecil, dengan frekuensi yang lebih besar. Frekuensi dapat digambarkan dalam radian per detik ( $\omega$ ) dimana:

$$\omega = 2\pi f \quad (2-2)$$

Frekuensi, amplitudo, dan waktu mulai (*starting point*) dibutuhkan dalam mendefinisikan suatu gelombang sinusoidal. Paparan getaran pada manusia pada dasarnya jarang merupakan gelombang sinusoidal sederhana. Oleh sebab itu dibutuhkan pemahaman yang lebih dalam mengenai teori gelombang.

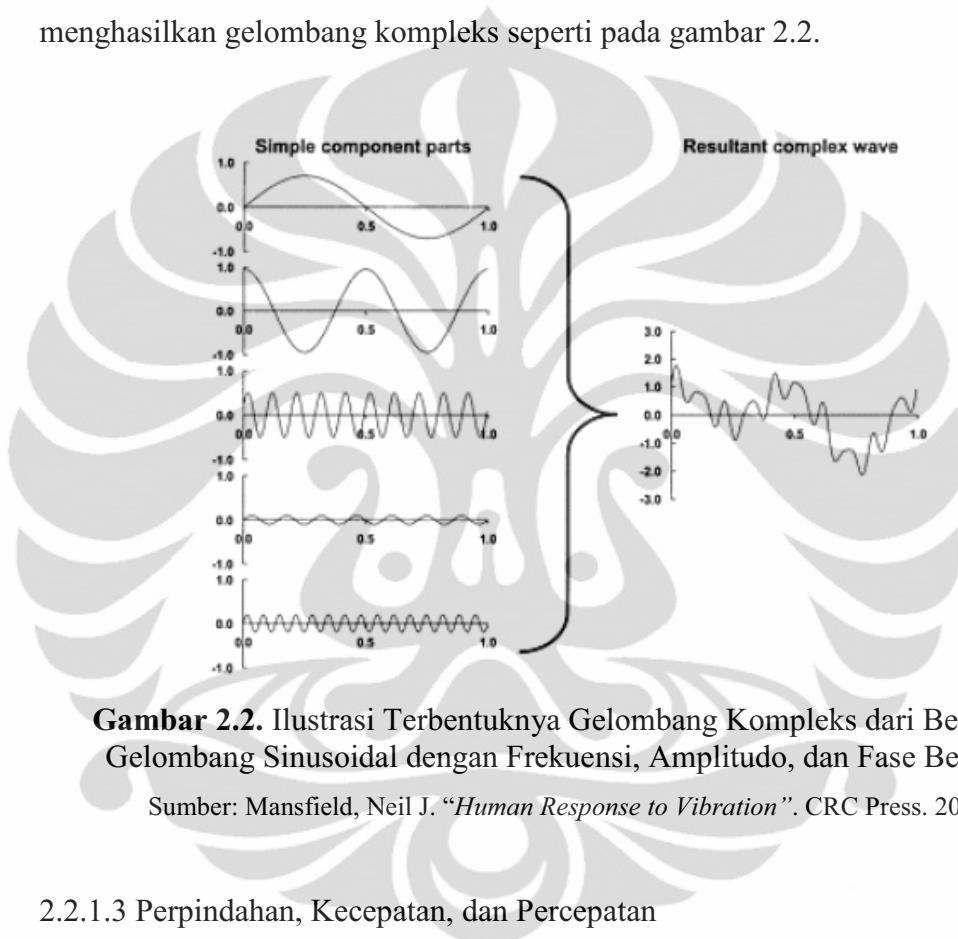


**Gambar 2.1.** Deskripsi Dasar untuk Gelombang 1-Hz dan 3-Hz dengan Amplitudo Puncak  $1.0 m/s^2$

Sumber: Mansfield, Neil J. "Human Response to Vibration". CRC Press. 2005

### 2.2.1.2 Gelombang Kompleks

Gelombang kompleks dapat dihasilkan dari penjumlahan gelombang-gelombang dengan amplitudo, frekuensi, dan fase yang berbeda. Prinsip superposisi ini dapat diartikan bahwa ketika tiap komponen gelombang berinteraksi, resultan getaran merupakan total dari seluruh komponen tersebut. Misalnya, jika lima gelombang dengan frekuensi berbeda dijumlahkan, maka akan menghasilkan gelombang kompleks seperti pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2.** Ilustrasi Terbentuknya Gelombang Kompleks dari Beberapa Gelombang Sinusoidal dengan Frekuensi, Amplitudo, dan Fase Berbeda

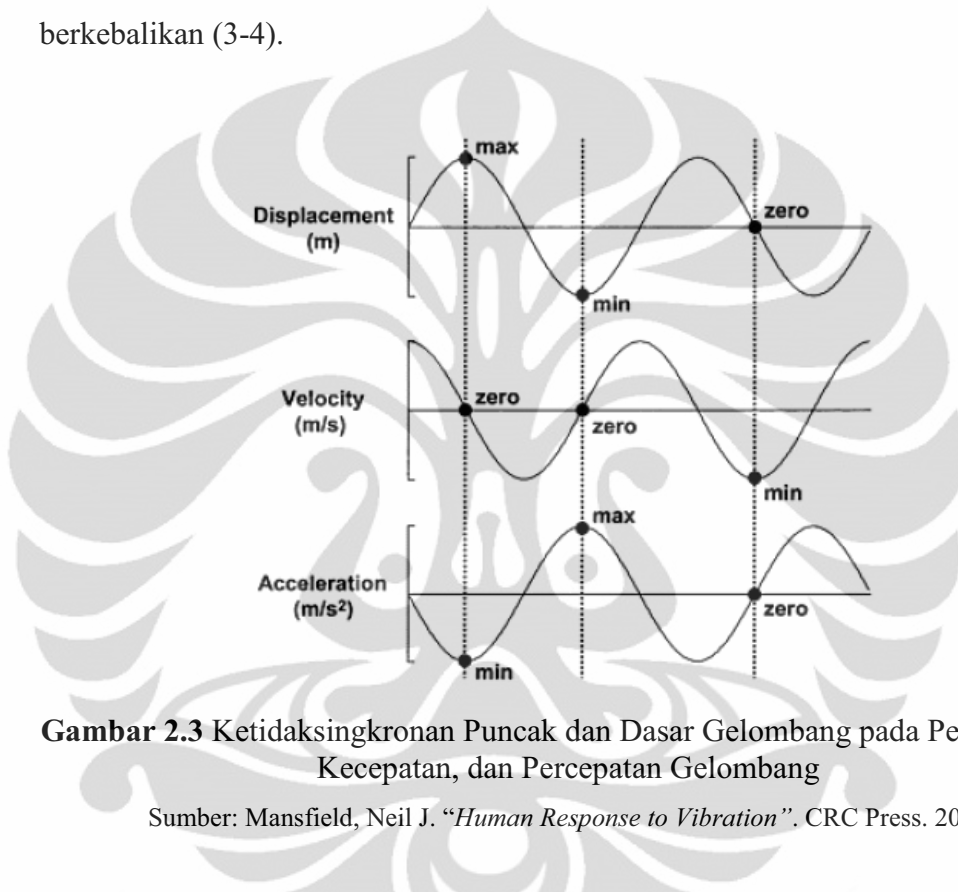
Sumber: Mansfield, Neil J. *“Human Response to Vibration”*. CRC Press. 2005

### 2.2.1.3 Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan

Menurut Mansfield (2005), Tiap sinyal getaran memiliki tiga spesifikasi yaitu, perpindahan, kecepatan, dan percepatan yang tepat terkait satu sama lain. Berdasarkan gerak lambat osilasi vertikal, hal ini menyerupai sebuah kapal yang bergerak naik turun pada suatu gelombang besar. Kapal tersebut berjalan naik pada tiap-tiap gelombang, berhenti pada puncak gelombang, turun ke dasar gelombang, kemudian berhenti lalu berjalan naik kembali ke gelombang selanjutnya. Nilai maksimum perpindahan vertikal terjadi saat kapal tersebut berada pada puncak tiap gelombang, hal ini bertepatan pada nilai kecepatan yang secara instan menuju nilai nol. Nilai percepatan terbesar terjadi ketika dalam



keadaan naik atau turun (positif atau negatif). Nilai perpindahan minimum terjadi saat kapal berada pada dasar gelombang, ketika kecepatannya bernilai nol. Hal ini juga berkaitan dengan siklus percepatan dan perlambatan selama kecepatan yang berubah secara konstan. Pada beberapa gelombang, perpindahan, kecepatan, dan percepatan tidak bertepatan satu sama lain; seperti pada gelombang sinusoidal (Gambar 2.3) dimana perpindahan dan percepatan memiliki hubungan yang berkebalikan (3-4).



**Gambar 2.3** Ketidaksinkronan Puncak dan Dasar Gelombang pada Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan Gelombang

Sumber: Mansfield, Neil J. "Human Response to Vibration". CRC Press. 2005

## 2.2.2 Getaran Lengan dan Tangan (Hand-Arm Vibration)

### 2.2.2.1 Pengertian Getaran Lengan dan Tangan

Getaran lengan dan tangan disebabkan oleh getaran yang ditransmisikan kepada tangan dan lengan melalui telapak tangan dan jari. Getaran jenis ini terjadi ketika seseorang menggenggam *vibrating tools*. Hal ini dapat berupa peralatan bedah dengan energi penggerak tertentu, kemudi sepeda motor, bor tangan, *hair clipper*, dan banyak jenis-jenis peralatan lainnya yang digunakan di sektor industri secara luas. Getaran lengan dan tangan merupakan suatu fenomena dalam industri yang terjadi seiring dengan meluasnya penggunaan alat-alat yang menimbulkan getaran diberbagai jenis industri. Pekerja tambang, pekerja pembangun kapal dan

pekerja konstruksi telah sangat dekat dengan penyakit yang ditimbulkan akibat pajanan getaran.

#### 2.2.2.2 Persepsi pada Getaran Lengan dan Tangan

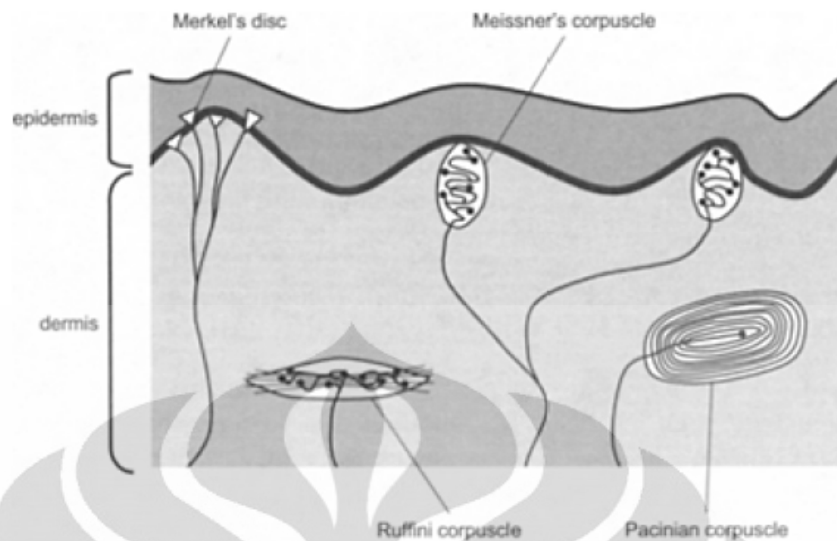
Sensasi sentuhan diterima melalui kombinasi dari beberapa jalur indera perasa. Sinyal perasa yang diterima melalui tangan diinterpretasikan sebagai tekstur, bentuk, temperatur, lokasi, ukuran, pergerakan, dan pada situasi tertentu dapat berupa nyeri. Untuk persepsi taktil pada kulit tanpa rambut (misalnya pada telapak tangan), reseptor tertanam dalam kulit yang dideskripsikan melalui jenis reseptor akhir, kecepatan tindakan, atau jalur psikofisik (Tabel 2.1).

**Tabel 2.1** Tipe Reseptor pada Tangan

Adaptation Speed	Psychophysical Channel	Receptor Ending	Receptive Field Size	Frequency Range (Hz)
Fast acting I	Nonpacinian I	Meissner	Small	5–60
Fast acting II	Pacinian	Pacinian	Large	40–400
Slow acting I	Nonpacinian III	Merkel	Small	0–5
Slow acting II	Nonpacinian II	Ruffini	Large	100–500
				(also pressure and stretching)

Sumber: Mansfield, Neil J. *“Human Response to Vibration”*. CRC Press. 2005

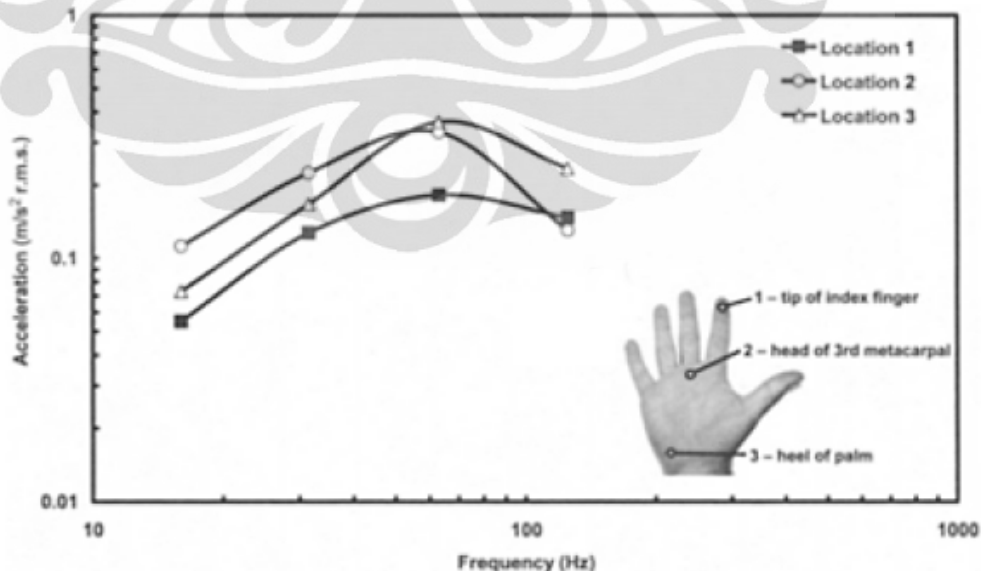
Rentang frekuensi yang tepat dari kepekaan masing-masing saluran tidak didefinisikan dengan baik, hal ini disebabkan oleh sulitnya menstimulasi suatu saluran secara terpisah dan terdapatnya perbedaan pada tiap individu. Tipe reseptor I yang ditemukan di dekat permukaan kulit mampu untuk merasakan lokasi sensasi secara tepat dibanding dengan Tipe reseptor II (Gambar 2.4). Tipe reseptor II ditemukan pada dermis yang lebih dalam, oleh sebab itu sensasi yang dirasakan adalah lebih umum.



**Gambar 2.4.** Potongan Melintang Kulit Menunjukkan Reseptor Taktil pada Dermis dan Epidermis

Sumber: Mansfield, Neil J. *“Human Response to Vibration”*. CRC Press. 2005

Saat mengadakan penelitian apakah seseorang dapat menerima suatu pajanan getaran, peneliti juga harus mempertimbangkan frekuensi getaran dan sifat dari kontak (gambar 2.5) selain besarnya getaran. Selain itu perbedaan yang ada antar individu juga harus diperhatikan.



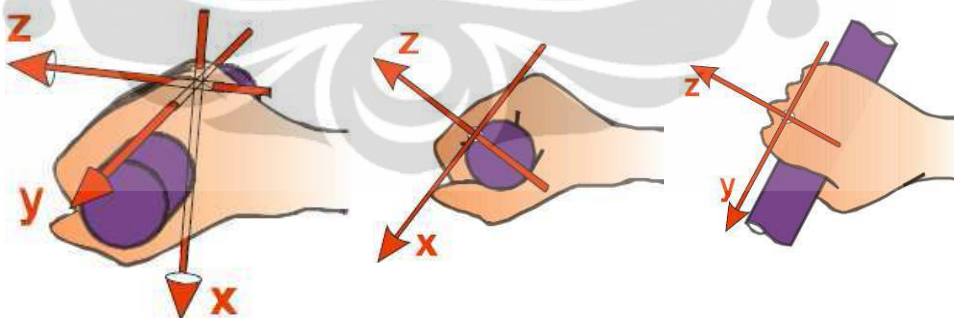
**Gambar 2.5** Rata-rata Ambang Batas Persepsi Getaran Sebagai Fungsi dari Frekuensi untuk Tiga Lokasi Pengukuran pada Tangan (Marioka, 1999)

Sumber: Mansfield, Neil J. *“Human Response to Vibration”*. CRC Press. 2005

### 2.2.2.3 Pengukuran Getaran Lengan dan Tangan

Getaran didefinisikan melalui besar dan frekuensinya. Besarnya getaran dapat digambarkan sebagai perpindahan getaran (m), kecepatan getaran (m/s), dan percepatan getaran ( $m/s^2$ ). Sebagian besar pemindai getaran menghasilkan nilai output yang terkait dengan percepatan. Oleh sebab itu percepatan biasanya digunakan untuk mendeskripsikan getaran. Untuk mendapatkan gambaran yang lengkap mengenai getaran pada permukaan, getaran harus diukur dalam tiga sumbu yaitu sumbu-x., sumbu-y, dan sumbu-z seperti pada gambar 2.6

Tiap-tiap pekerjaan menghasilkan getaran dengan karakteristik yang berbeda. Misalnya getaran yang keluar dari pekerjaan memecah batu akan berbeda dengan pada saat menghaluskan suatu permukaan. Oleh sebab itu, akan sangat baik jika dilakukan analisis dasar dari suatu pekerjaan untuk mengidentifikasi tahapan-tahapan dalam pekerjaan yang dapat dinilai secara terpisah sehingga dapat diperoleh pemahaman secara menyeluruh terhadap seluk beluk pajanan getaran. Pekerja seringkali mengeluhkan bahwa salah satu bagian dari pekerjaan mereka membuat mereka terpajan oleh getaran yang lebih besar dibandingkan bagian pekerjaan lainnya. Hal ini tentunya akan menjadi indikator yang membantu dalam menentukan siklus (*cycle*) pekerjaan mana yang paling dominan terhadap pajanan getaran.



**Gambar 2.6** Sumbu Triaksial pada Pengukuran Getaran Lengan dan Tangan

sumber: European Union Hand Arm Vibration Good Practice Guide, 2006

Jika waktu siklus suatu pekerjaan tergolong singkat, akan sangat baik jika pengukuran dilakukan terhadap lebih dari satu kali siklus kerja hingga selesai.

Cukup sulit untuk menentukan minimal sampel yang dapat diterima untuk pengukuran getaran. Peraturan yang didapat berdasarkan pengalaman (*the rule of thumb*) adalah total dari waktu pengukuran harus mencapai setidaknya 60 detik (Mansfield, 2005). Pada pengukuran getaran lengan dan tangan, sampel dari pekerjaan dengan minimum waktu 20 detik harus diukur setidaknya dengan tiga kali pengulangan. Jika getaran terjadi dalam waktu yang sangat singkat maka akan dibutuhkan lebih banyak replikasi pada saat pengukuran. Tentunya lebih banyak replikasi dengan durasi pengukuran yang lebih panjang akan menjadi lebih baik.

#### 2.2.2.4 Frekuensi dan Pembobotan Frekuensi (*frequency weighting*)

Frekuensi adalah jumlah kejadian per detik dimana getaran pada tubuh bergerak maju dan mundur. Hal ini digambarkan melalui nilai siklus per detik yang lebih dikenal dengan Hertz (Hz). Pada peralatan yang berputar (*rotating tools*) frekuensi dominan ditentukan oleh kecepatan yaitu ketika peralatan sedang berputar (digambarkan dengan jumlah putaran per menit atau rpm, membagi nilai rpm dengan 60 akan menghasilkan nilai frekuensi dalam Hz). Rentang frekuensi pada getaran lengan dan tangan yaitu sebesar 8 Hz – 1000 Hz. Walaupun begitu, karena resiko kesehatan pada tangan tidak sama untuk setiap frekuensi, pembobotan frekuensi digunakan untuk merepresentasikan seringnya terjadi gangguan pada frekuensi yang berbeda. Sebagai hasilnya, pembobotan getaran menurun ketika frekuensi naik. Pada getaran lengan dan tangan, hanya satu kurva pembobotan frekuensi yang digunakan untuk ketiga sumbu yaitu  $W_h$ .

### 2.2.3 Perhitungan Getaran

#### 2.2.3.1 Parameter Getaran bagi Penilaian Paparan

Dari pembobotan frekuensi tiap-tiap sumbu kemudian dihitung rata-rata *root-mean-square* getaran yang disebut dengan  $\alpha_{hw}$ . Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai total getaran yang mengkombinasikan ketiga nilai  $\alpha_{hw}$  (*root of sum square*) untuk sumbu x, y, dan z menggunakan persamaan:

$$\alpha_{hv} = \sqrt{\alpha_{hwx}^2 + \alpha_{hwy}^2 + \alpha_{hwz}^2} \quad (2-3)$$

### 2.2.3.2 Pajanan Getaran Harian

Total pajanan getaran harian atau seringkali disebut  $A(8)$  menormalisasi pajanan harian kedalam level pajanan ekuivalen berkelanjutan selama 8 jam. Bagi pekerja yang melakukan satu atau lebih proses pekerjaan dan penggunaan alat, Nilai  $A(8)$  dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_{n=1}^{n=N} \alpha_{hv}^2 t_n} \quad (2-4)$$

dimana:  $\alpha_{hv}$  : pembobotan frekuensi r.m.s  
 $t_n$  : durasi pajanan (jam)  
 $N$  : jumlah pekerjaan

### 2.2.3.3 Durasi Pajanan Getaran yang Dapat Diterima

Setelah nilai pajanan getaran dari peralatan, mesin, maupun kendaraan telah diketahui, maka maksimum waktu pajanan getaran harian yang sesuai dengan standar, petunjuk, ataupun peraturan tertentu dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

$$T_{A(8)} = 8 \times \left[ \frac{A(8)}{\alpha_{hv}} \right]^2 \quad (2-5)$$

dimana,  $T_{A(8)}$  : waktu untuk mencapai nilai ambang batas  $A(8)$  (jam)  
 $A(8)$  : nilai ambang batas berdasarkan standar, petunjuk, atau peraturan tertentu  
 $\alpha_{hv}$  : pembobotan frekuensi r.m.s

### 2.2.4 Standar bagi Penilaian Getaran Lengan dan Tangan

Pada penelitian kali ini standar yang digunakan untuk penilaian getaran lengan dan tangan adalah Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. KEP-51/MEN/1999. Walaupun begitu beberapa prinsip penilaian getaran lengan dan tangan diadaptasi dari *European Union Physical Agent (Vibration) Directive* yang secara menyeluruh telah membahas hal ini sampai kepada langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam merespon hasil penilaian terhadap getaran.

#### 2.2.4.1 European Union Physical Agent (Vibration) Directive

Resiko dari getaran lengan dan tangan menyerang pekerja di banyak jenis industri dan pekerjaan. Resiko ini meningkat seiring dengan meningkatnya pemakaian peralatan yang menimbulkan getaran (*vibration tools*) dalam jangka panjang dan terus menerus (EU HAV *Good Practice Guide*, 2006). Walaupun begitu, hasil penelitian menunjukkan bahwa bahaya getaran dapat dikontrol dan dikurangi risikonya dengan manajemen yang baik. Penelitian juga menunjukkan bahwa biaya untuk proses mengontrol resiko tersebut tidak sebanding dengan keuntungan yang didapat dari terjaganya kesehatan para pekerja. Terlebih lagi, beberapa kasus pengontrolan dan pengukuran pajanan getaran telah mendorong kepada meningkatnya efisiensi.

*European Union Physical Agent (Vibration) Directive* mengatur standar minimum untuk mengontrol resiko dari getaran lengan dan tangan. Hal ini memuat *action value* untuk pajanan getaran harian, dimana dibutuhkan kontrol terhadap resiko dari getaran lengan dan tangan untuk nilai pajanan diatas batas tersebut. Selain itu terdapat *limit value* dimana pekerja tidak boleh terpajan getaran diatas batas tersebut. Tabel 2.2 dibawah ini memuat batas pajanan getaran harian berdasarkan *European Union Physical Agent (Vibration) Directive*.

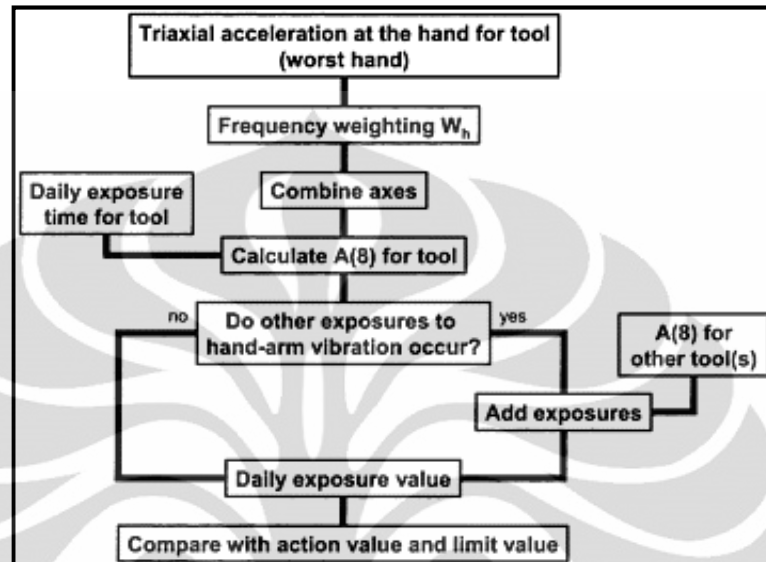
**Tabel 2.2** *Action Value* dan *Limit Value* Pajanan Getaran Harian Berdasarkan *European Union Physical Agent (Vibration) Directive* (2002)

	<b>Exposure Action Value</b>	<b>Exposure Limit Value</b>
Hand-arm vibration	2.5 m/s <sup>2</sup> A(8)	5 m/s <sup>2</sup> A(8)
Whole-body vibration	0.5 m/s <sup>2</sup> A(8) or 9.1 m/s <sup>1.75</sup> VDV	1.15 m/s <sup>2</sup> A(8) or 21 m/s <sup>1.75</sup> VDV

Sumber: Mansfield, Neil J. "*Human Response to Vibration*". CRC Press. 2005

Pada getaran lengan dan tangan, penilaian dilakukan berdasarkan pajanan harian yang dihitung melalui *root of sum squares* dari pembobotan frekuensi getaran secara ortogonal pada tangan yang dinormalisasikan terhadap periode kerja harian sebesar 8 jam. Pengukuran harus dilakukan berdasarkan ISO 5349-1 (2001), menggunakan  $W_h$  *frequency weighting*. Bagi peralatan-peralatan yang dioperasikan dengan dua tangan, tangan yang menerima pajanan terbesar akan

digunakan untuk proses penilaian. Gambar 2.7 dibawah ini memperlihatkan proses penilaian pajanan getaran lengan dan tangan berdasarkan *EU Physical Agent (Vibration) Directive (2002)*.

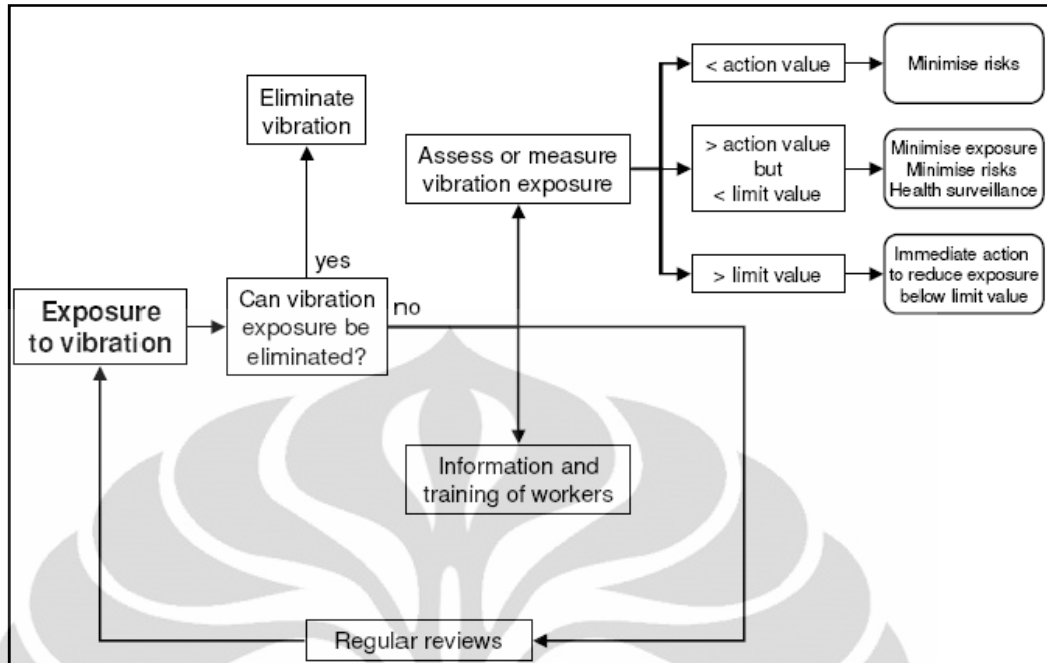


**Gambar 2.7** Metode Penilaian Getaran Lengan dan Tangan Berdasarkan *EU Physical Agent (Vibration) Directive (2002)*

sumber: EU HAV Good Practice Guide, 2006

Resiko dari pajanan getaran saat bekerja harus dihilangkan pada sumbernya atau dikurangi sampai pada nilai minimum. Walaupun pajanan getaran yang diterima pekerja berada dibawah nilai *action value*, standar ini memuat tanggung jawab untuk menghilangkan atau mengurangi pajanan getaran sampai kepada nilai minimum. Jika nilai pajanan getaran harian pekerja melebihi nilai *action value*, pengukuran harus dilakukan untuk meminimalisasi pajanan getaran yang diterima dan resiko yang mungkin terjadinya terkait dengan getaran tersebut. Walaupun telah dilarang, para pekerja masih sering terpajan getaran sampai melebihi batas *limit value*. Secara spesifik, penanganan secepatnya harus dilakukan untuk memastikan pajanan getaran yang diterima pekerja tidak lagi melebihi batas *limit value*. Gambar 2.8 memuat tindakan yang harus dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan resiko dari pajanan getaran berdasarkan *Physical Agent (Vibration) Directive (2002)*.





**Gambar 2.8** Tindakan dalam Merespon *Risk Assessment* Paparan Getaran Berdasarkan *Physical Agent (Vibration) Directive (2002)*

sumber: EU HAV Good Practice Guide, 2006

#### 2.2.4.2 Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. KEP-51/MEN/1999

Regulasi yang dikeluarkan Menteri Tenaga Kerja ini menetapkan keputusan Menteri Tenaga Kerja yang dikeluarkan pada 16 April 1999 mengenai penentuan nilai ambang batas faktor fisika ditempat kerja. Nilai Ambang Batas yang selanjutnya disingkat NAB adalah standar faktor tempat kerja yang dapat diterima pekerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu.

**Tabel 2.3** Nilai Ambang Batas Getaran untuk Pemajanan Lengan dan Tangan

Jumlah waktu pemajanan per hari kerja	Nilai percepatan pada frekuensi dominan	
	Meter per detik kuadrat Gram ( $m / det^2$ )	Gram
4 jam dan kurang dari 8 jam	4	0,40
2 jam dan kurang dari 4 jam	6	0,61
1 jam dan kurang dari 2 jam	8	0,81
Kurang dari 1 jam	12	1,22

sumber: Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. KEP-51/MEN/1999

Salah satu dari NAB yang ditetapkan melalui Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. KEP-51/MEN/1999 adalah nilai ambang batas getaran untuk pemajanan lengan dan tangan (tabel 2.3).

#### 2.2.5 Resiko Kesehatan dari Getaran Lengan dan Tangan

Pekerja yang terpajan getaran lengan dan tangan secara terus menerus, dalam kadar yang tinggi, dan secara jangka panjang dapat menderita gangguan aliran darah pada jari-jari dan gangguan fungsi neurologi dan lokomotor pada lengan dan tangannya. Sindrom kompleks ini kemudian disebut dengan istilah sindrom getaran lengan dan tangan (*hand-arm vibration syndrome*).

Sindrom getaran lengan dan tangan secara periodik menyerang sirkulasi darah sehingga dapat mengganggu pada saat bekerja dan lebih jauh lagi pada kehidupan sehari-hari. Gangguan yang menyerang pembuluh darah (*Vascular disorders*), gangguan saraf (*neurological disorders*), maupun ketidaknormalan tulang dan persendian menyebabkan getaran yang ditransmisikan ke lengan dan tangan menjadi penyakit akibat kerja yang patut diwaspadai.

##### 2.2.5.1 Gangguan Pembuluh Darah (*Vascular Disorder*)

Pekerja yang terpajan getaran lengan dan tangan mengeluhkan terjadinya pemutihan (*blanching*) pada jari-jarinya terutama dipicu oleh udara dingin. Gejala ini disebabkan oleh terhambat sirkulasi darah pada jari-jari pada kurun waktu tertentu. Beberapa istilah dibawah ini sering digunakan untuk menggambarkan getaran yang menimbulkan gangguan pembuluh darah:

- a) Jari mati atau memutih (*dead or white finger*)
- b) Fenomena Raynaud yang berasal dari pekerjaan (*Raynaud's phenomenon of occupational origin*)
- c) Getaran penyebab jari memutih (*vibration-induced white finger*)

Pada mulanya, kepuatan (*blanching*) meliputi satu atau lebih ujung jari, tetapi dengan berlanjutnya pajanan getaran, kepuatan dapat meluas hingga ke pangkal jari. Setelah aliran darah kembali lancar (dapat didorong dengan tindakan menghangatkan atau memijat) warna jari menjadi merah dan biasanya terasa nyeri. Gejala ini menyerang lebih sering pada musim dingin dibandingkan musim

panas. Durasi kejadian ini bervariasi sesuai dengan intensitas pajanan getaran dari beberapa menit hingga beberapa jam.

Jika pajanan getaran berlanjut, frekuensi terjadinya kepuatan menjadi lebih sering dan menyerang lebih banyak jari-jari. Selama gejala ini berlangsung penderita dapat kehilangan sensasi sentuhan dan ketangkasan, yang dapat berpengaruh pada meningkatnya resiko cedera yang parah hingga kecelakaan pada saat bekerja.

Studi epidemiologi telah menguji bahwa kemungkinan dan tingkat kegawatan dari kepuatan dipengaruhi oleh karakteristik pajanan getaran dan durasi getaran, tipe peralatan dan proses pekerjaan, kondisi lingkungan (suhu, aliran udara, kelembaban, kebisingan), beberapa faktor biodinamik dan ergonomik (posisi lengan, kekuatan menggenggam, kekuatan menekan), dan beberapa karakteristik individu (kelemahan individu, penyakit dan perantara seperti merokok dan beberapa obat yang mempengaruhi sirkulasi peripheral (EU HAV *Good Practice Guide*, 2006).

#### 2.2.5.2 Gangguan saraf (*Neurological Disorder*)

Pekerja yang terpajan getaran lengan dan tangan dapat merasakan kesemutan dan mati rasa pada jari-jari dan tangannya. Jika pajanan getaran berlanjut, gejala ini akan semakin parah dan dapat mempengaruhi kemampuan bekerja dan aktifitas sehari-hari. Getaran yang ditransmisikan kepada pekerja dapat menurunkan sensitifitas terhadap sentuhan dan temperatur serta ketangkasan individu.

#### 2.2.5.3 Sindrom Saluran Pergelangan Tangan (*Carpal-Tunnel Syndrome*)

Studi epidemiologi terhadap pekerja telah menunjukkan bahwa penggunaan alat yang menimbulkan getar dikombinasikan dengan gerakan berulang, kekuatan menggenggam, dan postur yang tidak baik dapat meningkatkan resiko sindrom saluran pergelangan tangan.

#### 2.2.5.4 Gangguan Musculoskeletal (*Musculoskeletal Disorders*)

Pekerja dengan pajanan getaran jangka panjang dapat mengeluhkan *muscular weakness*, nyeri pada tangan dan lengan, dan menurunnya kekuatan

otot. Gangguan ini dirasa sangat berkaitan dengan faktor ergonomi dari beratnya pekerjaan manual.

Terjadinya osteoarthritis pada pergelangan tangan dan siku yang berlebihan serta pengerasan jaringan lunak (penulangan) di sambungan tendon terutama di siku telah ditemukan pada penambang, pekerja konstruksi jalan, dan operator yang bekerja dengan *percussive tools* berbahan logam (EU HAV *Good Practice Guide*, 2006). Beberapa gangguan penyakit akibat kerja seperti radang tendon (tendonitis) serta selubungnya pada tungkai atas, dan penyakit pada jaringan fasia telapak tangan telah ditemukan pada pekerja yang terpajan getaran lengan dan tangan.

#### 2.2.6 ISO 5349–2 (2001)

ISO 5349–2 (2001), *Mechanical Vibration – Measurement and Evaluation of Human Exposure to Hand-Transmitted Vibration, Part 2: Practical Guidance for Measurement at the Workplace* (2001) bertujuan untuk memberikan petunjuk praktis pada pengimplementasian ISO 5349–1 untuk pengukuran pada kehidupan nyata. Standar ini telah diadopsi sebagai *European standard* (EN 5349–2, 2001) dan standard nasional seperti BS 5349–2, 2002 yang merupakan standard nasional Inggris. Tindakan pencegahan yang harus diambil dengan beberapa langkah potensial mejadi fokus pada standar ini. ISO 5349–2 (2001) memuat lima tahapan berbeda dalam mengevaluasi pajanan getaran (tabel 2.4).

**Tabel 2.4.** Lima Langkah Evaluasi Pajanan Getaran Berdasarkan ISO 5349-2 (2001)

Stage	Description
1	Identifying a series of discrete operations that make up the subject's normal working pattern
2	Selection of operations to be measured
3	Measuring the r.m.s. acceleration value for each selected operation
4	Evaluation of the typical daily exposure time for each operation identified
5	Calculating the 8-h energy equivalent vibration total value (daily vibration exposure)

Sumber: Mansfield, Neil J. "*Human Response to Vibration*". CRC Press. 2005

ISO 5349-2 menyarankan pemilihan peralatan pengukuran, lokasi dan metode *mounting accelerometer* dan berapa lama masing-masing pengukuran harus dilakukan secara spesifik. Petunjuk tambahan juga diberikan untuk mengetahui bagaimana memilih operasi yang akan diukur.

Berdasarkan ISO 5349-2, pengukuran getaran harus dilakukan kepada setidaknya tiga pekerja berbeda, kecuali terdapat data yang dibutuhkan untuk pekerja-pekerja tertentu. Pada standar ini juga disebutkan bahwa A(8) harus dihitung secara terpisah untuk kedua tangan pekerja. Oleh sebab itu penilaian untuk masing-masing peralatan seringkali membutuhkan setidaknya enam pengukuran *triaxial*.

Ketidakpastian pengukuran seringkali dinyatakan mencapai 20 - 40%, hal ini terutama disebabkan oleh variabilitas pada getaran terkait dengan operasi dan presisi lokasi pemasangan *accelerometer*. Oleh sebab itu, peneliti harus berhati-hati dalam menghindari munculnya ketidakpastian yang tidak diperlukan, dimana pelaporan ketidakpastian pengukuran tidak sama dengan *measurement error*.

ISO 5349-2 memuat banyak contoh mengenai gambaran dokumen yang digunakan pada kondisi dimana pengukuran getaran mungkin dibuat (tabel 2.5). ISO 5349-2 dan pasangannya, ISO 5349-1 dalam pelaksanaannya membutuhkan banyak sekali dokumen-dokumen yang digunakan. Keduanya menjadi cukup jelas dan memberikan cukup informasi kepada pembacanya untuk melakukan dasar pengukuran getaran dalam hampir seluruh lingkungan kerja. Standar ini tidak memberikan panduan yang lengkap mengenai metode yang lebih kompleks seperti analisis frekuensi yang seringkali merupakan hal yang berguna dalam mengevaluasi getaran. Dengan demikian, standar ini sesuai bagi peneliti baru pada bidang getaran pada manusia (*human vibration*) dan dapat memperkaya mereka dengan pengetahuan yang mereka butuhkan dalam melakukan pengukuran dasar (*basic measurement*).

**Tabel 2.5** Informasi yang Dilaporkan pada *Human Vibration Assessment*

Category	Information to be Reported
General information	Company/customer Purpose of the measurements (e.g., evaluation of vibration)

**Tabel 2.5** Informasi yang Dilaporkan pada *Human Vibration Assessment* (sambungan)

	<p>exposure of individual workers, worker groups, evaluation of control measures, epidemiological study)</p> <p>Standard, guidance, or regulation to which assessment was made</p> <p>Date of evaluation</p> <p>Subject or subjects of the individual exposure evaluation</p> <p>Person carrying out the measurements and evaluation</p>
Environmental conditions at the workplace	<p>Location of measurements (e.g., indoor, outdoor, factory area)</p> <p>Temperature</p> <p>Humidity</p> <p>Noise</p>
Information used to select the operations measured	<p>Results of interviews with workers</p> <p>Results of simple task analysis</p>
Daily work patterns for each operation evaluated	<p>Description of operations measured</p> <p>Machines and inserted tools used</p> <p>Materials or workpieces used</p> <p>Patterns of exposure (e.g., working hours, break periods)</p> <p>Information used to determine daily exposure times (e.g., work rate or numbers of work cycles or components per day, durations of exposure per cycle, or handheld workpiece)</p>
Details of vibration sources	<p>Technical description of the power tool or machine</p> <p>Type and/or model number</p> <p>Age and maintenance condition of the power tool or machine</p> <p>Weight of the handheld power tool or handheld workpiece</p> <p>Vibration control measures on the machine or power tool, if any</p> <p>Type of handgrip used</p> <p>Automatic control systems of the machine (e.g., torque control on nut runners)</p> <p>Power of the machine</p>

**Tabel 2.5** Informasi yang Dilaporkan pada *Human Vibration Assessment* (sambungan)

	Rotational frequency or percussive speed Models and types of inserted tools Any additional information (e.g., unbalance of inserted tools)
Instrumentation	Instrumentation detail Calibration traceability Date of most recent verification test Results of functionality check Results of any interference tests
<b>Category</b>	<b>Information to be Reported</b>
Acceleration measurement conditions	Accelerometer locations and orientations (including a sketch and dimensions) Methods of attaching transducers Mass of the transducers and mount Operating conditions Arm posture and hand positions (including whether the operator is left- or right-handed) Any additional information (e.g., data on feed and grip forces)
Measurement results	x-, y-, and z-axis frequency weighted hand-transmitted vibration values Measurement durations Unweighted frequency spectra If single- or two-axis measurements were used, the multiplying factors to give vibration total value estimates (including justification for using single or two-axis measurements and justification for the multiplying factors used)
Daily vibration exposure evaluation results	Vibration total values for each operation Duration of vibration exposure for each operation Partial vibration exposures for each operation (e.g., subtasks) Daily vibration exposure, $A(8)$ Evaluation of the uncertainty of daily vibration exposure results

**Tabel 2.5** Informasi yang dilaporkan pada *Human Vibration Assessment* (sambungan)

---

Allowable exposure times to reach threshold values
<i>Source:</i> Adapted from International Organization for Standardization (2001). Mechanical vibration: measurement and evaluation of human exposure to hand transmitted vibration—part 2: practical guidance for measurement at the workplace. ISO 5349-2. Geneva: International Organization for Standardization.

---

Sumber: Mansfield, Neil J. “*Human Response to Vibration*”. CRC Press. 2005

## 2.3 Suara dan Kebisingan

### 2.3.1 Definisi Suara dan Pengukuran Suara

Gelombang akustik dapat didefinisikan sebagai perubahan tekanan pada media yang elastis. Sedangkan suara adalah sensasi auditori yang dihasilkan oleh osilasi gelombang akustik tersebut. Pada udara, suara terdiri dari osilasi-osilasi terkait dengan tekanan atmosfer sekitar. Getaran pada permukaan dan pergerakan aliran zat cair dapat bertindak sebagai suara, kemudian menyebar melalui area frekuensi tinggi dan rendah secara beruntun. Amplitudo dari gelombang akustik dinyatakan dalam Newton per meter kubik atau dalam pascal ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ). Ambang batas pendengaran (Amplitudo terendah dari osilasi tekanan dalam udara yang terdeteksi oleh telinga) adalah  $0.00002 \text{ N/m}^2$  pada frekuensi 1000 Hz (Bridger, 2005). Dua atribut utama dari suara adalah frekuensi dan intensitas (atau amplitudo).

#### 2.3.1.1 Frekuensi Gelombang Suara

Getaran- Getaran yang dihasilkan dari sumber penghasil getaran misalnya garpu tala, membentuk suatu getaran-getaran sinusoidal (*sine*). Salah satu sifat gelombang sinusoidal adalah bahwa gelombang diatas garis tengah merupakan pantulan dari gelombang di bawah garis tengah. Selain itu, bentuk gelombang-gelombang tersebut mengalami pengulangan terus menerus. Jumlah dari siklus gelombang yang terjadi dalam satu detik disebut sebagai frekuensi suara. Frekuensi suara dinyatakan dalam satuan Hertz (Hz), sama dengan jumlah siklus gelombang per detik.



Secara umum, telinga manusia peka terhadap antara 20 hingga 20.000 Hertz, meskipun pada level frekuensi yang berbeda kepekaan pada masing-masing manusia tidaklah sama. Bahkan pada individu yang berbeda, kadar kepekaannya juga berbeda pada berbagai tingkatan frekuensi.

### 2.3.1.2 Intensitas Suara

Intensitas suara diasosiasikan dengan sensasi berupa kekerasan suara yang dirasakan manusia. Intensitas suara dapat didefinisikan sebagai suatu energi atau tenaga per satuan luas, misalnya, Newton per meter persegi ( $N/m^2$ ). Skala logaritma digunakan untuk mempermudah dalam membuat karakteristik intensitas suara karena jangkauan nilai kekuatan suara pada umumnya sangat besar. Satuan dasar yang digunakan dalam pengukuran intensitas suara adalah Bel (B), diambil dari nama Alexander Graham Bell. Jumlah Bel adalah logaritma (hingga basis 10) dari rasio antara 2 intensitas suara. Pada kenyataannya, ukuran intensitas suara yang lebih umum digunakan adalah decibel (dB), dimana  $1 \text{ dB} = 0.1 \text{ B}$ .

Peralatan-peralatan untuk pengukuran suara tidak banyak yang dapat secara langsung mengukur kekuatan suara dari sumbernya. Pengukuran yang dilakukan adalah dengan mengukur variasi gelombang yang terjadi pada tekanan udara. Selanjutnya pengukuran dapat dilakukan pada level tekanan suara (*Sound Pressure Level*- SPL) dalam satuan dB karena luas kekuatan suara proporsional dengan luas tekanan suara. Hal ini dapat didefinisikan melalui persamaan berikut:

$$\text{SPL (dB)} = 10 \log \frac{P_1^2}{P_0^2} \quad (2-6)$$

Dengan,  $P_1$  = tekanan suara dalam newton per meter kuadrat

$P_0$  = referensi tekanan suara ( $0.00002 \text{ N/m}^2$ )

Perhitungan ini dapat disederhanakan menjadi

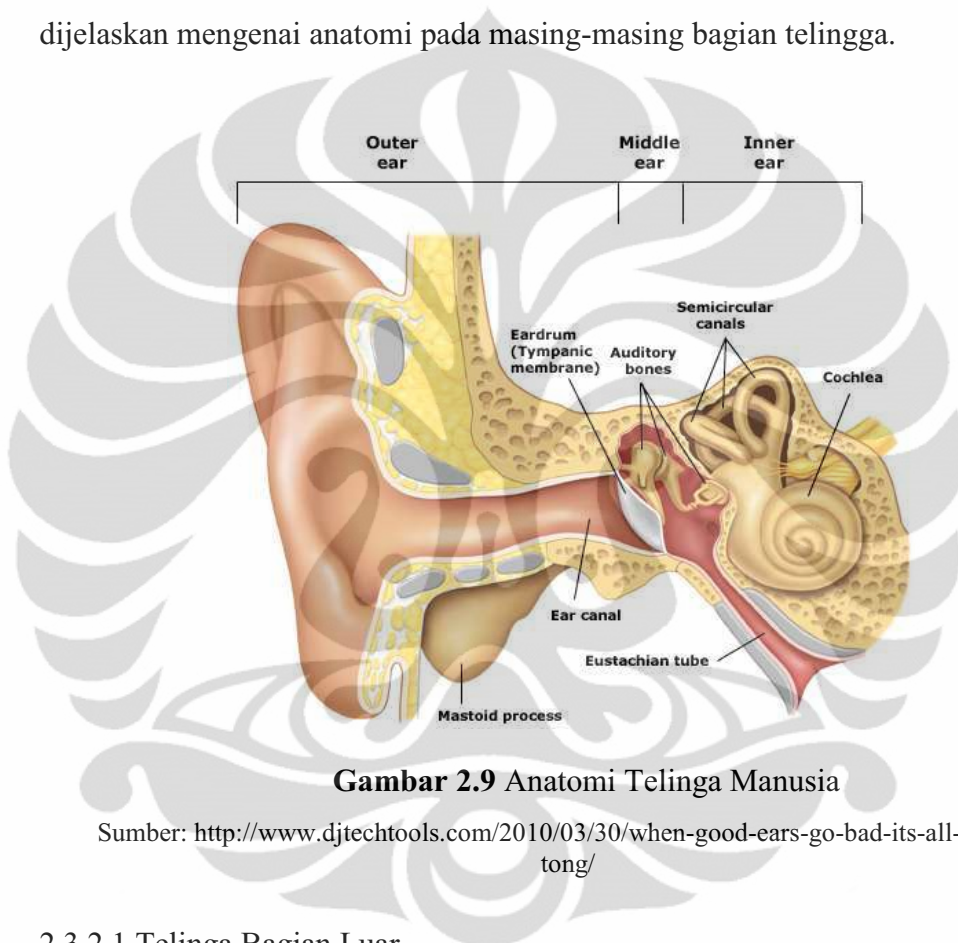
$$\text{SPL (dB)} = 20 \log \frac{P_1}{P_0} \quad (2-7)$$

Skala decibel adalah skala logaritma, jadi peningkatan 10 dB menunjukkan peningkatan sepuluh kali lipat pada kekuatan suara dan peningkatan seratus kali lipat pada tekanan suara. Hal ini menunjukkan bahwa level tekanan suara akan meningkat sebesar 3dB dengan peningkatan dua kali lipat pada tenaga suara (*sound power*). Akibat lain dari penggunaan skala logaritma adalah

perbandingan dari dua suara dihitung dengan mengurangi (bukan membagi) satu level decibel dengan level lainnya.

### 2.3.2 Anatomi Telinga

Telinga memiliki tiga bagian anatomi utama, yaitu telinga bagian luar, telinga bagian tengah, dan telinga bagian dalam (gambar 2.9). Berikut ini akan dijelaskan mengenai anatomi pada masing-masing bagian telinga.



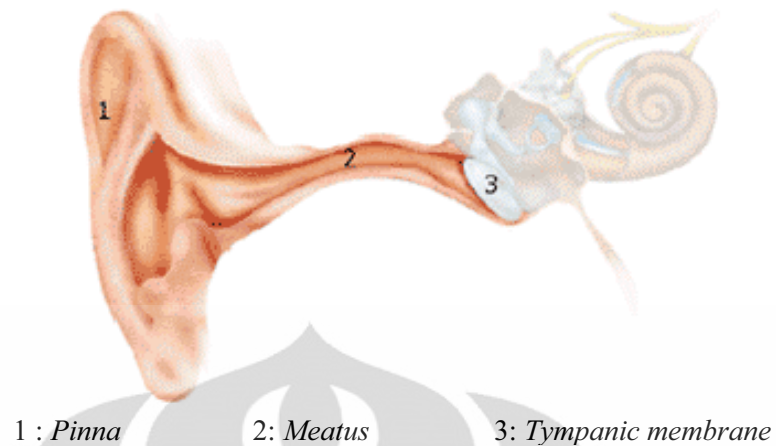
**Gambar 2.9** Anatomi Telinga Manusia

Sumber: <http://www.djtechtools.com/2010/03/30/when-good-ears-go-bad-its-all-gone-pete-tong/>

#### 2.3.2.1 Telinga Bagian Luar

Telingan bagian luar terdiri dari bagian eksternal (disebut *pinna* atau *choncha*), kanal pendengaran (*meatus*), dan gendang telinga (*Tympanic membrane*) yang merupakan pangkal dari kanal pendengaran (gambar 2.10). Telingan bagian luar ini bertugas mengumpulkan energi suara. Kanal pendengaran bentuknya menyerupai tabung bayonet dengan panjang kurang lebih 1 inci yang mengarah ke dalam dari bagian eksternal telinga. David dan Jones (1982) menyatakan bahwa properti resonansi pada kanal pendengaran memberikan sensitifitas telinga pada jangkauan frekuensi antara 2000-5000 Hz, meningkatkan level tekanan suara sebesar 12 dB (Sanders dan McCormick, 1993).

Universitas Indonesia



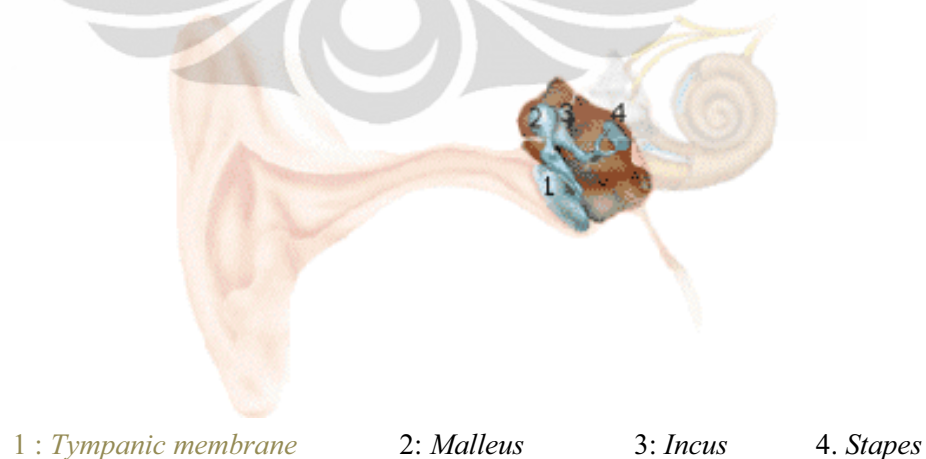
1 : *Pinna*                      2: *Meatus*                      3: *Tympanic membrane*

### **Gambar 2.10** Telinga Bagian Luar

Sumber: <http://www.scieeclarified.com/Di-EI/Ear.html>

#### 2.3.2.2 Telinga Bagian Tengah

Telingan bagian tengah dipisahkan oleh membrane timpani dari telinga bagian luar. Pada telinga bagian tengah terdapat rantai yang terdiri atas tiga tulang kecil yang disebut *ossicles*, yaitu *malleus*, *incus*, dan *stapes* (gambar 2.11). Ketiga tulang ini terhubung satu sama lain untuk kemudian mentransmisikan getaran dari gendang telinga ke jendela oval pada telinga bagian dalam. Kerja tulang *stapes* menyerupai kerja piston pada jendela oval, tugasnya adalah mentransmisikan perubahan tekanan suara menuju cairan pada telinga bagian dalam yang terdapat di sisi lain membrane jendela oval.



1 : *Tympanic membrane*                      2: *Malleus*                      3: *Incus*                      4. *Stapes*

### **Gambar 2.11** Telinga Bagian Tengah

Sumber: [http://www.gardenstatehearing.com/how\\_we\\_hear.php](http://www.gardenstatehearing.com/how_we_hear.php)

Pada telinga bagian tengah juga terdapat 2 otot yang menempel pada tulang-tulang *ossicles*. Otot timpani tensor menempel pada *malleus*, dan otot *stapedius* menempel pada tulang *stapes*. Ketika bereaksi akibat suara keras, otot *stapedius* mengetat dan mengurangi transmisi suara ke telinga bagian dalam, sehingga tercipta perlindungan terhadap suara yang sangat keras. Reaksi ini disebut refleks akustik atau aural. Refleks muncul ketika telinga terpajan sumber suara dengan level sekitar 80 dB diatas level ambang batas suara. Menurut Kryter (1985), refleks menunjukkan reaksi lebih pada suara *broadband* dibandingkan suara nada-nada murni dan pada frekuensi yang lebih rendah disbanding frekuensi yang lebih tinggi (Sanders dan McCormick, 1993).

### 2.3.2.3 Telinga Bagian Dalam



1: *Choclea*      2: *Vestibular system*

**Gambar 2.12** Telinga Bagian Dalam

Sumber: [http://www.gardenstatehearing.com/how\\_we\\_hear.php](http://www.gardenstatehearing.com/how_we_hear.php)

Telinga bagian dalam, atau disebut juga koklea merupakan jalinan berbentuk spiral yang mirip seperti rumah siput atau dipenuhi oleh cairan (gambar 2.12). Tulang *stapes* pada telinga bagian tengah bekerja pada cairan ini seperti sebuah piston, yang mengendalikannya ke depan atau ke bagian sebagai reaksi terhadap perubahan tekanan suara. Pergerakan cairan ini menyebabkan terjadinya getaran pada suatu membrane tipis yang disebut *basilar membrane*, selanjutnya getaran ini akan ditransmisikan ke organ *corti*. Organ *corti* mengandung sel-sel rambut dan ujung-ujung syaraf yang sangat sensitif terhadap perubahan tekanan. Impuls netral yang diterima oleh ujung-ujung syaraf ini akan ditransmisikan ke otak melalui syaraf pendengaran (*auditory nerve*).

**Universitas Indonesia**

### 2.3.3 Kebisingan

#### 2.3.3.1 Definisi Kebisingan

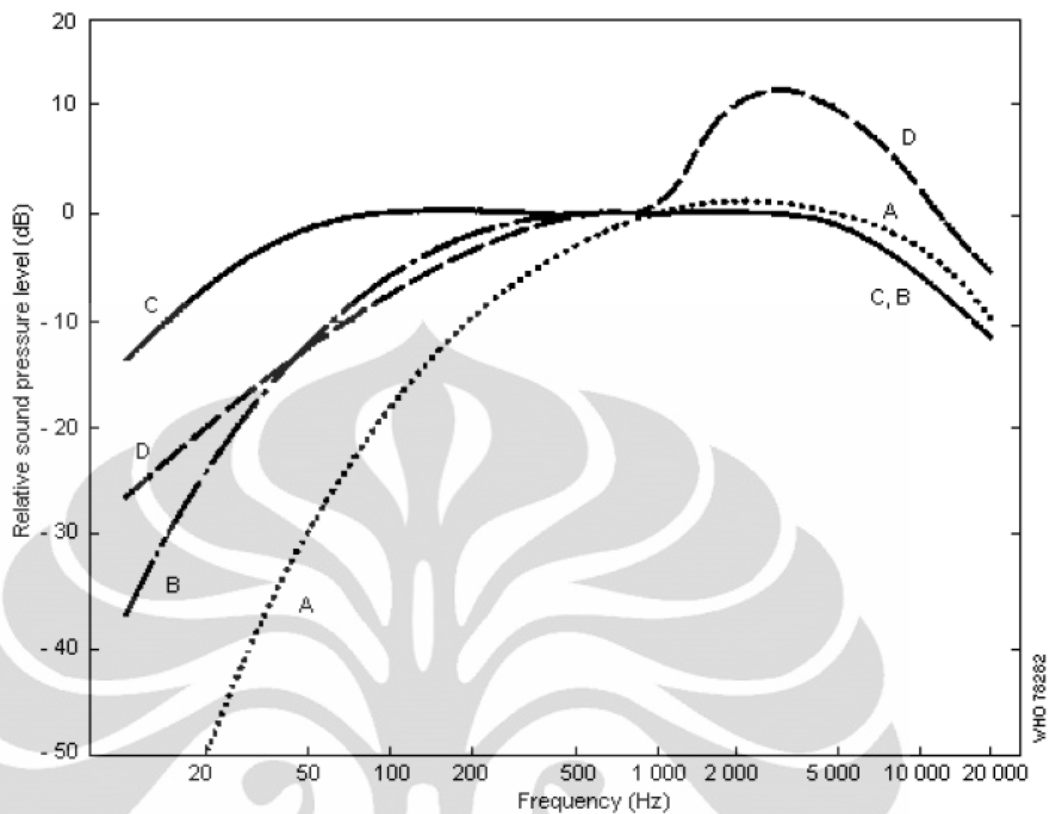
Kebisingan (*noise*) telah menjadi aspek yang berpengaruh di lingkungan kerja dan komunitas kehidupan yang sering kita sebut sebagai polusi suara dan seringkali dapat menjadi bahaya bagi kesehatan. Kebisingan biasanya didefinisikan sebagai suara atau suara pada amplitudo tertentu yang dapat menyebabkan kejengkelan atau mengganggu komunikasi. Suara dapat diukur secara objektif sedangkan kebisingan merupakan fenomena yang subjektif (Bridger, 2005). Sedangkan menurut Burrow (1960) kebisingan merupakan suatu stimulus pendengaran yang tidak memiliki hubungan informasi apapun dengan keberadaan atau penyelesaian tugas (Sanders dan McCormick, 1993).

#### 2.3.3.2 Tingkat Kekerasan (*Loudness*) Suara

Telingan manusia memiliki tingkat sensitivitas yang berbeda-beda pada semua frekuensi suara. Secara umum, telinga manusia kurang sensitif terhadap frekuensi dengan level rendah (dibawah 1000 Hz) dan lebih sensitif pada level-level frekuensi yang lebih tinggi. Meskipun pada tingkat intensitas yang sama, nada dengan frekuensi rendah tidak akan terdengar sekeras nada dengan frekuensi tinggi. Sehingga untuk menghasilkan kekerasan suara yang sama, maka nada berfrekuensi rendah harus memiliki tingkat intensitas yang lebih tinggi.

#### 2.3.3.3 Skala Ukuran Level Suara (*Sound Level Meter*)

*American National Standards Institute* (ANZI) membuat spesifikasi yang memuat beberapa skala untuk menghitung frekuensi dan karakteristik respon dari telinga manusia. Skala tersebut ditunjukkan oleh gambar 2.13 dibawah ini,



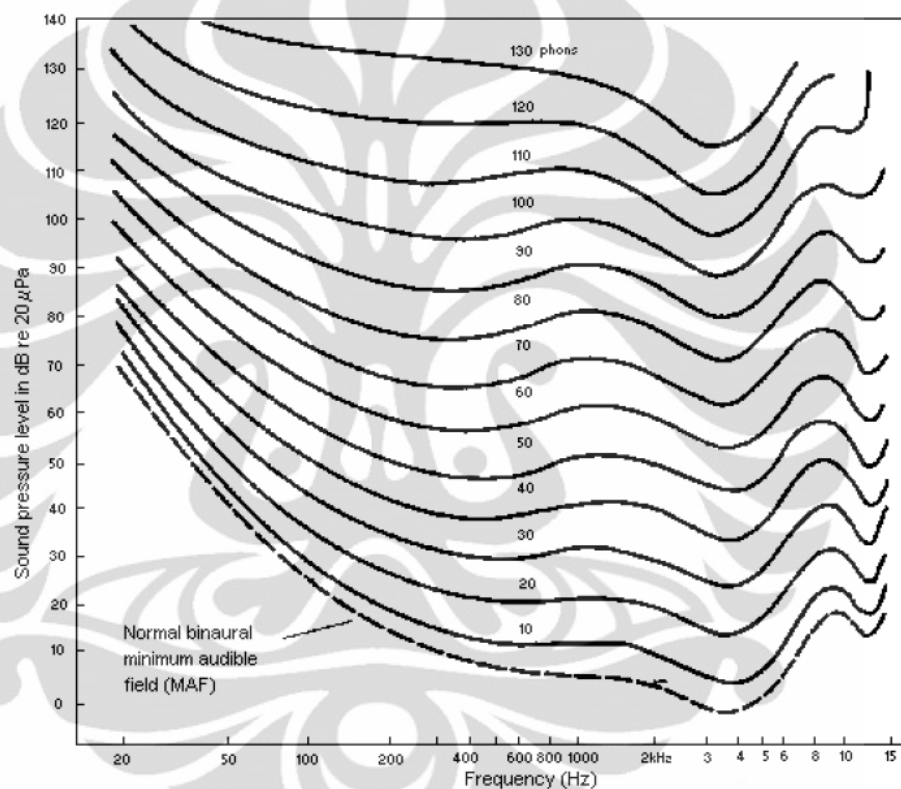
**Gambar 2.13** Karakteristik Respon Relatif dari Skala Level Suara A, B dan C serta Ambang Batas dari Telinga Manusia

Sumber: IEC, 1973a, 1973b pada Environmental health criteria - noise. 1980, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc012.htm>

Dari gambar diatas yang paling umum digunakan adalah skala A. Hal ini disebabkan karakteristik dari skala A adalah yang paling mendekati atau yang paling cocok dengan karakteristik pendengaran manusia. Hal ini kembali ditegaskan dalam standar yang dikeluarkan oleh OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) untuk menghitung limitasi dari tingkat kebisingan dilingkungan kerja dan EPA (*Environmental Protection Agency*) pada tahun 1974 telah menetapkan skala A sebagai skala yang tepat untuk pengukuran kebisingan pada lingkungan. Skala C memberikan bobot yang hampir sama untuk seluruh frekuensi. Sedangkan skala B dibuat untuk merepresentasikan bagaimana manusia dapat memberikan reaksi terhadap suara dengan intensitas menengah, namun skala ini jarang digunakan. Selain ketiga skala tersebut, dikenal pula skala D yang khusus untuk kebisingan pada pesawat terbang.

### 2.3.3.4 Indeks Psikofisik

Kebisingan atau kekerasan bersifat subjektif atau merupakan pengalaman psikologis sehubungan dengan intensitas dan frekuensi suara. Para peneliti telah berusaha untuk mengembangkan skala atau indeks berdasarkan sifat fisik suara yang akan mengukur pengalaman psikologis tersebut. Itulah sebabnya hal ini disebut dengan psikofisik. Di antara indeks psikofisik yang telah dikenal secara luas, yang paling terkenal adalah *phon* dan *sones*.



**Gambar 2.14** Kurva Tingkat Kekerasan Suara dengan Nada Murni

Sumber: Robinson & Dadson, 1956 pada Environmental health criteria - noise. 1980, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc012.htm>

Satuan *phon* dibuat dengan tujuan untuk mengukur kekerasan dan nilainya telah ditetapkan sama dengan level desibel dari nada 1000 Hz. Sebagai contoh, semua nada kekerasan suaranya sama dengan 60-dB, maka nada dengan 1000 Hz ditunjukkan untuk memiliki kekerasan suara dengan level 60 *phon*. *Phon* menunjukkan ekualitas dari berbagai variasi suara secara subyektif, tapi *phon* tidak dapat menunjukkan tentang kekerasan relatif pada suara-suara yang berbeda. Sehingga kita tidak dapat menghitung berapa kali lipat kerasnya suara 40 *phon*

dibandingkan dengan 20 *phon*. Kita hanya tahu bahwa 40 *phon* lebih keras dibandingkan 20 *phon*, tapi kita dapat menyebutkan apakah 40 *phon* lebih keras dua kali lipat atau empat kali lipat kerasnya suara 20 *phon*. Untuk mengukur penilaian komparatif seperti itu diperlukan standar pengukur yang lain. Adapun kurva tingkat kekerasan suara pada nada murni ditunjukkan oleh gambar 2.14

Fletcher dan Munson (1993) mengembangkan jenis skala lainnya. Stevens (1936) menyebutnya *stone*. Satu *stone* didefinisikan nada sekeras 1000 Hz dengan tingkat intensitas 40 dB (40 *phon*). Terdapat hubungan antara *phon* dan *stone*; 40 *phon* = 1 *stone*, dan setiap penambahan 10 *phon* sama dengan dua kali lipat dari jumlah *stone* (Sanders dan McCormick, 1993). Sebagai contohnya 50 *phon* = 2 *stone*, 60 *phon* = 4 *stone*, dan 70 *phon* = 8 *stone*. Demikian pula dengan 30 *phon* = 0.5 *stone* dan 20 *phon* = 0.25 *stone*. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa 40 *phon* suara sama dengan empat kali lipat kerasnya 20 *phon* suara.

Selain itu terdapat pula kumpulan indeks lainnya yang digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan suara dan dikembangkan sebagai perbaikan dari *phon* dan *stone* yang asli. Stevens (1972) menyatakan bahwa dua pengukuran tersebut analog dengan *phon* dan *stone*, adalah PLdB atau *Perceived Level of Noise*, dan *Mark VII Stone* (Sanders dan McCormick, 1993).

#### 2.3.4 Dampak Kebisingan

Kebisingan menimbulkan berbagai kemungkinan terjadinya pengaruh atau dampak bagi kesehatan, satu hal yang paling parah dan sudah terjadi adalah kehilangan kemampuan pendengaran (*hearing loss*). Terdapat dua jenis utama dari ketulian yaitu tuli syaraf (*nerve deafness*) dan tuli konduksi (*conduction deafness*). Tuli syaraf biasanya terjadi akibat kerusakan atau degenerasi sel-sel rambut dari organ corti yang terdapat di dalam koklea telinga. Penurunan kemampuan pendengaran secara normal yang terjadi akibat penambahan umur merupakan jenis tuli syaraf. Selain itu pajanan tingkat kebisingan yang tinggi secara terus menerus, biasanya juga merupakan menyebabkan tuli syaraf.

Tuli konduksi disebabkan oleh beberapa kondisi pada telinga bagian luar dan telinga bagian tengah yang mempengaruhi transmisi gelombang suara ke telinga bagian dalam (Sanders dan McCormick, 1993). Hal ini dapat terjadi akibat



beberapa kondisi yang berbeda, seperti terjadinya adhesi di telinga bagian tengah yang menghambat terjadinya getaran pada salah satu organ telinga (*ossicles*), infeksi pada telinga bagian tengah, atau akibat adanya kotoran telinga atau substansi lain di telinga bagian luar yang menyebabkan kerusakan pada gendang telinga.

Beberapa hal yang dapat menyebabkan kehilangan pendengaran adalah:

- a. Intensitas kebisingan
- b. Tipe kebisingan
- c. Durasi kebisingan yang diterima tiap hari
- d. Durasi kumulatif total tiap tahun
- e. Usia
- f. Adanya penyakit pendengaran
- g. Kondisi lingkungan
- h. Jarak pendengar dengan sumber suara
- i. Posisi telinga relatif terhadap sumber suara

Sedangkan faktor-faktor penting dalam mempengaruhi terjadinya kehilangan daya pendengaran menurut standar ANZI dan OSHA adalah level kebisingan, frekuensi, durasi, dan distribusi suara.

### 2.3.5 Kebisingan dan Kehilangan Kemampuan Mendengar

#### 2.3.5.1 Pengukuran Pendengaran

Instrumen yang digunakan untuk menghitung ambang (*threshold*) pendengaran seseorang pada frekuensi tertentu adalah *audiometer*. *Audiometer* menghasilkan bunyi dari beberapa variasi frekuensi melalui sebuah *earphone*. Dengan memvariasikan level tekanan suara dari tiap nada tersebut, level tekanan suara (ambang) minimum ditentukan untuk tiap frekuensi. Ini akan dibandingkan dengan rata-rata pendengaran manusia di usia muda tanpa suatu alat bantu. Selisih antara keduanya dikategorikan sebagai kehilangan kemampuan mendengar. Terdapat dua jenis *audiometer*, manual dan otomatis. Untuk *audiometer* manual diperlukan teknisi yang terlatih agar dapat mengatur nada-nada tersebut dengan tepat. *Audiometer* umumnya menghitung kehilangan kemampuan mendengar untuk frekuensi 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 Hz.

### 2.3.5.2 Kehilangan Pendengaran Normal (*Non-Occupational*)

Pada manusia, kehilangan pendengaran normal atau *non-occupational*, terdiri dari 2 tipe, yaitu *presbycusis* dan *sociocusis*. *Presbycusis* umumnya terjadi karena proses normal yaitu proses penuaan. Sedangkan *sociocusis* berhubungan dengan suara *non-occupational*, seperti suara pekerjaan rumah tangga, televisi, radio, suara kendaraan pada lalu lintas dan sebagainya.

Kryter (1983a, 1983b) menyimpulkan hasil survey dari seluruh populasi dan memperoleh grafik untuk kehilangan kemampuan mendengar mendengar *presbycusis* dan *sociocusis* (Sanders dan McCormick, 1993). Grafik tersebut menunjukkan median kehilangan kemampuan mendengar (*hearing loss*) diantara pria dan wanita pada berbagai tingkat usia. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa kehilangan pendengaran tersebut tentunya meningkat seiring dengan pertambahan usia dan menjadi semakin parah pada frekuensi yang lebih tinggi. Pada grafik tersebut diketahui bahwa pria cenderung lebih banyak terpajan kebisingan *non-occupational* dengan level tinggi dibanding wanita. Berdasarkan perkiraan Kryter (1983a), sekitar 55% dari kehilangan kemampuan mendengar normal pada frekuensi tinggi adalah *presbycusis*, dengan *sociocusis* terhitung kurang lebih 45% pada negara industri (Sanders dan McCormick, 1993).

### 2.3.5.3 Kehilangan Pendengaran *Occupational*

Sebagian besar kehilangan kemampuan mendengar selain *presbycusis* dan *sociocusis* dapat dikategorikan sebagai kehilangan kemampuan mendengar secara *occupational*. Umumnya kehilangan kemampuan mendengar disebabkan oleh pajanan terus menerus yang terjadi sepanjang waktu, meskipun pajanan yang tidak terus menerus atau insidental juga dapat memberikan pengaruh yang sama. Setelah mengalami pajanan kebisingan selama beberapa waktu, akan terjadi kehilangan kemampuan mendengar sementara dan setelah beberapa saat pendengaran dapat kembali pulih. Namun pengaruh yang terus-menerus dapat mengakibatkan kerusakan yang permanen pada pendengaran.

Dalam kasus kehilangan pendengaran *occupational* ditemukan beberapa jenis yang berbeda sebagai berikut:

- a. Kehilangan pendengaran sementara karena bisung terus menerus

Pengukuran kehilangan pendengaran pada kasus ini harus diambil pada waktu yang tetap setelah pajanan agar bisa dibandingkan. Hal ini disebabkan karena pendengaran memulih setelah beberapa saat. Secara tradisional, hal ini dilakukan dengan selang waktu dua menit setelah terpajan. Pergeseran dalam ambang dengar (dari level sebelum pajanan) disebut dengan pergeseran ambang dengar sementara dalam 2 menit (*temporary threshold shift at 2 minutes*) yang disingkat dengan  $TTS_2$ . Beberapa level suara tidak akan menghasilkan pengukuran  $TTS_2$  sehubungan dengan durasi waktu pajanan. Level suara ini menunjukkan kesunyian yang efektif (*effective quite*) dimana efek kebisingan yang berbahaya pada pendengaran diperhatikan. Batas bawah ini tergantung dari frekuensi tapi dipertimbangkan berada sekitar 60 hingga 65 dB.

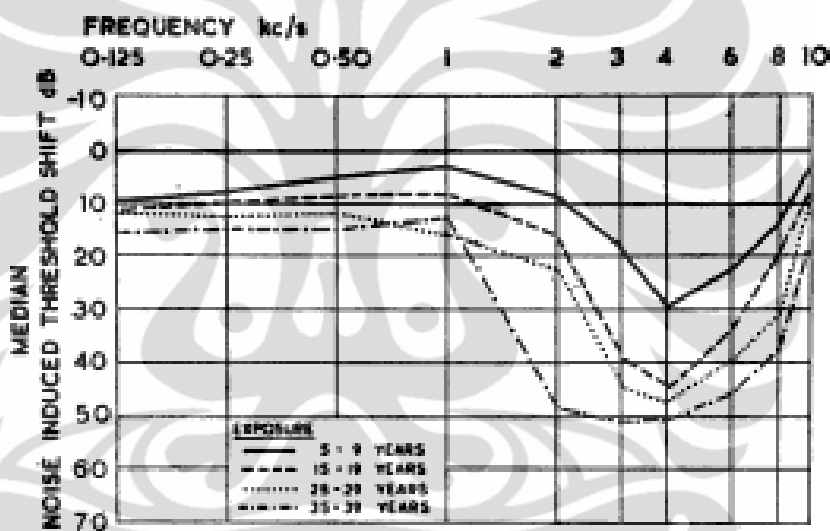
$TTS_2$  meningkat sesuai dengan logaritma dari level tekanan suara dari pajanan kebisingan pada intensitas 80 hingga 105 dB. Kryter (1985), setelah merujuk pada literatur menyimpulkan bahwa untuk pajanan yang menghasilkan lebih dari 10 dBA dari  $TTS_2$ ,  $TTS_2 = 10 \log SPL + k$ . Untuk pajanan yang menghasilkan antara 10 hingga 40 dBA dari  $TTS_2 = 20 \log SPL + k$ , dengan k adalah konstanta yang tergantung dari spesifikasi pajanan, seperti durasi, suara yang terputus-putus, dan sebagainya (Sanders dan McCormick, 1993).

Pemulihan dari pergeseran ambang dengar sementara saat level  $TTS_2$  kurang dari 40 dBA, juga mengikuti fungsi logaritma dan sesuai dengan fungsi logaritma dari waktu pemulihan. Walaupun peningkatan dan pemulihan dari pergeseran ambang dengar sementara sesuai dengan logaritma waktu, namun pemulihan pendengaran memerlukan waktu yang lebih lama dari waktu yang diperoleh. Sebagai contoh David S. and Jones (1982) menyatakan bahwa, memerlukan waktu kurang dari satu jam untuk memperoleh  $TTS_2$  dari 25 dBA, tapi pemulihan yang tuntas memerlukan waktu lebih dari 16 jam (Sanders dan McCormick, 1993).

b. Kehilangan pendengaran permanen akibat kebisingan terus menerus

Pergeseran ambang dengar tetap (*permanent threshold shift*, PTS) atau pergeseran ambang dengar tetap akibat kebisingan (*noise-induced*

*permanent threshold shift*, NIPTS) pada akhirnya akan muncul dengan terjadinya pajanan suara yang berulang dan intensitas yang cukup. Biasanya PTS akan muncul pertama kali pada 4000 Hz. Setelah beberapa tahun terjadi peningkatan pajanan suara, kehilangan kemampuan mendengar umumnya terjadi sekitar 4000 Hz, namun pada umumnya dibatasi pada kisaran frekuensi antara 3000 hingga 6000 Hz. Melnick (1979) menyatakan bahwa, dengan semakin besarnya pajanan suara, kehilangan kemampuan mendengar pada frekuensi 4000 Hz berlanjut menyebar ke kisaran frekuensi yang lebih luas (Sanders dan McCormick, 1993). Frekuensi 4000 Hz adalah daerah frekuensi dimana pendengaran manusia sangat sensitif.



**Gambar 2.15** Kurva Level Suara yang Menunjukkan Kehilangan Pendengaran

Sumber: Taylor, W. Pearson, J. Mair, A. and Burns, W. 1965

Gambar 2.15 diatas yang menunjukkan kurva level suara yang menggambarkan kehilangan pendengaran.

c. Kehilangan pendengaran karena kebisingan yang tidak terus menerus

Jangkauan dari kebisingan yang tidak terus menerus termasuk suara putus-putus (*intermittent*) yang stabil seperti suara mesin yang beroperasi dalam waktu singkat, suara tumbukan, dan suara impuls.

Menurut Kryter (1966) Pada dosis yang tinggi, tipe kebisingan ini dapat lebih berbahaya dalam menyebabkan gangguan pendengaran, namun kombinasi dan permutasi dari intensitas suara, frekuensi suara,

durasi pajanan, dan parameter lain dalam kebisingan tipe ini juga harus dipertimbangkan (Sanders dan McCormick, 1993)

### 2.3.6 Efek Fisiologis dari Kebisingan

Kerusakan pendengaran permanen merupakan konsekuensi dari kerusakan pendengaran fisiologis yang terjadi pada mekanisme pendengaran. Selain kemungkinan terjadinya kerusakan permanen pada telinga, kebisingan juga menimbulkan pengaruh fisiologis lain. Salah satu reaksi fisiologis manusia akibat terpajan oleh sumber suara dengan level kebisingan tinggi adalah reaksi terkejut (*startle response*). Sifat dari reaksi terkejut diantaranya kontraksi otot, kedipan mata, maupun pergerakan kepala. Selain itu, terjadi pula perubahan pada detak jantung, dan dilatasi dari pupil mata. Kemudian dapat pula terjadi pengurangan pada diameter pembuluh darah pada bagian *peripheral*, terutama di kulit.

Semua reaksi bersifat sementara dalam arti dapat kembali normal atau mendekati level normal dalam waktu yang sangat cepat. Dengan adanya pengulangan pajanan dari level kebisingan yang sama, maka reaksi awal yang terjadi sebelumnya semakin lama akan semakin berkurang, bahkan hilang. Namun reaksi awal yang berupa reaksi terkejut tersebut, terbukti dapat mengganggu performa motorik.

Berdasarkan Jansen (1969), Burns (1979), dan Gulian (1974), terdapat fakta yang mengindikasikan bahwa pajanan kebisingan pada level tinggi (misalnya 95 dB atau lebih) berkaitan dengan timbulnya reaksi stres pada seseorang yang terpajan kebisingan pada level yang tinggi tersebut (Sanders dan McCormick, 1993).

### 2.3.7 Batas Pajanan Suara

Kebisingan dapat membawa efek yang kurang baik, terutama bagi pendengaran manusia, maka dibuatlah beberapa standar untuk membatasi tiap jenis kebisingan, yaitu kebisingan berkelanjutan (*continuos noise*) dan kebisingan putus-putus (*intermittent*), kebisingan impuls, kebisingan infrasonik dan kebisingan ultrasonik.

### 2.3.7.1 Kebisingan Berkelanjutan dan Putus-putus

Standar yang akan digunakan pada penelitian ini adalah berdasarkan nilai ambang batas kebisingan yang ditetapkan pada Keputusan Menteri Tenaga Kerja RI Nomor KEP.51/MEN/1999. Nilai Ambang Batas yang disingkat NAB untuk kebisingan di tempat kerja adalah intensitas tertinggi dan merupakan nilai rata-rata yang masih dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan hilangnya daya dengar yang tetap untuk waktu kerja yang terus menerus tidak lebih dari 8 jam sehari dan 40 jam seminggu. Nilai ambang batas ini sama seperti *Recommended Exposure Level* (REL) yang ditetapkan oleh NIOSH (revisi pada 1998) yaitu sebesar 85 dBA untuk 8 jam kerja dengan *exchange rate* sebesar 3 dB.

#### a. Durasi dan Level Paparan

Paparan kebisingan harus dapat dikontrol sehingga nilai paparan yang diterima pekerja tidak melebihi kombinasi dari level paparan (L) dan durasi (T), sebagaimana yang diperoleh melalui perhitungan dibawah ini:

$$T = \frac{8}{2^{L-85/3}} \quad (2-8)$$

Dengan: T = Durasi waktu paparan yang diperbolehkan (jam)

L = Level paparan (dB)

3 = *Exchange rate*

Adapun nilai ambang batas kebisingan berdasarkan Kepmenaker RI Nomor KEP.51/MEN/1999 ditunjukkan oleh tabel 2.7 dibawah ini:

**Tabel 2.6** Nilai Ambang Batas Kebisingan Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja no. KEP.51/MEN/1999

Waktu Pemajanan per hari		Intensitas Kebisingan (dBA)
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30	Menit	97
15		100
7.5		103
3.75		106

**Tabel 2.6** Nilai Ambang Batas Kebisingan Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja no. KEP.51/MEN/1999 (sambungan)

1.88		109
0.94		112
28.12	Detik	115
14.06		118
7.03		121
3.52		124
1.76		127
0.88		130
0.44		133
0.22		136
0.11		139

Sumber: Nilai ambang batas kebisingan ditempat kerja, Keputusan Menteri Tenaga Kerja, NOMOR : KEP-51/MEN/I999

b. Dosis Paparan Harian (*daily noise dose*)

Dosis paparan yang diterima pekerja terdiri dari level kebisingan yang berbeda-beda pada periode tertentu. Nilai dosis paparan diperoleh melalui perhitungan dibawah ini:

$$D = \left[ \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right] \times 100 \quad (2-9)$$

Dengan,  $C_n$  = Total waktu paparan harian pada level kebisingan tertentu

$T_n$  = Durasi paparan yang diperbolehkan

Total dosis kebisingan merupakan penjumlahan dari semua dosis parsial (*partial dose*). Jika total dosis kebisingan lebih angka 100 atau mempunyai nilai 8 jam *Total Weighted Average* (TWA) sebesar 85 dB, berarti hal itu telah melampau batas dan harus dikurangi. Nilai TWA untuk standar NAB dari Kepmenaker dapat diperoleh dengan perhitungan yang sama dengan perhitungan NIOSH yaitu:

$$TWA = 10 \log \frac{D}{100} + 85 \quad (2-10)$$

Dengan,  $D$  = dosis suara (*noise dose*)

### 2.3.7.2 Kebisingan Impuls

Kebisingan impuls adalah suara dengan waktu menuju intensitas puncak tidak lebih dari 35 milidetik dan dengan durasi tidak lebih dari 500 milidetik ketika tingkat suaranya adalah 20 dBA dibawah puncak.

$$n = 10^{16-p/10} \quad (2-11)$$

Dengan :  $n$  = Jumlah maksimum intensitas yang diperbolehkan dalam 8 jam

$p$  = intensitas impuls maksimum

### 2.3.7.3 Kebisingan Infrasonik

Kebisingan infrasonik merupakan tingkat kebisingan suara yang memiliki frekuensi di bawah suara yang dapat terdapat, yaitu kurang dari 20 Hz. Sampai saat ini, tidak ada standar nasional ataupun internasional untuk batas pengeluaran yang masih diperbolehkan untuk suara ini tetapi biasanya sebagai perlindungan direkomendasikan pengeluaran antara 136 dB pada 1 Hz hingga 123 dB pada 20 Hz, jika meningkat 3 dB, maka durasi yang diperbolehkan harus dikurangi menjadi setengahnya.

### 2.3.7.4 Kebisingan Ultrasonik

Kebisingan ultrasonik merupakan tingkat kebisingan suara dengan frekuensi diatas suara yang dapat terdengar oleh manusia, yaitu lebih besar dari 20.000 Hz. Action (1983) meneliti topik dan berbagai standar yang ada mengenai pengeluaran ultrasonik, yang menyimpulkan bahwa kriterianya sama dan batas pengeluarannya sampai 110 dB untuk frekuensi pada dan diatas 20.000 Hz. Ini berarti pada 20.000 Hz digunakan 75 dB dan pada atau di atas 25.000 Hz, digunakan 110 dB (Sanders dan McCormick, 1993).

### 2.3.8 Baku Tingkat Kebisingan

Pemerintah melalui Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. Kep-48/MENLH/11/1996 menetapkan baku tingkat kebisingan yang diperbolehkan untuk suatu kawasan tertentu (tabel 2.8). Baku tingkat kebisingan ini diukur berdasarkan rata-rata pengukuran tingkat kebisingan ekuivalen ( $L_{eq}$ ). Baku tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan



dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan.

**Tabel 2.7** Baku Tingkat Kebisingan Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. Kep-48/MENLH/11/1996

Peruntukan Kawasan / Lingkungan Kesehatan	Tingkat Kebisingan dB(A)
a. Peruntukan Kawasan	
1. Perumahan dan pemukiman	55
2. Perdagangan dan jasa	70
3. Perkantoran dan perdagangan	65
4. Ruang terbuka hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan dan fasilitas umum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus	
• Bandar udara	-
• Stasiun kereta api	-
• Pelabuhan laut	70
• Cagar budaya	60
b. Lingkunga Kegiatan	
1. Ruma sakit atau sejenisnya	55
2. Sekolah atau sejenisnya	55
3. Tempat ibadah atau sejenisnya	55

Sumber: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, No. 48 tahun 1996, Tentang: Baku tingkat kebisingan

### 2.3.9 Pengukuran Pajanan Suara

Hingga saat ini berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan pengukuran pajanan suara yang dapat merepresentasikan banyaknya faktor akustik penting dan beberapa faktor non-akustik yang mempengaruhi gangguan suara (tabel 2.8). Sperry (1978) telah mendata 13 pengukuran yang berbeda dimana pengukuran ini telah banyak digunakan di seluruh dunia untuk pengukuran pajanan kebisingan (Sanders dan McCormick, 1993).

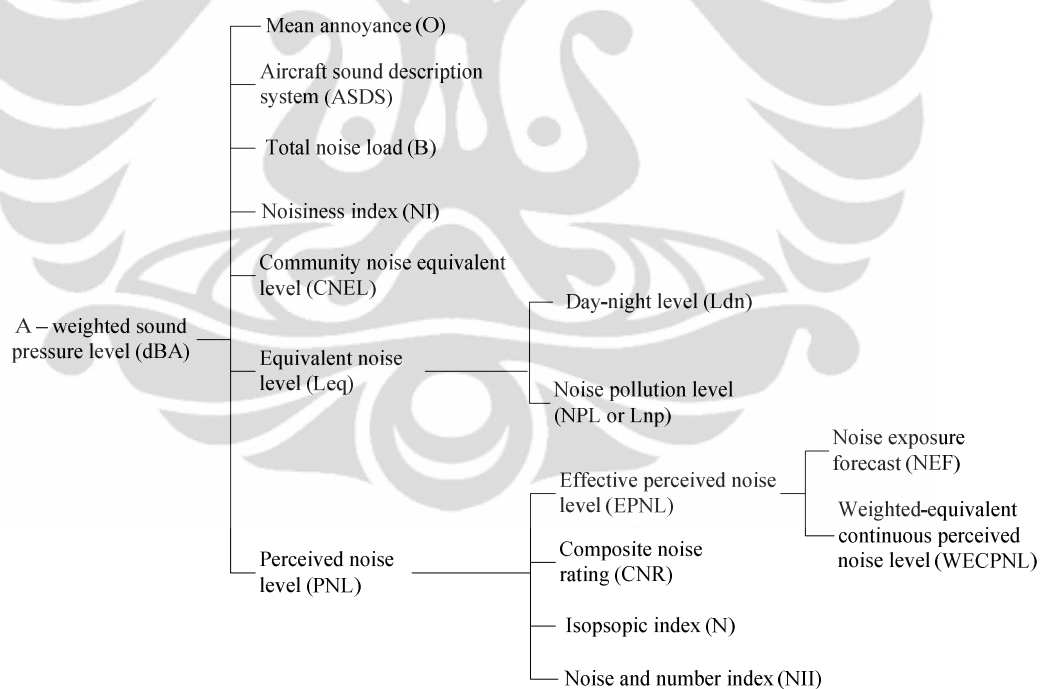
**Universitas Indonesia**

**Tabel 2.8** Faktor-faktor yang Mempengaruhi Gangguan Kualitas Suara

Acoustic factors	Nonacoustic factors
Sound level	Past experience with the noise
Frequency	Listener's activity
Duration	Predictability of noise occurrence
Spectral complexity	Necessity of the noise
Fluctuations in sound level	Listener's personality
Fluctuations in frequency	Attitudes toward the source of the noise
Risetime of the noise	Time of year
	Time of day
	Type of locale

Sumber: Sanders, Mark S. & McCormick, Ernest J. "Human Factors in Engineering and Design". McGraw-Hill, Inc. 1993

Gambar 2.16 menunjukkan berbagai macam jenis pengukuran tersebut dan hubungan yang terdapat didalamnya. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semua jenis pengukuran dilakukan menggunakan *A-weighted sound level* (dBA).

**Gambar 2.16** Variasi pengukuran pajanan suara

Sumber: Sander, Mark S. & McCormick, Ernest J. "Human Factors in Engineering and Design". McGraw-Hill, Inc. 1993

*Equivalent sound level* ( $L_{eq}$ ), dan *perceived sound level* (PNL) telah membentuk percabangan sebagai variasi dari pengukuran lain. Berbagai pengukuran menyebabkan perbaikan dari beberapa faktor seperti waktu dalam

sehari, musim dalam setahun, keanekaragaman suara, dan kumpulan suara yang melewati subyek. *Day-Night level* ( $L_{dn}$ ) digunakan oleh *Environmental Protection Agency* untuk memberi peringkat pada pajanan suara. *Day-Night level* ( $L_{dn}$ ) adalah ( $L_{eq}$ ) dalam periode 24 jam dengan koreksi sebesar 10 dB ditambahkan dengan level suara yang muncul pada waktu malam (jam 10 malam sampai jam 7 pagi).

#### 2.4 *Portable Power Tools*

*Power tools* merupakan peralatan-peralatan dengan sumber tenaga penggerak tertentu (elektrik, pneumatik, hidraulik, bahan bakar cair, dsb). *Power tools* diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu statis *power tools* dan *portable power tools*, dimana portable berarti dioperasikan dengan cara memegang atau menggenggam (*hand held*) peralatan tersebut.

Pada dunia konstruksi, *Portable power tools* merupakan bagian dari kehidupan pekerja konstruksi dimana alat tersebut dapat memudahkan mereka melakukan pekerjaan-pekerjaan yang sebelumnya sulit atau bahkan tidak mungkin dikerjakan.

Walaupun manfaatnya sangat besar, peralatan-peralatan ini dapat menimbulkan bahaya, dan berpotensi menyebabkan cedera yang parah ketika penggunaan dan perawatannya tidak dilakukan secara benar. Alat ini juga berpotensi sebagai sumber pajanan getaran dan kebisingan yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi penggunanya.

Beberapa jenis *portable power tools* dengan energi penggerak berupa energi listrik yang seringkali digunakan pada dunia konstruksi antar lain:

- a. *Jackhammer*
- b. Bor tangan (*hand drill*)
- c. *Hammer drill*
- d. Gerinda (*grinders*)
- e. Alat serut/ alat pasah (*planner tools*)
- f. Pengencang baut (*impact wrench*)



**Gambar 2.16** *Portable Power Tools*

Sumber:

<http://www.sencan-tools.com/Electric-Hand-Drill-36.html>  
<http://professional-power-tool-guide.com/manufacturers/bosch-power-tool-company>  
<http://sumberperkakas.indonetwork.co.id/1697063/mesin-serut-planner-gho-10-82-bosch.htm>  
<http://www.cordlessimpactwrench4u.com/the-benefits-of-a-cordless-impact-wrench/>  
<http://almakeena.com/jack-hammer.htm>  
<http://powerdrillsguide.blogspot.com/>

## 2.5 Uji Normal, Keseragaman, dan Kecukupan Data

### 2.5.1 Uji Normal Data

Pada penelitian kali ini analisis uji normal dilakukan melalui tes Kolmogorov-Smirnov (K-S) dan Shapiro-Wilk dengan menggunakan software SPSS 16.0. Kedua uji normal ini yaitu Kolmogorov-Smirnov (K-S) maupun Shapiro-Wilk yang digunakan yaitu melalui analisis *descriptive statistics*. Adapun uji Shapiro-Wilk dianggap lebih akurat ketika jumlah sample yang dimiliki kurang dari 50. Sebagai hasilnya SPSS memberikan dua tabel sekaligus seperti ditunjukkan oleh tabel 2.9

**Tabel 2.9** Contoh Hasil Uji Normal dengan *Descriptive Statistics*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Gerinda	.214	10	.200*	.865	10	.088

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

Metode ini menyatakan bahwa data terdistribusi normal apabila nilai Signifikan Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk lebih besar atau sama dengan  $\alpha$  yaitu 0.05. Uji normal dilakukan untuk mengetahui apakah data yang terkumpul dari sample yang terbatas terdistribusi normal sehingga dapat dilakukan tahap pengolahan data berikutnya menggunakan data tersebut.

### 2.5.2 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data bisa dilaksanakan dengan cara visual dan / atau mengaplikasikan peta kontrol (*control chart*). Batas Kontrol Atas (BKA) atau *Upper Control Limit* (UCL) serta Batas Kontrol Bawah (BKB) atau *Lower Control Limit* (LCL) dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\text{BKA} = \bar{X} + 3\alpha \quad \text{dan} \quad \text{BKB} = \bar{X} - 3\alpha \quad (2-12)$$

### 2.5.3 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan bagi data pengukuran yang telah dikumpulkan dilakukan berdasarkan *standard error* harga rata-rata yang dinyatakan dengan penurunan persamaan:

$$\delta\bar{X} = \frac{\delta'}{\sqrt{N}} \quad (2-13)$$

Dengan,  $\delta\bar{X}$  : standar simpangan dari distribusi rata-rata

$\delta'$  : standar simpangan dari populasi untuk elemen kerja yang ada

N : Jumlah pengamatan

Secara definisi hal ini dinyatakan sebagai “the *root mean square deviation of the observed reading from their average*” dengan persamaan:

$$\delta = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{N}} \quad (2-14)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{N} - \bar{X}^2} \quad (2-15)$$

Dengan  $X$  : data pengamatan

$\bar{X}$  : harga rata – rata (mean) dari semua data pengamatan

$N$  : Jumlah pengamatan

Diketahui bahwa  $\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$  maka diperoleh  $\delta = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{N} - \left(\frac{\sum X}{N}\right)^2}$

Dengan mengkombinasikan persamaan-persamaan tersebut maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\delta \bar{X} = \frac{1/N \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sqrt{N}} \quad (2-16)$$

Guna menetapkan berapa jumlah  $N$  dari sampel yang diambil ( $N'$ ) maka diputuskan terlebih dahulu tingkat kepercayaan dan derajat ketelitian yang akan digunakan. Pada penelitian ini digunakan tingkat kepercayaan 95% dan derajat ketelitian 5%. Hal ini berarti bahwa kurang lebih 95% data sampel pengukuran yang diteliti tidak akan menyimpang melebihi 5% dari nilai yang sebenarnya. Dengan tingkat kepercayaan 95% dan derajat ketelitian 5% maka persamaan yang digunakan untuk menguji kecukupan data sampel adalah:

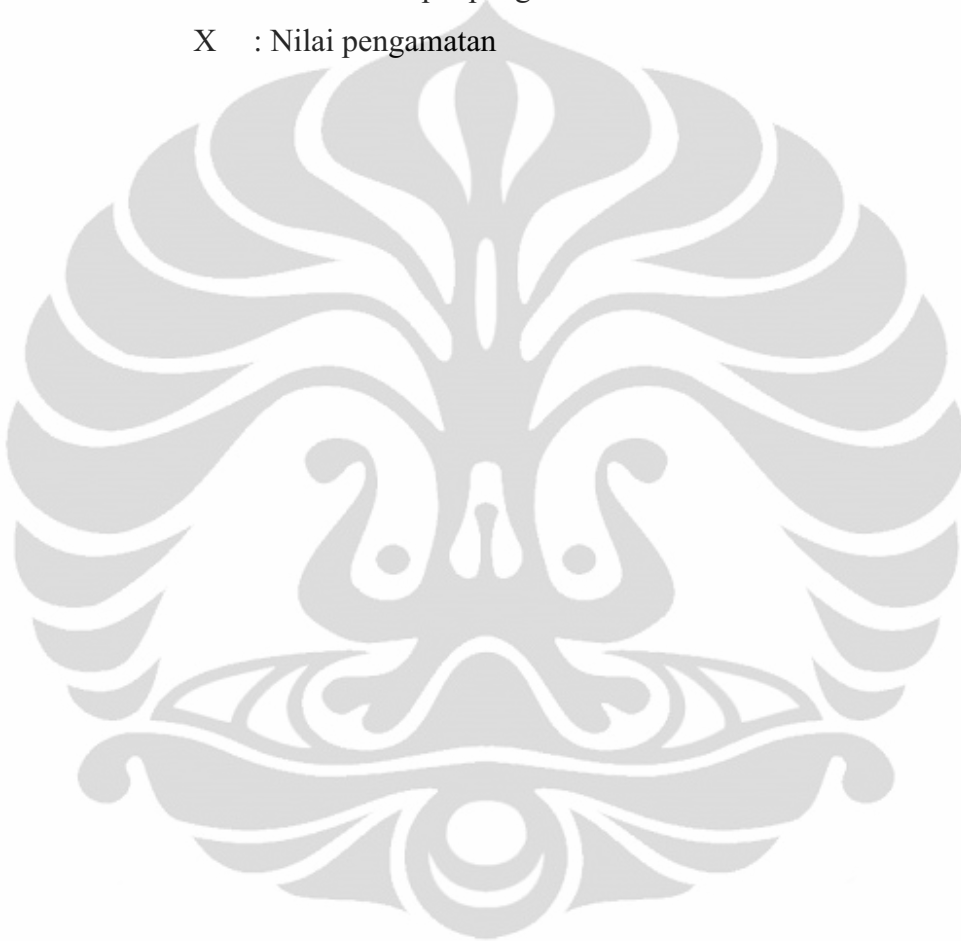
$$0.05 \bar{x} = 2 \delta x \quad (2-17)$$

$$0.05 \frac{\sum x}{N} = 2 \delta x \quad (2-18)$$

$$0.05 \frac{\sum x}{N} = 2 \frac{1/N \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sqrt{N}} \quad (2-19)$$

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (2-20)$$

Dengan,  $N'$  : Jumlah pengamatan yang dibutuhkan  
 $N$  : Jumlah sampel pengamatan  
 $X$  : Nilai pengamatan



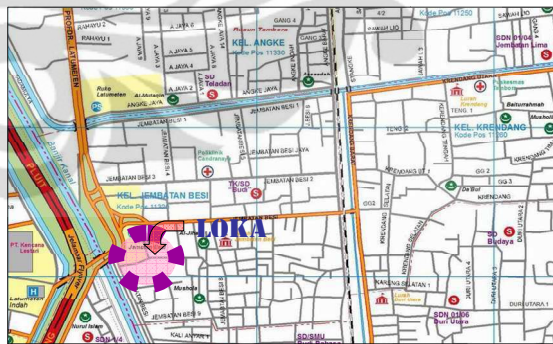
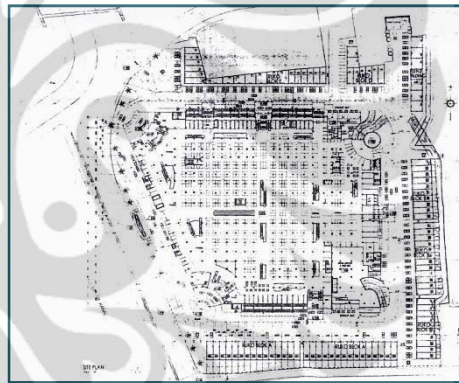
## BAB 3

### PENGUMPULAN DATA

#### 3.1 Gambaran Umum Proyek Apartemen Seasons City

##### 3.1.1 Latar Belakang Proyek

Nama “City” yang berarti “Kota” dipilih dengan berbagai pertimbangan. Pengembang Seasons City, PT. Cakrawira Bumimandala yang merupakan anak perusahaan Agung Podomoro Group dan Priamanaya Group berkeinginan mewujudkan sebuah kota kecil di kawasan Jakarta Barat. Sebuah kota dengan fasilitas lengkap untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Maka untuk mewujudkannya, dibangunlah pusat perbelanjaan, pusat bisnis, tempat hunian, sekaligus tempat rekreasi dalam satu area seluas 5,5 hektar.



**Gambar 3.1** Disain, Peta, dan Lokasi Proyek Seasons City

sumber: PT ADHI Karya(Persero)

Pusat perbelanjaan di Seasons City memiliki konsep *one stop shopping mall*. Mall ini terdiri dari lima lantai untuk perdagangan ritel (*trade mall*) yang terbagi menjadi zona emas dan arloji, tas dan sepatu, aksesoris, serta butik pakaian



dewasa dan anak-anak. Selain itu masih ada zona perlengkapan elektronik dan computer. *Mall* yang berisi 1.500 kios dan 1.500 konter ini juga akan dilengkapi hipermarket Carrefour yang akan beroperasi ditahun 2009. Pusat belanja Carrefour ini menempati dua lantai dan menyediakan barang – barang kebutuhan konsumen, baik penghuni Apartemen di Seasons City, maupun konsumen dari luar Seasons City.

Seasons City bukan tempat belanja semata, sebagai *one stop shopping*, mall ini memiliki berbagai fasilitas yang dapat dipergunakan seluruh keluarga. Ada *cafe* dan resto, pusat kecantikan, kesehatan dan kebugaran, *grand ballroom*, serta fasilitas *Fun Seasons* yang terdiri dari dua lantai, menawarkan *edutainment* untuk keluarga.

Konsep *Fun Seasons* memang memberi banyak nuansa yang berbeda dan unik. Seasons City menawarkan fasilitas *games and rides*; seperti bianglala dan rollercoaster. Permainan ini dibagi dalam empat musim (semi, panas, gugur, dan dingin). Rancangan area bermain ini dibuat mengikuti tema empat musim tersebut.

### 3.1.2 Data Teknik Proyek

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| a. Nama Proyek                 | : Latumeten City (Season City)                         |
| b. Nama Identitas              | : Latumeten City (Season City)                         |
| c. Jenis Proyek / Pekerjaan    | : Mall dan Apartemen                                   |
| d. Lingkup Pekerjaan           | : Struktur dan Arsitektur                              |
| e. Lokasi Proyek               | : Jl Jembatan Besi No 33 Jakarta Barat                 |
| f. Pemilik Proyek              | : PT Cakrawira Bumimandala                             |
| Alamat Pemilik Proyek          | : Jl Jembatan Besi No 33 Jakarta Barat                 |
| Telpon / Fax                   | : 021-6340324 / 021-6340364                            |
| Pemimpin Proyek                | : Sutanto  |
| g. Konsultan Perencana Strktur | : PT Haerte Widya Konsultan                            |
| Alamat                         | : Komplek Puri Niaga, Jl Puri Kencana Blok<br>K7 No 1U |
| h. Konsultan Perencana Arstktr | : Architect Indomegah<br>Megatika                      |

	Image Creator
i. Konsultan Perencana ME	: PT Malmass Mitra Teknik
Alamat	: Jl Rawa Jati Barat II / 33 Kalibata
j. Konsultan Pengawas	: PT Prosys Engineers International
Alamat	: Wisma Kali Manis 3rd. Jl MT Haryono. Jakarta. 12770
k. Quantity Surveyor	: PT Quanta Sejahterutama Cipta
Alamat	: Jl Bintaro Utama Blok HB No 7. Bintaro Jaya no IX.
l. Perolehan Proyek	: Tender
m. Waktu Pelaksanaan Proyek	: 640 Hari
n. Masa Pemeliharaan	: 365 Hari
P0	: 13 Oktober 2006
P1	: 14 Juli 2008
P2	: 14 Juli 2009
o. Jenis Proyek	: Lumpsum Fixed Price
p. Jumlah Lantai	: 36 Lantai
q. Jumlah <i>Tower</i>	: 3 <i>Tower</i>
r. Luas Bangunan	: 385.398 ,77 m <sup>2</sup>
s. Luas Lahan	: 5,5 Ha

### 3.1.3 Pembangunan Season City

Konsep *education* tampak dari fasilitas pre-school dan Taman Kanak-Kanak yang tersedia di lantai berbeda. Para orang tua tidak perlu repot menyekolahkan anaknya ke luar kawasan Seasons City .

Untuk mendukung aktivitas bisnis, Seasons City menyediakan unit ruko dan rukan di area *shopping arcade*. Berbeda dengan ruko biasa, Seasons City menyediakan private basement yang dapat dipakai untuk berbagai keperluan. *Private basement* ini di bangun lebih tinggi dari jalan sehingga bebas banjir.

Paduan konsep ini didukung dengan hadirnya apartemen sebagai hunian bagi masyarakat perkotaan. Tiga *Tower* Apartemen Seasons City masing – masing setinggi 33 lantai akan dibangun di atas *one stop shopping mall*. Apartemen

regular yang ditawarkan Seasons City tidak hanya membidik pasangan muda perkotaan yang mencari tempat tinggal dekat dengan tempat bekerja. Lokasi yang dekat dengan sejumlah universitas ternama membuat apartemen ini juga sesuai untuk para mahasiswa yang membutuhkan tempat tinggal selama kuliah.

Selain kamar apartemen regular, Seasons City juga menyediakan unit *Garden House* yang terbagi atas *Fortune Garden House* dan *Sky Garden House*. Dua jenis unit ini membidik kelas menengah atas sebagai pembeli utama. Selain fasilitas kamar yang ditawarkan, perbedaan utama dua jenis unit apartemen di Seasons City terutama terlihat dari akses langsung kendaraan menuju tempat hunian tersebut.

*Fortune Garden House* menawarkan tempat tinggal dengan tiga lantai berpemandangan kota Jakarta. Pemandangan panorama Jakarta ini dihadirkan dari puncak ketinggian dari balik kaca transparan. Ruangan dengan gaya Eropa yang kental membuat apartemen dengan bentuk melengkung ini nyaris tidak memiliki sekat. Tujuannya agar tempat istirahat yang biasa digunakan keluarga untuk berkumpul tidak terpisahkan. Sedangkan *Sky Garden House* terletak di bawah menara dengan pemandangan taman yang rimbun dan nyaman.

### **3.2 Gambaran Umum K3L pada Proyek Apartemen Seasons City**

#### **3.2.1 Kebijakan Keselamatan & Kesehatan Kerja (*Safety Policy*).**

Kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety Policy*) pada proyek Latumeten City mengacu pada kebijakan umum Adhi Karya, yaitu Kebijakan Mutu dan K3L, sebagai berikut :

Segenap jajaran PT. Adhi Karya (Persero) Tbk, selalu mengemban kepercayaan untuk memenuhi kepuasan pelanggan dan stakeholder lainnya, melalui upaya-upaya

- a. Meningkatkan mutu cara kerja dan hasil kerja;
- b. Melaksanakan kegiatan sesuai dengan ketentuan dan mencegah ketidaksesuaian pada semua tahapan;
- c. Melaksanakan Norma-norma perlindungan kerja dan lingkungan serta menciptakan tempat kerja yang aman, sehat dan bebas resiko kecelakaan;
- d. Melakukan perbaikan kinerja mutu dan K3L secara berkelanjutan.

Kemudian untuk mencapai Sasaran mutu dan K3L, dengan cara memberikan produk dan layanan kepada pelanggan dan *stakeholder* lainnya, minimal sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi yang diperjanjikan, serta mencapai sasaran perusahaan tanpa kecelakaan / *zero fatal accident*.

Adapun Tujuan serta Program Kerja K3L, secara garis besar adalah sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Tujuan dan Program Kerja K3L

No.	Tujuan	Program
1	Proyeksi terhadap Insiden/ <i>Accident</i> :	
	1. Tidak ada kecelakaan kerja kategori Fatal.	1. Penerapan seluruh upaya pencegahan terhadap terjadinya resiko kecelakaan fatal. 2. Penerapan seluruh upaya pencegahan terhadap terjadinya resiko kecelakaan berat/serius. 3. <i>Daily Safety Patrol</i> , inspeksi dan upaya-upaya perbaikan yang berkelanjutan.
	2. Tidak ada kecelakaan kerja yang menyebabkan cacat permanen.	
	3. Eliminasi terhadap potensi kecelakaan ringan.	
2	Proyeksi terhadap Pelanggan/ <i>User</i> :	
	1. Jaminan Keselamatan dan Kesehatan Kerja.	1. Penerapan seluruh upaya pencegahan terhadap terjadinya resiko kecelakaan kerja.
	2. Tercapainya kebersihan proyek dan lingkungan proyek.	2. <i>Back-up Cleaning, General Cleaning, Cleaning Inspection</i> dan pemeliharaan kebersihan.
	3. Terciptanya keamanan dari masalah kriminal dan kamtibmas proyek bagi para penghuninya.	3. Pemeriksaan keluar masuk pekerja, kendaraan, pagar, pintu dan <i>Security Patrol</i> .
3	Proyeksi terhadap Penerapan dan Operasional K3L :	
	1. Pemahaman dan kontinuitas penerapan K3L pada seluruh staf proyek.	
	2. Konsistensi penerapan K3L dalam pelaksanaan proyek,	1. Sosialisasi SMK3L dan <i>Safety Induction</i> kepada staf proyek.
	3. Akurasi dan konsistensi pelaporan,	
	4. Pemahaman dan kontinuitas penerapan K3L pada seluruh <i>Subcont</i> dan pekerja proyek.	2. Pelaksanaan Program / <i>Safety Plan</i> dan melakukan <i>recording</i> . 3. Investigasi, penyelidikan dan pencatatan.

**Tabel 3.1** Tujuan dan Program Kerja K3L (sambungan)

		4. <i>Safety Induction, Safety Morning Talk, Tool Box Meeting, Safety Campagne</i> , Pemasangan rambu-rambu K3, <i>Safety Information</i> , dll. Kepada seluruh <i>Subcont</i> dan pekerja proyek.
--	--	--

Sumber: PT ADHI Karya (Persero) Tbk

### 3.2.2 Daftar Peraturan Standar/*External*.

Peraturan atau norma adalah kaidah-kaidah yang memuat aturan dan berlaku serta ditaati masyarakat baik tertulis maupun tidak. Dengan demikian pengertian norma atau peraturan keselamatan dan kesehatan kerja adalah aturan-aturan yang berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan kerja yang ditujukan untuk melindungi tenaga kerja dari resiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Beberapa Peraturan standar yang dijadikan acuan dalam pelaksanaan K3 di proyek, antara lain :

**Tabel 3.2** Peraturan Standar dalam K3

No.	Ketentuan	Nomor	Tentang
1.	Undang-undang	No.1/1970	Keselamatan Kerja
2.	Undang-undang	No.14/1989	Kesehatan Kerja
3.	Undang-undang	No.3/1992	Jamsostek
4.	Keputusan Presiden	No.13/1992	Penyakit akibat kerja
5.	Permenaker	Per.01/Men/1980	K3 Konstruksi Bangunan
6.	SKB Menaker-MenPU	Kep.174/Men/1986 No.174/kpts/1984	K3 pada tempat kegiatan konstruksi bangunan beserta pedoman teknis pelaksanaan K3 pada tempat kegiatan konstruksi bangunan.
7.	Surat Edaran Dirjen Binawas Naker	SE.B147/BW/KK/IV/1997	Wajib Lapor Pekerjaan Proyek Konstruksi Bangunan
8.	Permenaker	No.5/Men/1996	Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3).
9.	Permenaker	No.4/Men/1987	P2K3 serta tata cara dan cara penunjukkan ahli K3.
10.	Undang-undang	No.18/1999	Jasa Konstruksi.

**Tabel 3.2** Peraturan Standar dalam K3 (sambungan)

11.	<i>Occupational Health and Safety Management System Specification</i>	OHSAS 18001:1999	Sistem Management K3 versi OHSAS.
-----	---	------------------	-----------------------------------

Sumber: PT ADHI Karya (Persero) Tbk

**Tabel 3.3** Daftar Peralatan/Perlengkapan K3 dan Alat Pelindung Diri (APD).

No.	Nama Alat / Barang	Jenis Alat	Kegunaan
1	<i>Barricade tape</i>	Rambu/tanda	Pembatas/tanda garis daerah berbahaya.
2	Tambang kuning/ <i>rope</i>	Rambu/tanda	Pembatas pada daerah ketinggian tepi lantai.
3	Rambu-rambu K3	Rambu-rambu	Rambu/petunjuk K3.
4	Tabung pemadam (APAR)	Pemadam api	Alat pemadam api ringan (skala kecil).
5	Kotak P3K	Obat-obatan	Pertolongan Pertama pada Kecelakaan.
6	<i>Safety Deck</i> (Permukaan Pinolit)	Pengaman	Pelindung benda/orang jatuh pada area core lift.
7	<i>Safety Deck</i> (Permukaan Kawat)	Pengaman	Pelindung benda/ material dan atau orang jatuh dari ketinggian tepi lantai.
8	<i>Safety Net</i> (Jaring Polynet)	Pengaman	Pelindung dari material ringan/sampah mudah terbang di tepi lantai terbuka.
9	Tandu	Alat angkut	Alat angkut/gotong pasien.
10	Spanduk (banner) K3	Rambu-rambu	Sebagai alat slogan atau kampanye K3.
11	<i>Sirene</i>	Rambu/tanda	Sebagai tanda/alat pemberitahuan masuk kerja/istirahat atau tanda bahaya.
12	<i>Loud Speaker</i>	Alat komunikasi	Sebagai sarana informasi, panggilan atau pemberitahuan keadaan bahaya.
13	<i>Mega Phone</i>	Alat komunikasi	Sebagai alat bantu komunikasi K3 dilapangan.
14	<i>Handy Talky (HT)</i>	Alat komunikasi	Sebagai alat bantu komunikasi K3 jarak jauh/tertentu.
15	<i>Test Pen</i>	Alat Tester	Alat test aliran/arus listrik.

**Tabel 3.3** Daftar Peralatan/perengkapan K3 dan Alat Pelindung Diri (APD)  
(sambungan)

16	Digital Camera	Alat Dokumentasi	Sebagai alat dokumentasi dan record kegiatan K3.
17	Isolasi/tape	Pengaman	Sebagai pelindung/penutup instalasi kabel yang terbuka/terkelupas.
18	Peluit	Aba-aba/tanda	Sebagai alat bantu untuk memberi isyarat/tanda atau aba-aba.
19	Senter	Penerangan/tanda/aba-aba.	Sebagai alat bantu penerangan, aba-aba/tanda.

Sumber: PT ADHI Karya (Persero) Tbk

Daftar Alat Pelindung Diri (APD), yang umum digunakan pada pekerjaan proyek konstruksi, antara lain :

**Tabel 3.4** APD pada Proyek Konstruksi

No.	Nama Alat / Barang	Jenis Alat	Kegunaan
1.	<i>Helmet</i>	APD	Pelindung kepala
2.	<i>Safety Belt</i>	APD	Pelindung dari resiko jatuh
3.	Kaca mata bobok ( <i>Eyes Protective Wear</i> )	APD	Pelindung mata dari partikel kecil/bobokan, dll.
4.	Kaca mata/kedok las ( <i>Goggles</i> )	APD	Pelindung mata dari percikan api (pengelasan, dll).
5.	Sarung tangan ( <i>leather gloves</i> )	APD	Pelindung tangan pada pekerjaan pengelasan.
6.	Sarung tangan kain/karet	APD	Pelindung tangan untuk pekerjaan lainnya.
7.	Masker ( <i>Dust protector</i> )	APD	Pelindung pernapasan/hidung dari debu.
8.	Mantel ( <i>Rain coat</i> )	APD	Pelindung tubuh dari hujan.
9.	<i>Safety shoes</i>	APD	Pelindung kaki (untuk benda tajam, tertimpa, dll).
10.	<i>Rubber shoes</i>	APD	Pelindung kaki (pada lokasi basah/berair).
11.	<i>Earplug</i>	APD	Sebagai pelindung telinga dari kebisingan yang tajam dan kontinyu.

Sumber: PT ADHI Karya (Persero) Tbk

### 3.3. Identifikasi Permasalahan

Pengambilan data pada tahap identifikasi permasalahan ditujukan untuk memastikan bahwa pemilihan objek penelitian dapat mendukung tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini. Hal ini dilakukan dengan menyebarkan kuisisioner kepada populasi pekerja konstruksi pemasang keramik yang bekerja menggunakan gerinda dan pekerja spesialis perkayuan yang bekerja dengan alat serut dan bor listrik pada pembangunan *Tower B Apartemen Seasons City*. Kuisisioner yang disebarakan terdiri dari tiga bagian (format kuisisioner terlampir) yaitu kondisi umum pekerja, keluhan fisik pekerja terkait pajanan kebisingan, dan keluhan pekerja terkait pajanan getaran.

#### 3.3.1 Kondisi Umum Pekerja

Kuisisioner bagian pertama, yaitu mengenai kondisi umum pekerja diadaptasi dari *Journal of Industrial Health* dalam artikel jurnal yang berjudul “*Occupational Noise Exposure in Small Scale Hand Tools Manufacturing (Forging) Industry (SSI) in Northern India*” (Singh, Bhardwaj, Deepak, & Bedi, 2009) dengan beberapa perubahan. Kuisisioner ini memuat dua hal, yaitu data pekerja dan kondisi umum pekerja. Adapun ketentuan yang digunakan untuk kategori frekuensi kejadian adalah:

- a. Tidak pernah  
keluhan atau kondisi yang tidak pernah terjadi selama bekerja.
- b. Jarang  
keluhan atau kondisi yang terjadi hanya sesekali saja selama bekerja.
- c. Kadang  
keluhan yang terjadi beberapa kali dalam 1 hari pekerjaan.
- d. Sering  
keluhan atau kondisi yang hampir selalu terjadi dalam 1 hari pekerjaan.
- e. Selalu  
keluhan atau kondisi yang terjadi sepanjang melakukan pekerjaan.

Berikut ini hasil rekapitulasi dari hasil kuisisioner bagian pertama:



Tabel 3.5 Rekapitulasi Kuisioner Bagian Pertama

No	Pertanyaan	tidak pernah	jarang	kadang	Sering	selalu	Level
1	kebisingan alat mengganggu	20% (6)	3.3% (1)	6.7% (2)	33.3% (10)	36.7% (11)	3.63
2	getaran alat mengganggu	26.7% (8)	0% (0)	33.3% (10)	23.3% (7)	16.7 (5)	3.03
<b>No</b>	<b>Pertanyaan</b>	<b>ya</b>	<b>tidak</b>				<b>Level</b>
3	tahu bahaya kebisingan	86.7% (26)	13.3% (4)				N/A
4	tahu bahaya getaran	90% (27)	10% (3)				N/A
5	tahu manfaat APD	86.7% (26)	13.3% (4)				N/A
6	manajemen mewajibkan APD	46.7% (14)	53.3% (16)				N/A
<b>No</b>	<b>Pertanyaan</b>	<b>tidak pernah</b>	<b>jarang</b>	<b>kadang</b>	<b>Sering</b>	<b>selalu</b>	<b>Level</b>
7a	menggunakan earplug	93.3% (28)	0% (0)	6.7% (2)	0% (0)	0% (0)	1.19
7b	menggunakan kapas	100% (30)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	1.00
7c	menggunakan sumbat telinga	83.3% (25)	0% (0)	16.7% (5)	0% (0)	0% (0)	1.48
7d	menggunakan sarung tangan	80% (24)	0% (0)	13.3% (4)	6.7% (2)	0% (0)	1.57
7e	menggunakan masker	43.3% (13)	3.3% (1)	36.7% (11)	10% (3)	6.7% (2)	2.48
<b>No</b>	<b>Pertanyaan</b>	<b>tidak nyaman</b>	<b>tidak biasa</b>	<b>lupa</b>	<b>tidak disediakan</b>		<b>Level</b>
8	alasan tidak selalu memakai APD	20% (6)	33.3% (10)	0% (0)	46.7% (14)		N/A
<b>No</b>	<b>Pertanyaan</b>	<b>5-10 jam</b>	<b>10-15 jam</b>	<b>16-20 jam</b>	<b>21-24 jam</b>	<b>&gt; 24 jam</b>	<b>Level</b>
9	rata-rata jam lembur/ minggu	16.7 (5)	3.3% (1)	33.3% (10)	13.3% (4)	33.3% (10)	N/A
<b>No</b>	<b>Pertanyaan</b>	<b>sangat tidak puas</b>	<b>tidak puas</b>	<b>biasa saja</b>	<b>Puas</b>	<b>sangat puas</b>	<b>Level</b>
10	kepuasan terhadap tempat kerja saat ini	16.7 (5)	23.3% (7)	36.7% (11)	20% (6)	3.3% (1)	2.67

### 3.3.2 Gangguan Kesehatan Akibat Kebisingan Alat Kerja

Kuisisioner mengenai gangguan kesehatan akibat kebisingan kerja memuat pertanyaan mengenai efek kebisingan alat kerja terhadap munculnya keluhan sakit kepala, mual, lemas, serta timbulnya indikasi gangguan pendengaran. Pertanyaan nomor 4 sampai 13 pada kuisisioner ini diadaptasi dari “*Ten Ways to Recognize Your Hearing Loss*” dari National Institute on Deafness and Other Communication Disorders (NIDCD). Adapun ketentuan yang digunakan untuk kategori frekuensi kejadian adalah sebagai berikut:

#### Pertanyaan 1-3

- a. Tidak pernah : keluhan yang tidak pernah terjadi selama bekerja.
- b. Jarang : keluhan yang terjadi hanya sesekali saja selama bekerja.
- c. Kadang : keluhan yang terjadi beberapa kali dalam 1 hari kerja.
- d. Sering : keluhan yang hampir selalu terjadi dalam 1 hari kerja.
- e. Selalu : keluhan yang terjadi sepanjang melakukan pekerjaan.

#### Pertanyaan 4 – 13

- a. Tidak pernah : kondisi yang tidak pernah terjadi selama berprofesi sebagai pekerja konstruksi.
- b. Jarang : keluhan yang terjadi hanya sesekali saja selama berprofesi sebagai pekerja konstruksi.
- c. Kadang : keluhan yang terjadi beberapa kali selama berprofesi sebagai pekerja konstruksi.
- d. Sering : keluhan yang hampir selalu terjadi selama berprofesi sebagai pekerja konstruksi.
- e. Selalu : keluhan yang selalu terjadi selama berprofesi sebagai pekerja konstruksi.

Tabel 3.6 Rekapitulasi Kuisioner Bagian Kedua

No	Pertanyaan	Tidak pernah	Jarang	Kadang	Sering	Selalu	level
1	merasa sakit kepala akibat kebisingan	36.7% (11)	10% (3)	26.7% (8)	23.3% (7)	3.3% (1)	2.47
2	merasa mual akibat kebisingan	50% (15)	23.3% (7)	20% (6)	3.3% (1)	3.3% (1)	1.87
3	merasa lemas akibat kebisingan	43.3% (13)	3.3% (1)	36.7% (11)	10% (3)	6.7% (2)	2.33
4	bermasalah saat mendengar percakapan di telepon	23.3% (7)	10% (3)	20% (6)	40% (12)	6.7% (2)	2.97
5	bermasalah ketika mengikuti percakapan dengan 2 orang atau lebih	26.7% (8)	23.3% (7)	33.3% (10)	13.3% (4)	3.3% (1)	2.43
6	orang lain mengeluh karena mengeset volume TV terlalu keras	23.3% (7)	23.3% (7)	36.7% (11)	13.3% (4)	3.3% (1)	2.50
7	harus konsentrasi untuk memahami lawan bicara	20% (6)	13.3% (4)	26.7% (8)	13.3% (4)	26.7% (8)	3.13
8	kesulitan mendengar lawan bicara saat ada suara lain (musik, mesin, dll)	16.7% (5)	3.3% (1)	20% (6)	40% (12)	20% (6)	3.43
9	meminta lawan bicara mengulangi perkataannya	20% (6)	20% (6)	40% (12)	20% (6)	0% (0)	2.60
10	merasa lawan bicara seperti bergumam	23.3% (7)	36.7% (11)	16.7% (5)	23.3% (7)	0% (0)	2.40
11	memberikan tanggapan tidak tepat atas pernyataan orang lain	26.7% (8)	20% (6)	36.7% (11)	16.7% (5)	0% (0)	2.43
12	kesulitan memahami perkataan wanita dan anak-anak	60% (18)	16.7% (5)	10% (3)	10% (3)	3.3% (1)	1.80
13	ditegur lawan bicara karena tidak memahami maksud pembicaraan mereka	40% (12)	36.7% (11)	20% (6)	0% (0)	3.3% (1)	1.90

### 3.3.3 Gangguan kesehatan akibat getaran alat kerja

Kuisisioner bagian ketiga ini diadaptasi dari artikel jurnal “*The Standardized Nordic Questionnaire Applied to Workers Exposed to Hand-Arm Vibration*” dari *Journal of Occupational Health* (Kaewboonchoo, Yamamoto, Miyai, Mirbod, Mirioka, & Miyashita, 1998) dengan sedikit perubahan (format kuisisioner terlampir). Terdapat tiga pertanyaan umum terkait keluhan gangguan kesehatan akibat kebisingan pada kuisisioner ini, yaitu:

- Keluhan mati rasa, kesemutan, atau lemas pada beberapa bagian tubuh akibat getaran alat kerja
- Keluhan jari kaki atau tangan yang memucat (*white fingers syndrome*)
- Keluhan nyeri pada beberapa bagian tubuh

Hasil rekapitulasi kuisisioner bagian ketiga adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.7** Rekapitulasi Kuisisioner Bagian Ketiga

No	Pertanyaan	Ya	Tidak				
1	merasa mati rasa, lemas, kesemutan	80% (24)	20% (6)				
2	pernah mengalami jari memucat	13.3% (4)	86.7% (26)				
3	merasa nyeri	83.3% (25)	16.7% (5)				
No	Pertanyaan	kemarau	Hujan	setiap saat			
1b	musim dimana mati rasa, lemas, kesemutan sering terjadi	12.5% (3)	20.8% (5)	66.7% (16)			
2b	musim dimana jari memucat sering terjadi	0% (0)	50% (2)	50% (2)			
3b	musim dimana nyeri sering terjadi	8% (2)	12% (3)	80% (20)			
No	Pertanyaan	tiap hari	beberapa kali /minggu	beberapa kali /bulan	beberapa kali/ tahun		
1c	frekuensi mati rasa, lemas, kesemutan	25% (6)	50% (12)	12.5% (3)	12.5% (3)		
2c	frekuensi memucat	25% (1)	75% (3)	0% (0)	0% (0)		
No	Pertanyaan	saat kerja	selesai kerja	sore hari	malam hari	lainnya	

**Tabel 3.7** Rekapitulasi Kuisioner Bagian Ketiga (sambungan)

3c	waktu dimana nyeri terjadi	8% (2)	80% (20)	0% (0)	12% (3)	0% (0)	
No	Pertanyaan	dalam waktu lama	1 minggu	1 hari	setengah hari	beberapa menit	sesaat
3d	lama nyeri terjadi	4% (1)	8% (2)	32% (8)	32% (8)	12% (3)	12% (3)
No	Pertanyaan	baik	Biasa	Buruk			
4	sensitifitas terhadap dingin	70% (21)	23.3% (7)	6.7% (2)			

**Tabel 3.8** Rekapitulasi Letak Keluhan pada Bagian Tubuh

No	Keluhan kesemutan, lemas, mati rasa	Total
1a	Leher	0% (0)
	Bahu	12.5% (3)
	Siku	4.2% (1)
	pergelangan tangan/ tangan	8.3% (2)
	punggung atas	4.2% (1)
	punggung bawah	8.3% (2)
	pinggul/paha	0% (0)
	Lutut	8.3% (2)
	pergelangan kaki/ kaki	0% (0)
	telapak tangan/ jari kanan dalam	83.3% (20)
	telapak tangan/ jari kanan luar	66.7% (16)
	telapak tangan/ jari kiri dalam	25% (3)
	telapak tangan/ jari kiri luar	12.5% (3)
	telapak kaki/ jari kanan	12.5% (3)
telapak kaki/ jari kiri	8.3% (2)	
No	keluhan memucat	Total
2a	jari tangan kanan	100% (4)
	jari tangan kiri	50% (2)
	jari kaki kanan	0% (0)
	jari kaki kiri	0% (0)

**Tabel 3.8** Rekapitulasi Letak Keluhan pada Bagian Tubuh (sambungan)

No	keluhan nyeri	Total
3a	Leher	4% (1)
	Bahu	76% (19)
	Siku	24% (6)
	pergelangan tangan/ tangan	64% (16)
	punggung atas	20% (10)
	punggung bawah	20% (10)
	pinggul/ paha	0% (0)
	Lutut	12% (3)
	kaki/ pergelangan/ telapak kaki	0% (0)
	telapak tangan kanan	64% (16)
	telapak tangan kiri	20% (5)

### 3.4 Pengumpulan Data Paparan Getaran dan Kebisingan

Pengukuran paparan getaran dilakukan sesuai dengan ISO 5349-2 (2001) mengenai pedoman (*guidelines*) pengukuran paparan getaran lengan tangan pada lingkungan kerja. Pada ISO 5349-2 tahun 2001 disebutkan bahwa pengukuran dilakukan kepada setidaknya 3 orang pekerja. Selain itu beberapa informasi tambahan getaran juga diperlukan dalam pengukuran dan penilaian paparan getaran seperti yang dapat dilihat pada **tabel 2.4** pada bab sebelumnya. Adapun pedoman untuk replikasi pengukuran diperoleh dari buku *Human Response to Vibration* (Manfields, 2005) yaitu total dari waktu pengukuran harus mencapai setidaknya 60 detik. Pada suatu pengukuran getaran lengan tangan, operasi dengan waktu pengerjaan 20 detik harus diukur setidaknya dengan tiga kali pengulangan.

Alat pengukur getaran pada penelitian kali ini yaitu *Human Vibration Meter* (HVM) 100 dari Larson Davis. Adapun data penelitian pendahuluan yang diperoleh telah disesuaikan dengan ISO 5349-2 tahun 2001.



**Gambar 3.2** *Human Vibration Meter dan Accelerometer*

Pengukuran pajanan kebisingan dilakukan melalui pengukuran skala A menggunakan *Sound Level Meter* Larson Davis LxT dengan durasi pengukuran disesuaikan dengan *cycle* pekerjaan yang dilakukan. Beberapa informasi tambahan yang turut diperhatikan dan dicatat ketika pengukuran berlangsung. Informasi tambahan tersebut mencakup hal-hal seperti yang terdapat pada tabel 3.9 dibawah ini. Banyaknya replikasi yang diperlukan dihitung melalui uji kecukupan data setelah dilakukannya uji normal dan uji keseragaman terhadap data pajanan yang diperoleh.



**Gambar 3.3** *Sound Level Meter dengan Mikrofonnya*

**Tabel 3.9** Informasi Tambahan yang Diperlukan untuk Pengukuran Paparan Kebisingan

- 
1. A description of the space in which the measurements were made, its dimensions, background noise and the presence of other noise sources
  2. A description of the source itself. For example, data from the nameplate such as the model number, operating speed and power, the percentage of maximum load when the measurement was made and, if different from this, the normal load
  3. Calibration, weighting network and response mode of the sound level meter
  4. Background noise level
  5. Number and location of personnel in the area
  6. Position of microphone with respect to the source
  7. Extent of fluctuation of noise levels
  8. 'A' scale measurements at operator's ear level and at positions of other personnel
  9. Time spent at machine by operator each day
  10. Results of any previous audiometric testing of workers
  11. Previous attempts at noise control
  12. Whether ear protection is available
- 

Sumber: Bridger. Introduction to Ergonomics". CRC Press. 2005

Pengukuran *background noise* dilakukan sesuai dengan standar dari *Environmental Protection Act (EPA)* 1994 yaitu pengukuran harus dilakukan setidaknya dengan posisi mikrofon pada jarak 1 meter dari dinding, 1.2 meter – 1.5 meter diatas lantai, dan 1.5 meter dari jendela. Selain itu AS1055-1997 menyarankan bahwa durasi minimum untuk pengukuran ini adalah 10 menit dengan durasi maksimum 1 jam, walaupun begitu durasi pengukuran sebesar 15 menit merupakan durasi yang biasa digunakan. Oleh sebab itu pada pengukuran kali ini durasi yang digunakan adalah sebesar 15 menit. Pengolahan data *background noise* dilakukan dengan metode *Rapid Sound Quality Assesment of Background Noise*.

Adapun pengumpulan data pengukuran dan penilaian paparan getaran lengan tangan dan kebisingan yang diterima pekerja diterjemahkan kedalam tiga form pengambilan data. Ketiga form tersebut adalah form penelitian pendahuluan, form pengukuran paparan getaran, dan form pengukuran paparan kebisingan. Salah satu contoh rekapitulasi hasil pengukuran dan penilaian paparan getaran dan kebisingan yang ditimbulkan oleh *portable power tools* adalah sebagai berikut,

#### 3.4.1 Paparan Getaran dan Kebisingan dari Gerinda

##### a. Penelitian Pendahuluan (berdasarkan ISO 5349-2 tahun 2001)


Berdasarkan ISO 5349-2 terdapat beberapa informasi yang perlu dikumpulkan dalam melakukan penilaian getaran (*vibration assessment*).



Informasi tersebut kemudian dirangkum kedalam sebuah form penelitian pendahuluan. Hasil yang diperoleh dari penelitian pendahuluan sebelum mengukur nilai pajanan getaran dan kebisingan adalah seperti yang ditunjukkan oleh tabel berikut ini:

<b>Tabel 3.10 Hasil Penelitian Pendahuluan dari Penggunaan Gerinda untuk Memotong Keramik</b>	
<b>Form Penelitian Pendahuluan</b>	
<b>Hari</b> : Kamis	<b>Peneliti</b> : Heny
<b>Tanggal</b> : 7 April 2011	<b>Operator</b> : Yitno, Didi, Doyok
<b>Observasi pada</b> : Penilaian pajanan getaran pada gerinda	
<b>1. Informasi umum</b>	
a. Perusahaan	: PT Adhi Karya (Persero), Tbk S
b. Tujuan pengukuran	: Penilaian pajanan getaran dari gerinda
c. Standar/ <i>guidance</i>	: - ISO 5349-2 (2001) - Nilai ambang batas pajanan getaran dan kebisingan berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. KEP-51/MEN/1999 - <i>Exposure action &amp; limit value</i> berdasarkan EU Physical Agent (vibration) Directive
d. Nama operator	: Yitno, Didi, Doyok
<b>2. Kondisi lingkungan kerja</b>	
a. Lokasi pengukuran	: di ruangan Apartemen Seasons City tower B
b. Suhu	: 28.7 <sup>0</sup> c
c. <i>Background noise</i>	: 74.2 dBA
d. Cahaya	: 1100 lux
<b>3. Informasi yang digunakan untuk memilih operasi yang diukur</b>	
a.	Hasil wawancara dengan pekerja: pekerja merasa terganggu dengan getaran dan kebisingan dari alat kerja yang mereka gunakan namun hal tersebut mereka acuhkan karena telah terbiasa.
b.	Hasil analisis pekerjaan : operasi pemotongan keramik tidak kontinyu, sehingga dalam menyelesaikan pemotongan satu buah keramik dapat terdiri dari beberapa <i>cycle</i> .
<b>4. Pola kerja harian untuk tiap operasi</b>	
a.	Deskripsi dari operasi yang diukur: operasi pemotongan keramik
b.	Mesin & inserted tools yang digunakan:

**Tabel 3.10** Hasil Penelitian Pendahuluan dari Penggunaan Gerinda untuk Memotong Keramik (sambungan)



	<p>Gerinda kelas menengah dengan mata pisau lempeng baja pipih berbentuk bulat</p>
c. Material kerja	: keramik berukuran 40 x 40 cm
d. Pola pajanan getaran	: Jam kerja normal 08.00 – 16.00 WIB
	Jam kerja lembur 17.00 – 22.00 WIB
	istirahat 12.00-13.00 dan 16.00-17.00 WIB
e. Jumlah <i>cycle</i> kerja	: - pemasangan keramik : 500 <i>cycle</i> / hari
	- Perbaikan : 25 <i>cycle</i> / hari
f. Durasi pajanan	: 60 detik per <i>cycle</i>
<b>5. Ditai mengenai sumber getaran dan kebisingan</b>	
a. Deskripsi teknis	: <i>Portable</i> gerinda kelas menengah
b. Tipe/ nomor seri	: Modern, M-2350B
	Daya : 570 watt
	Listrik : 220 V, 2,7 A
c. Usia dan perawatan	: 1 tahun, pergantian normal disc setiap 3 bulan
d. Kondisi <i>power tool</i>	: baik
e. Massa <i>power tool</i>	: 1.3 kg
f. Massa material kerja	: ± 0.5 kg
g. Tipe <i>hand grip</i>	: Plastik kaku
h. Sistem control	: sistem <i>on-off</i> , tanpa sistem kontrol kecepatan
i. Energi penggerak	: energi listrik
j. Frekuensi putaran	: 50 – 60 Hz
	Kecepatan tanpa beban : 11.000 r/min
k. Model/ tipe <i>inserted tools</i>	: lempeng baja pipih berbentuk <i>disc</i>
	Diameter 100 mm

b. Pajanan getaran

Tabel 3.11 dibawah ini menunjukkan hasil penilaian pajanan getaran yang ditimbulkan oleh penggunaan gerinda pada operasi pemotongan keramik.

Adapun form pengambilan data yang digunakan dibuat berdasarkan *human vibration assessment* ISO 5349-2 (2001).

**Tabel 3.11** Hasil Penilaian Pajanan Getaran dari Penggunaan Gerinda untuk Memotong Keramik

<b>Form Observasi Getaran</b>	
<b>Observasi pada</b> : operasi pemotongan keramik dengan gerinda	
<b>1. Pengukuran Akselerasi Getaran</b>	
a. Lokasi <i>Accelerometer</i>	: Melekat pada alat & sedekat mungkin dengan tangan pekerja
b. Arah <i>Accelerometer</i> (termasuk sketsa & dimensi):	
	
c. Metode penempatan pemindai ( <i>accelerometer</i> ):	
	
	dengan <i>Hand Straight Bar Adapter</i> yang digenggam oleh pekerja
d. Massa Pemindai	: 10.6 gram
e. Massa alat mounting	: Massa <i>Hand Straight Bar</i> $\pm$ 30 gram
f. Kondisi Operasi	:Gerinda digunakan untuk memotong keramik. Operasi memotong satu keramik seringkali tidak dilakukan secara kontinyu.
g. Postur lengan	: Membentuk sudut $> 90^\circ$
h. Posisi tangan	:Tangan kanan memegang alat, tangan kiri memegang material kerja (keramik)
i. Operator kidal/ tidak	: Tidak kidal ( <i>right handed</i> )
j. Informasi tambahan	:karena operasi dilakukan hanya dengan satu tangan, maka pengukuran getaran juga hanya dilakukan pada satu tangan (tangan kanan)

**Tabel 3.11** Hasil Penilaian Pajanan Getaran dari Penggunaan Gerinda untuk Memotong Keramik (sambungan)

Operator	Pengukuran ke-	Getaran				
		Tangan kanan				
		Durasi (s)	x- axis	y- axis	z- axis	r.s.s
1 Yitno	1	27	2.87	2.27	3.22	4.87
	2	58	2.84	2.15	3.29	4.85
	3	60	2.82	2.13	3.26	4.81
	4	34	2.62	1.86	2.63	4.15
	5	47	3.26	1.99	3.14	4.94
	6	60	4.64	1.92	3.09	5.90
	7	18	2.06	1.66	2.27	3.49
2 Didi	1	16	4.68	2.55	3.14	6.19
	2	23	6.14	2.47	3.49	7.48
	3	21	5.34	2.46	3.59	6.89
3 Doyok	1	23	3.47	2.61	3.23	5.41
	2	24	2.36	2.44	2.2	4.05
	3	21	3.69	2.46	2.01	4.87
	4	19	1.92	2.3	1.9	3.55
	5	19	2.93	2.27	1.95	4.19
<b>Rata-rata r.s.s getaran</b>						<b>5.04</b>

**c. Pajanan kebisingan**

Berikut ini adalah hasil pengukuran pajanan kebisingan yang telah dicatat dalam form observasi. Pada form ini informasi-informasi tambahan yang diperlukan untuk pengukuran kebisingan juga telah dicantumkan.

**Tabel 3.12** Hasil Penilaian Pajanan Kebisingan dari Penggunaan Gerinda untuk Operasi Memotong Keramik

<b>Form observasi kebisingan</b>	
<b>Obervasi pada</b>	: operasi pemotongan keramik dengan gerinda
<b>1. Pengukuran Kebisingan</b>	
a. Deskripsi ruang kerja	: ruang tertutup, bangunan apartemen
b. Posisi mikrofon	: < 10 cm di depan telinga kanan pekerja

**Tabel 3.12** Hasil Penilaian Paparan Kebisingan dari Penggunaan Gerinda untuk Memotong Keramik (sambungan)

c. Sumber kebisingan	: gerinda, bunyi alat lain jarak jauh (kompresor, manual tools, dsb)																																																																																								
d. Jumlah pekerja pada lokasi	: 3 sampai 4 orang																																																																																								
e. Lokasi pekerja di area trsb	: menyebar pada ruangan dengan luas 5 x 5 m																																																																																								
f. Waktu pemakaian alat/hari	:																																																																																								
Jumlah <i>work cycle</i> / hari	: 25 keramik untuk operasi perbaikan 500 keramik untuk operasi pemasangan																																																																																								
Durasi/ <i>cycle</i>	: 60 s																																																																																								
g. Pelindung telinga	: -																																																																																								
h. <i>Hand tool</i> yang digunakan	: gerinda kelas menengah (Modern, Fujiyama, dll)																																																																																								
i. Material kerja	: keramik besar 30 x 30 cm																																																																																								
j. Informasi tambahan	: Operasi memotong satu keramik seringkali dilakukan tidak secara kontinyu.																																																																																								
<b>2. Hasil Pengukuran</b>																																																																																									
a. Durasi pengukuran	: 30 – 60 min tergantung operasi kerja																																																																																								
b. Level kebisingan:																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pengukuran ke-</th> <th rowspan="2">Level Kebisingan</th> <th colspan="4">Level Kebisingan</th> </tr> <tr> <th><i>Background</i> kebisingan</th> <th>durasi (s)</th> <th>LASeq</th> <th>LAS max</th> <th>LAS min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td>35.7</td> <td>105.4</td> <td>107.7</td> <td>92.3</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td>20.9</td> <td>106.9</td> <td>109.7</td> <td>98.4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td>34.9</td> <td>106</td> <td>109.7</td> <td>94.2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>LaSeq: 74,2 LcSeq: 75</td> <td>32.4</td> <td>100.5</td> <td>103.9</td> <td>93</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>LcSeq-LaSeq = 0.8</td> <td>34.7</td> <td>98.8</td> <td>102.1</td> <td>90.2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td>kebisingan diterima sbg bunyi berdengung</td> <td>45.7</td> <td>98.6</td> <td>101.2</td> <td>89.8</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td>47.4</td> <td>101.3</td> <td>104</td> <td>84.9</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td>31.7</td> <td>98.3</td> <td>100.9</td> <td>94.2</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td>76.9</td> <td>99.6</td> <td>104.9</td> <td>93.5</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td>40.4</td> <td>107.2</td> <td>108.8</td> <td>101.5</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Mean</b></td> <td></td> <td><b>102.26</b></td> <td><b>105.29</b></td> <td><b>93.2</b></td> </tr> </tbody> </table>		Pengukuran ke-	Level Kebisingan	Level Kebisingan				<i>Background</i> kebisingan	durasi (s)	LASeq	LAS max	LAS min	1			35.7	105.4	107.7	92.3	2			20.9	106.9	109.7	98.4	3			34.9	106	109.7	94.2	4		LaSeq: 74,2 LcSeq: 75	32.4	100.5	103.9	93	5		LcSeq-LaSeq = 0.8	34.7	98.8	102.1	90.2	6		kebisingan diterima sbg bunyi berdengung	45.7	98.6	101.2	89.8	7			47.4	101.3	104	84.9	8			31.7	98.3	100.9	94.2	9			76.9	99.6	104.9	93.5	10			40.4	107.2	108.8	101.5	<b>Mean</b>				<b>102.26</b>	<b>105.29</b>	<b>93.2</b>
Pengukuran ke-	Level Kebisingan			Level Kebisingan																																																																																					
		<i>Background</i> kebisingan	durasi (s)	LASeq	LAS max	LAS min																																																																																			
1			35.7	105.4	107.7	92.3																																																																																			
2			20.9	106.9	109.7	98.4																																																																																			
3			34.9	106	109.7	94.2																																																																																			
4		LaSeq: 74,2 LcSeq: 75	32.4	100.5	103.9	93																																																																																			
5		LcSeq-LaSeq = 0.8	34.7	98.8	102.1	90.2																																																																																			
6		kebisingan diterima sbg bunyi berdengung	45.7	98.6	101.2	89.8																																																																																			
7			47.4	101.3	104	84.9																																																																																			
8			31.7	98.3	100.9	94.2																																																																																			
9			76.9	99.6	104.9	93.5																																																																																			
10			40.4	107.2	108.8	101.5																																																																																			
<b>Mean</b>				<b>102.26</b>	<b>105.29</b>	<b>93.2</b>																																																																																			

#### 3.4.2 Rekapitulasi Nilai Rata-rata Paparan Getaran dan Kebisingan

Berdasarkan hasil observasi paparan getaran dan kebisingan yang ditampilkan pada form pengambilan data, berikut ini adalah hasil rekapitulasi nilai

rata-rata *root of sum square* pajanan getaran dan nilai *sound level equivalent* pajanan kebisingan yang telah diperoleh

**Tabel 3.13** Rekapitulasi Nilai Rata-rata Pajanan Getaran dan Kebisingan

No	Power tools	Material Kerja	Nilai	
			rss getaran (m/s <sup>2</sup> )	Leq kebisingan (dBA)
1	Gerinda	Keramik	5.04	102.26
2	Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	6.5	102.57
3	Bor tangan	Baut	3.2	78.57
		Pintu/ kusen (mahoni)	8.83	84.5
		Dinding	12.97	98.6

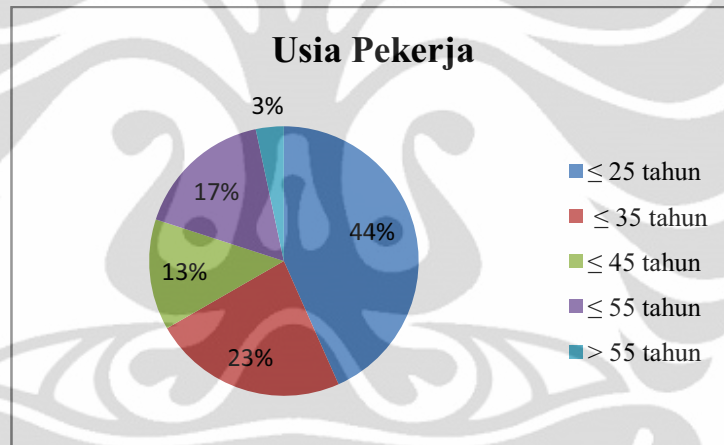
## BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

### 4.1 Identifikasi Permasalahan

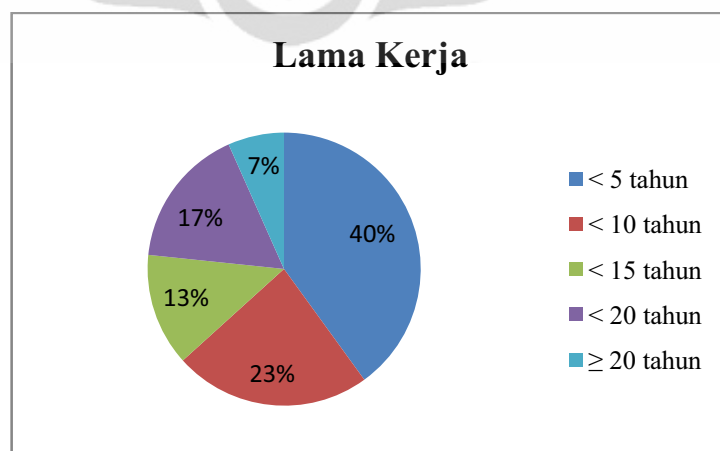
#### 4.1.1 Kuisisioner Mengenai Kondisi Umum Pekerja

##### a. Data pekerja

Data pekerja yang diambil pada kuisisioner ini mencakup usia pekerja, jam kerja normal per hari, alat kerja (*power tools*) yang digunakan, dan lama bekerja dengan alat tersebut. Proporsi usia terbanyak yaitu sebesar 44% adalah pekerja dengan usia  $\leq 25$  tahun (gambar 4.1). Pekerja paling muda berusia 17 tahun dan pekerja tertua berusia 63 tahun.



**Gambar 4.1** Persentase Usia Pekerja Konstruksi



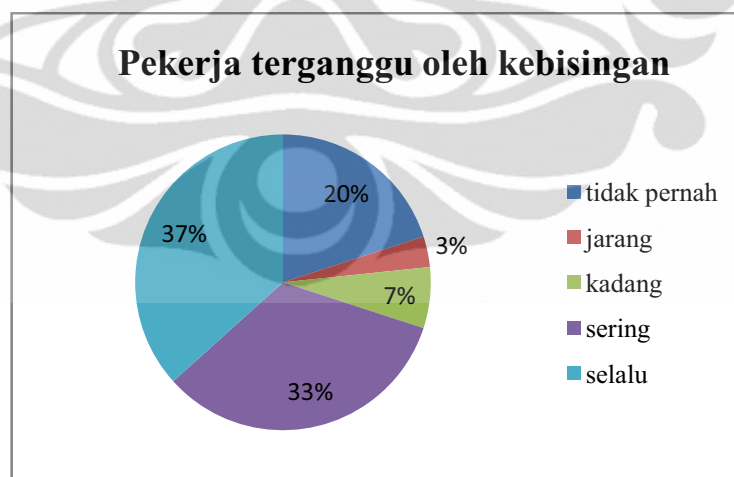
**Gambar 4.2** Persentase Lama Kerja Pekerja Konstruksi

Masa kerja yang telah dilalui pekerja konstruksi pada kelompok pekerja pemasang keramik dan pekerja spesialis perkayuan bervariasi antara 6 bulan hingga 33 tahun. Gambar 4.2 memperlihatkan bahwa presentase masa kerja terbesar, yaitu 40% pekerja bekerja menggunakan *power tools* dibawah 5 tahun.

Jam kerja normal pekerja konstruksi yaitu selama 8 jam dimulai pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB. Jumlah responden terdiri atas 15 orang pekerja spesialis perkayuan dan 15 orang pekerja pemasang keramik sebagai populasi pekerja pada pembangunan apartemen Seasons City.

#### b. Kondisi umum pekerja

Dari tabel 3.5 pada bab sebelumnya diketahui bahwa sebesar 80% pekerja merasa terganggu dengan kebisingan yang ditimbulkan oleh alat kerja yang mereka gunakan. Sebagian besar berpendapat bahwa mereka sering (33.3%) dan selalu (36.7%) terganggu dengan kebisingan yang ditimbulkan oleh alat kerja yang mereka gunakan (gambar 4.3). Jika dikonversikan kedalam level diperoleh nilai 3.63 untuk pekerja yang merasa terganggu oleh alat yang mereka gunakan saat bekerja.

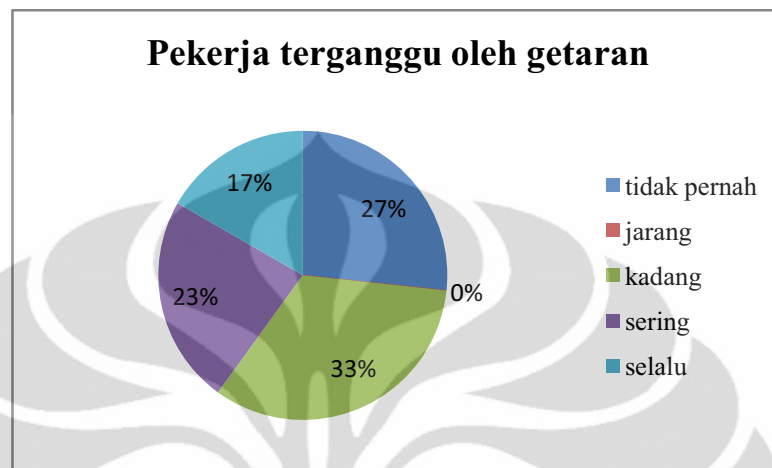


**Gambar 4.3** Persentase Pekerja Merasa Terganggu oleh Kebisingan dari *Portable Power Tools*

Pada segi persepsi pekerja konstruksi mengenai gangguan dari getaran yang ditimbulkan oleh alat kerja mereka, diperoleh level 3.03. Presentase terbesar yaitu pekerja kadang merasa terganggu oleh getaran dari alat kerja mereka

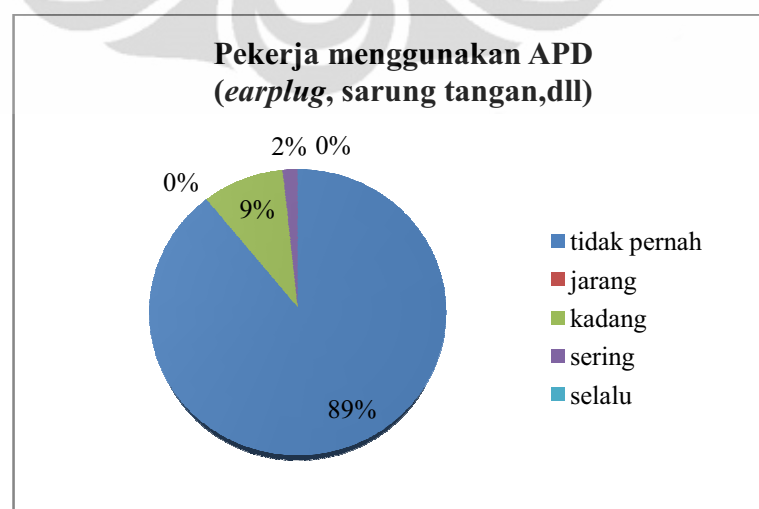


(33.3%). Secara keseluruhan yaitu hanya sebesar 26.6% pekerja yang berpendapat bahwa mereka tidak merasa terganggu oleh getaran dari alat kerja yang mereka gunakan (gambar 4.4)



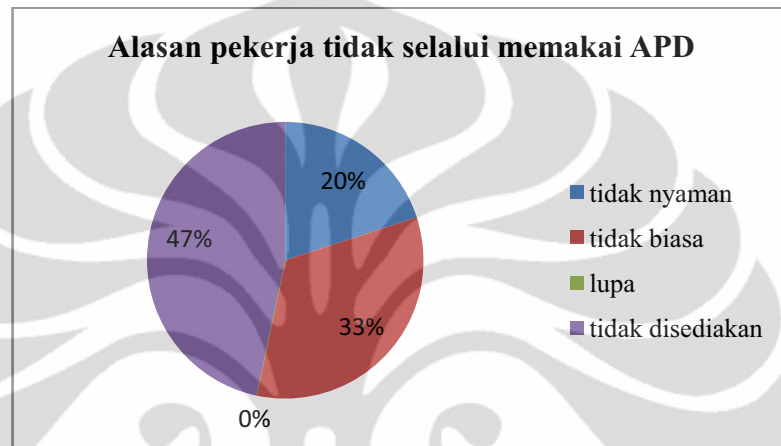
**Gambar 4.4** Persentase Pekerja Merasa Terganggu oleh Kebisingan dari *Portable Power Tools*

Lebih dari 80% pekerja mengetahui bahwa getaran dan kebisingan dari alat kerja yang mereka gunakan dapat membahayakan kesehatan mereka. Pekerja juga mengetahui manfaat yang akan mereka peroleh jika mereka menggunakan alat pelindung diri (APD) ketika bekerja. Namun hampir seluruh pekerja tidak pernah menggunakan APD yang dapat melindungi mereka dari kebisingan dan getaran yang ditimbulkan oleh alat kerja mereka (Gambar 4.5).



**Gambar 4.5** Frekuensi Pekerja Menggunakan APD

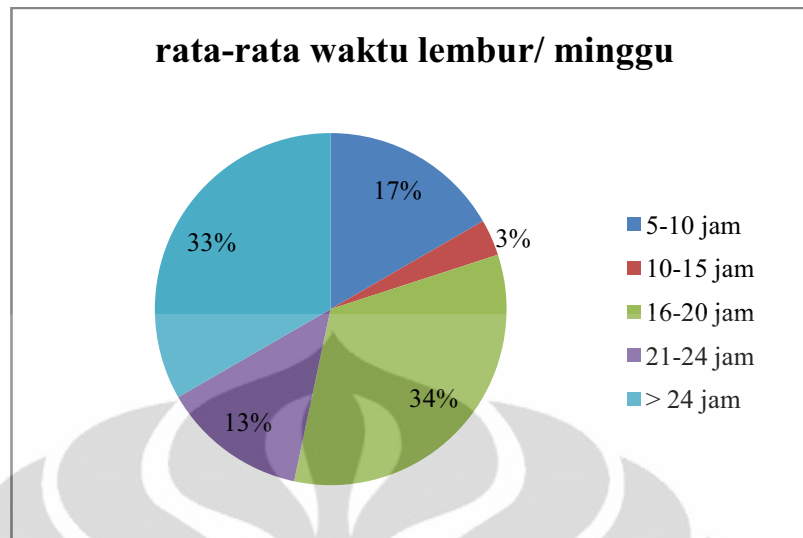
Gambar 4.6 menunjukkan bahwa sebanyak 46.7% pekerja tidak menggunakan APD karena tidak disediakan perusahaan sisanya sebesar 33.3% dan 20% tidak menggunakan APD karena tidak biasa dan merasa tidak nyaman. Hal ini tentunya akan menjadi pertimbangan saat pemilihan APD dimana aspek kenyamanan perlu diperhatikan. Selain itu pengawasan pada saat penggunaan juga perlu dilakukan.



**Gambar 4.6** Alasan Tidak Menggunakan APD saat Bekerja

Perlu diperhatikan pula, dari hasil rekapitulasi kuisioner diketahui sebesar 46.7% pekerja berpendapat bahwa manajemen yaitu PT Adhi Karya mewajibkan atau menganjurkan mereka untuk memakai APD. Namun 53.3% dari mereka berpendapat sebaliknya. Hal ini terjadi karena secara keseluruhan pekerja berada dalam tanggung jawab mandor. Sehingga terdapat kemungkinan bahwa mandor tidak menyampaikan instruksi dari divisi K3L mengenai kewajiban atau anjuran menggunakan APD.

Jam kerja tambahan atau jam lembur pekerja konstruksi tergolong cukup besar. Sebanyak 33% pekerja memiliki rata-rata jam lembur perminggu mencapai lebih dari 24 jam dan sebanyak 34% pekerja, melalukan kerja tambahan selama 16-20 jam per minggu (gambar 4.7). Adanya jam kerja tambahan menyebabkan interaksi pekerja dengan *power tools* meningkat. Selanjutnya hal ini berdampak pada pajanan getaran dan kebisingan yang diterima pekerja semain besar sehingga akan lebih membahayakan kesehatan pekerja konstruksi.



**Gambar 4.7** Rata-rata Waktu Lembur Per Minggu

#### 4.1.2 Kuisisioner Mengenai Gangguan Kesehatan Akibat Kebisingan

Berdasarkan rekapitulasi kuisisioner bagian dua, keluhan gangguan kesehatan yang dialami pekerja konstruksi kemudian diolah dan diterjemahkan kedalam level sehingga diperoleh hasil seperti pada tabel 4.1 dibawah ini

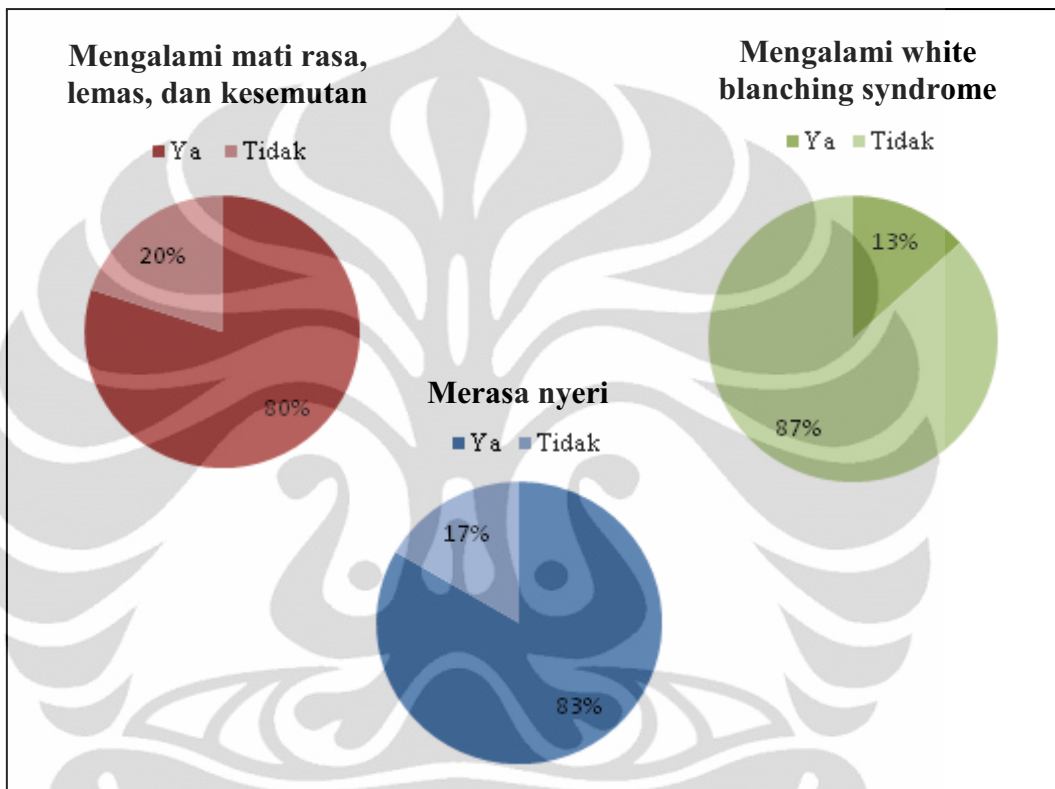
**Tabel 4.1** Rekapitulasi Efek Kebisingan

Efek Kebisingan	Level
Kebisingan menyebabkan sakit kepala	2.47
Kebisingan menyebabkan mual	1.87
Kebisingan menyebabkan lemas	2.33
Kebisingan menyebabkan indikasi gangguan pendengaran	2.56

Berdasarkan tabel 4.1 terlihat bahwa kebisingan menimbulkan efek yang cukup besar, terutama bagi munculnya indikasi gangguan pendengaran. Pada format aslinya, NIDCD menyarankan bahwa responden yang menjawab “ya” sebanyak tiga atau lebih pertanyaan pada kuisisioner “*ten ways to recognize hearing loss*” sebaiknya mengunjungi *otolaryngologist* atau *audiologist* untuk melakukan pemeriksaan pendengaran.

#### 4.1.3 Kuisioner Mengenai Gangguan Kesehatan Akibat Getaran

Hasil rekapitulasi kuisioner bagian ketiga menunjukkan bahwa terdapat keluhan mati rasa, lemas, dan kesemutan serta keluhan nyeri dengan persentase yang sangat besar. Sedangkan keluhan memutihnya jadi atau terkait dengan *white blanching syndrome* hanya terjadi pada sebagian kecil pekerja.

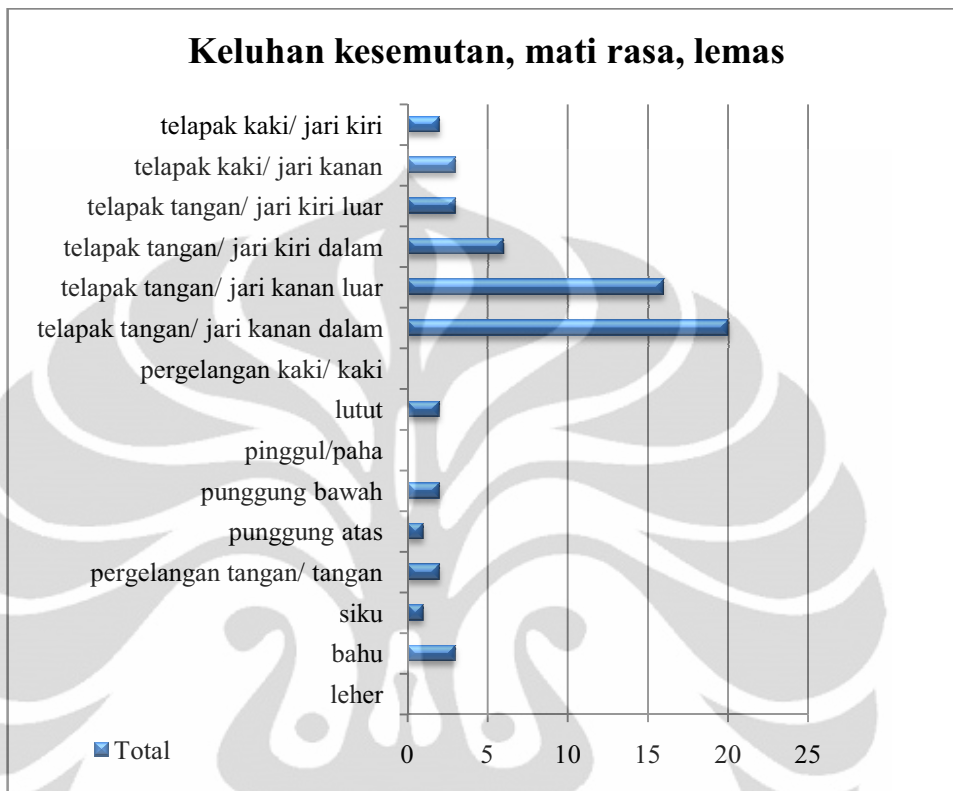


**Gambar 4.8** Keluhan Mengenai Gangguan Kesehatan Akibat Getaran

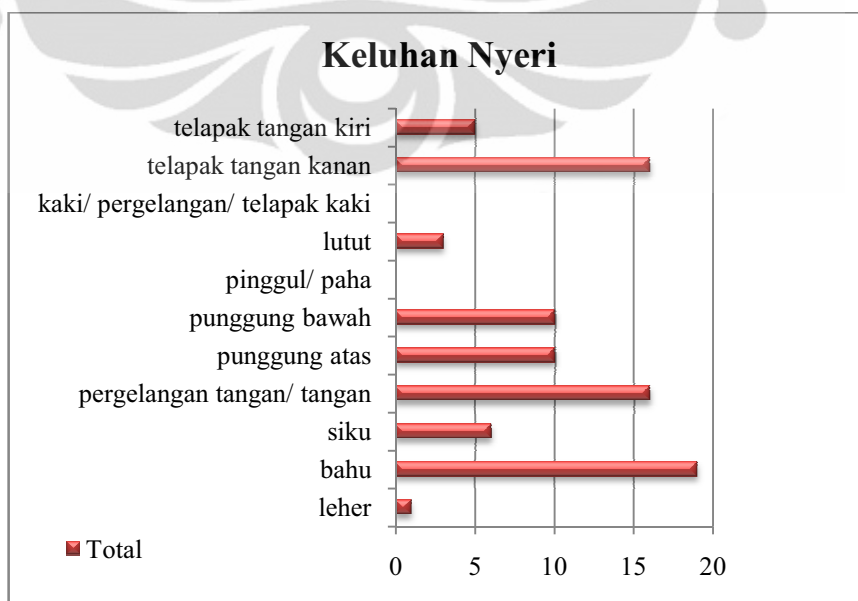
Keluhan mati rasa, lemas, dan kesemutan diperoleh dari 80% pekerja. Sebagian besar dari mereka mengeluhkan gangguan tersebut pada telapak dan jari tangan kanan bagian luar dan dalam (gambar 4.7) dengan frekuensi kejadian mayoritas yaitu sebanyak beberapa kali per minggu (tabel 3.7).

Sebanyak 83% pekerja mengeluhkan nyeri pada beberapa bagian tubuh mereka setelah terpapar getaran dari *power tools*. Mayoritas dari mereka merasakannya pada telapak tangan kanan, pergelangan tangan, dan bahu (gambar 4.8) pada saat selesai bekerja (tabel 3.7). Keluhan nyeri yang dapat disebut juga sebagai keluhan *muskuloskeletal disorder* umumnya terkait dengan aktifitas kerja

yang cukup berat yang dilakukan pekerja disamping akibat paparan getaran dari *power tools*.



**Gambar 4.9** Grafik Keluhan Mati Rasa, Kesemutan, dan Lemas



**Gambar 4.10** Grafik Keluhan Nyeri

## 4.2 Uji Normal, Keseragaman, Kecukupan Data

Dari data pengukuran pajanan kebisingan diatas kemudian dilakukan uji kecukupan data dengan sebelumnya dilakukan uji normal dan uji keseragaman data. Hal ini dilakukan untuk memastikan replikasi pengukuran tersebut telah cukup. Sedangkan untuk data pengukuran pajanan getaran hanya dilakukan uji normal. Hal ini disebabkan karena jumlah replikasi untuk pajanan getaran telah disesuaikan dengan kriteria replikasi yang diperoleh dari buku “*Human response to vibration*” (Mansfield, 2005). Rekapitulasi uji normal, keseragaman, dan kecukupan data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Rekapitulasi Uji Normal, Kecukupan, dan Keseragaman Data

Elemen Kerja		Uji normal data	data yang dimiliki	kecukupan data	BKA	BKB	Nilai max	Nilai min
Getaran	gerinda	ya						
	alat serut	ya						
	bor tangan : baut	ya						
	bor tangan : mahoni	ya						
	bor tangan : dinding	ya						
Kebisingan	gerinda	ya	10	2	113.3	91.22	107.2	98.3
	alat serut	ya	17	3	114.04	90.75	107.6	96.9
	bor tangan operasi 1	ya	17	5	91.88	65.26	84.8	71.7
	bor tangan operasi 2	ya	11	1	89.3	79.7	86.8	81.6
	bor tangan operasi 3	ya	13	3	109.84	87.36	103.2	91.8

Berikut ini contoh hasil perhitungan dari uji normal, keseragaman dan kecukupan data (untuk operasi lainnya lihat pada lampiran 3).

### 4.2.1 Uji Normal Data

Uji Normal dilakukan dengan tes Kolgomorov-Smirnov untuk data nilai getaran pada operasi memasang baut dengan bor tangan sedangkan bagi data lainnya digunakan tes Shapiro-Wilk. Hal ini disebabkan tes Shapiro-Wilk dianggap lebih akurat jika sampel yang dimiliki kurang dari 50. Metode ini

menyatakan bahwa data terdistribusi normal apabila nilai Signifikan Kolmogorov-Smirnov atau Shapiro-Wilk lebih besar sama dengan 0.05. Uji normal dilakukan untuk mengetahui apakah data pengukuran yang terkumpul terdistribusi normal sehingga dapat dilakukan tahap pengolahan data berikutnya.

Hasil uji normal data pajanan kebisingan pada penggunaan gerinda untuk operasi pemotongan keramik adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.3** Hasil Uji Normal Data Kebisingan Operasi Pemotongan Keramik

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Gerinda	.214	10	.200*	.865	10	.088

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

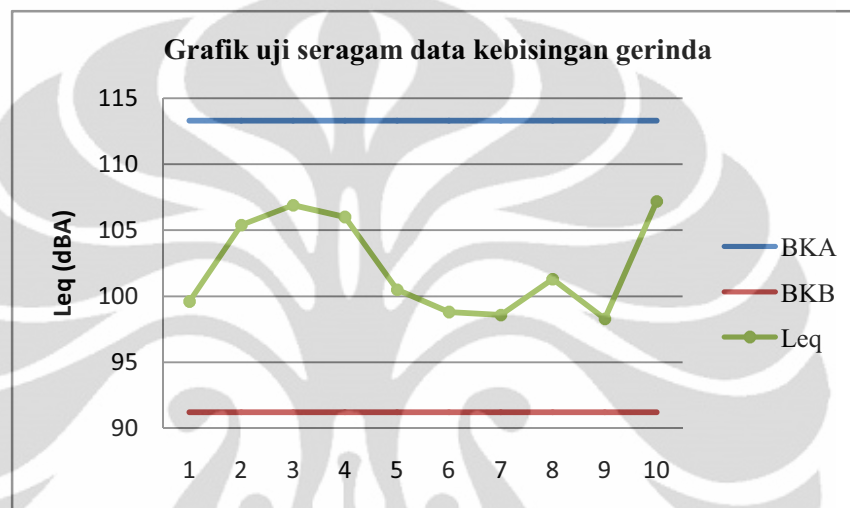
Dari data diatas diketahui bahwa nilai sig. KS yaitu sebesar 0.2 lebih besar nilai  $\alpha$  (0.05) hal ini berarti data kebisingan gerinda terdistribusi normal.

#### 4.2.2 Uji Keseragaman Data

**Tabel 4.4** Pengolahan Data Kebisingan Operasi Pemotongan Keramik

No	Leq (xi)	$xi^2$	$\bar{x}$	$xi - \bar{x}$	$(xi - \bar{x})^2$	BKA	BKB
1	99.6	9920.16	102.26	2.66	7.08	113.30	91.22
2	105.40	11109.16	102.26	3.14	9.86	113.30	91.22
3	106.90	11427.61	102.26	4.64	21.53	113.30	91.22
4	106.00	11236.00	102.26	3.74	13.99	113.30	91.22
5	100.50	10100.25	102.26	1.76	3.10	113.30	91.22
6	98.8	9761.44	102.26	3.46	11.97	113.30	91.22
7	98.6	9721.96	102.26	3.66	13.40	113.30	91.22
8	101.3	10261.69	102.26	0.96	0.92	113.30	91.22
9	98.3	9662.89	102.26	3.96	15.68	113.30	91.22
10	107.20	11491.84	102.26	4.94	24.40	113.30	91.22
Sum	1022.60	104693.00		32.92	121.92		
sum <sup>2</sup>	1045710.76	Max	107.20				
Average	102.26	Min	98.30				
n =	10						

Uji keseragaman data dilakukan dengan persamaan (2-12) yang terdapat pada bab sebelumnya. Dari persamaan tersebut diperoleh nilai batas kontrol atas (BKA) sebesar 113.30 dBA dan nilai batas kontrol bawah (BKB) sebesar 91.22 dBA seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4. Adapun nilai intensitas kebisingan dari hasil pengukuran seluruhnya berada diantara BKA dan BKB (gambar 4.9). Hal ini menunjukkan bahwa data pengukuran kebisingan adalah seragam.



**Gambar 4.11** Grafik Uji Seragam Data Kebisingan pada Operasi Pemotongan Keramik

#### 4.2.3 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% dan derajat ketelitian 5%. Melalui persamaan (2-20) maka perhitungan untuk menguji kecukupan data sampel adalah:

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{10 \times 104693 - 1045710.76}}{1022.6} \right]^2$$

$$N' = 1.8655$$

$$N' \approx 2$$

Karena data yang dimiliki adalah 10 data sedangkan kecukupan data adalah 2 data maka data dianggap cukup.



### 4.3 Pengolahan Data dan Analisis Paparan Getaran

Setelah dilakukan uji normal terhadap data pengukuran paparan getaran, langkah selanjutnya yaitu melakukan pengolahan data lebih lanjut sehingga dapat dilakukan analisis. Pengolahan data yang dilakukan yaitu mencakup perhitungan paparan getaran harian kedalam level paparan ekuivalen secara kontinu dalam 8 jam atau  $A(8)$  dan perhitungan waktu untuk mencapai NAB getaran berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. KEP-51/MEN/1999.

#### 4.3.1 Level Paparan Ekuivalen atau $A(8)$

Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (2-4) yang terdapat pada bab sebelumnya atau seperti yang tertera dibawah ini.

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_{n=1}^{n=N} \alpha_{hv}^2 t_n}$$

Nilai  $\alpha_{hv}$  merupakan nilai rata-rata *root of sum square* (r.s.s) dari tiap operasi. Nilai  $t_n$  merupakan nilai total paparan kebisingan dalam satu hari kerja. Adapun rekapitulasi nilai  $\alpha_{hv}$  dan  $t_n$  dari seluruh operasi kerja adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.5** Rekapitulasi Nilai  $\alpha_{hv}$  dan  $t_n$  dari Seluruh Operasi Kerja

No	Grup pekerja	Power tools	Material kerja	$\alpha_{hv}$ (m/s <sup>2</sup> )	$t_n$ (jam)
1	Pemasang keramik	Gerinda	Keramik – pasang	5.04	8.33
			Keramik – perbaikan	5.04	0.42
2	Spesialis perkayuan	Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	6.50	0.40
		Bor Tangan	Baut	3.20	0.18
			Pintu/ kusen (mahoni)	8.83	0.36
			Dinding	12.97	0.18

Setelah mengolah data pada tabel 4.5 maka diperoleh hasil perhitungan level paparan ekuivalen secara kontinu dalam 8 jam atau  $A(8)$  seperti pada tabel dibawah ini:

**Tabel 4.6** Level Paparan Ekuivalen Harian A(8)

No	Grup pekerja	Power tools	Material kerja	Level paparan ekuivalen – A(8) m/s <sup>2</sup>		
1	Pemasang keramik	Gerinda	Keramik – pasang	<b>5.14</b>		
			Keramik – perbaikan	<b>1.15</b>		
2	Spesialis perkayuan	Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	<b>1.45</b>		
		Bor Tangan	Baut	<b>2.73</b>	<b>2.98</b>	
			Pintu/ kusen (mahoni)			<b>1.86</b>
			Dinding			<b>1.93</b>

Nilai A(8) yang diperoleh dari hasil perhitungan kemudian diberi kode warna (tabel 4.7) untuk menggambarkan posisi nilai tersebut terhadap NAB (Nilai Ambang Batas) getaran yang tertera pada tabel 4.8.

**Tabel 4.7** Kode Warna untuk A(8)

Kode warna	Kategori terhadap NAB getaran
<b>Merah</b>	$A(8) \geq ELV$
<b>Kuning</b>	$EAV \leq A(8) < ELV$
<b>Hijau</b>	$A(8) < EAV$

**Tabel 4.8** Standar Nilai Paparan Getaran

<i>Exposure limit value</i> (ELV) dari NAB	4 m/s <sup>2</sup>
<i>Exposure action value</i> (EAV) dari NAB	2 m/s <sup>2</sup>

Pemberian kode warna pada nilai A(8) didasarkan pada EAV dan ELV dari NAB getaran yang ada pada tabel 4.8. Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. KEP-51/MEN/1999 hanya mengatur NAB getaran maksimum yang dapat diterima pekerja untuk jumlah waktu paparan tertentu. Sedangkan pada standar paparan getaran yang dibuat oleh Uni Eropa yaitu *EU physical agent (vibration) directive*, terdapat *exposure action value* (EAV) atau dapat disebut batas waspada disamping *exposure limit value* (ELV) atau batas maksimum paparan. Nilai EAV yang besarnya setengah kali nilai ELV merupakan batasan dimana jika pekerja

terpapaj getaran hingga nilai tersebut diperlukan tindakan meminimalisasi nilai pajanan, meminimalisasi resiko, dan melakukan pemantauan kesehatan pekerja (gambar 2.8). Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini digunakan pula batasan waspada atau EAV yang nilainya merupakan setengah kali batas maksimum ( $2 \text{ m/s}^2$ ) agar kesehatan dan performa pekerja terjaga dengan baik.

Berdasarkan tabel 4.6 dapat terlihat bahwa penggunaan gerinda untuk operasi pemotongan keramik yang dilakukan pada saat aktifitas utama (pemasangan) memperoleh kode warna merah untuk nilai A(8). Hal ini berarti operasi tersebut dapat menimbulkan penyakit maupun gangguan kesehatan bagi pekerja yang melakukannya. Berdasarkan *EU physical agent (vibration) directive*, jika pajanan getaran ekuivalen yang diterima pekerja telah melebihi ELV maka diperlukan upaya mengurangi nilai pajanan getaran hingga dibawah ELV sesegera mungkin.

Bagi kelompok pekerja perkayuan, nilai A(8) yang diperoleh jika hanya dihitung dari sudut pandang operasi independen (hanya operasi tersebut yang dilakukan pekerja dalam satu hari) maka diperoleh kode warna hijau yaitu nilai A(8) masih dalam batas aman. Namun jika nilai tersebut diakumulasi seperti dalam kondisi aktual dimana satu orang pekerja perkayuan menggunakan 2 alat untuk empat operasi berbeda diperoleh kode warna kuning. Kode ini mengindikasikan bahwa nilai A(8) berada diatas batas waspada (beresiko menimbulkan gangguan kesehatan) dan perlu dilakukannya tindakan mengurangi pajanan getaran dan resiko yang ditimbulkannya bersama dengan dilakukannya aktifitas pengawasan terhadap kesehatan pekerja (*health surveillance*).

#### 4.3.2 Durasi Pajanan Getaran yang Diizinkan

Perhitungan durasi pajanan getaran yang diizinkan dapat digunakan sebagai salah satu langkah melakukan pengendalian administrasi terhadap pajanan getaran. Pada penelitian ini, pekerja spesialis perkayuan menggunakan 2 alat sekaligus (alat serut dan bor tangan) untuk 4 macam operasi yang berbeda dalam 8 jam bekerja. Bagi kelompok pekerja tersebut, perhitungan durasi pajanan getaran yang diizinkan dilakukan mulai dari cakupan operasi (operasi dengan alat tertentu pada material tertentu), cakupan *power tools*, hingga cakupan kelompok

pekerja konstruksi. Hal ini dilakukan agar hasil perhitungan yang diperoleh lebih teliti dan dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam terhadap output yang diperoleh yaitu batas aman penggunaan alat (durasi pajanan yang diizinkan untuk mencapai NAB). Perhitungan dengan langkah ini juga memungkinkan hasil penelitian dapat diaplikasikan dengan lebih luas selain pada proyek pembangunan Apartemen Seasons City.

Langkah perhitungan durasi pajanan getaran yang diizinkan jika dilihat dari operasi tunggal dimana pekerja hanya melakukan satu operasi dalam satu hari kerja berbeda dengan perhitungan untuk cakupan yang lebih luas dengan diakumulasi nilai pajanan untuk beberapa operasi. Adapun perhitungan bagi cakupan operasi dilakukan dengan menggunakan persamaan (2-5) yang telah ditulis pada bab sebelumnya atau seperti berikut:

$$T_{A(8)} = 8 \times \left[ \frac{A(8)}{\alpha_{hv}} \right]^2$$

Pada persamaan diatas, nilai  $A(8)$  merupakan standar pajanan getaran perhari yang ekuivalen selama 8 jam (ELV dan EAV dari NAB getaran) sedangkan untuk nilai  $\alpha_{hv}$  dapat dilihat pada tabel 4.4.

Perhitungan untuk cakupan yang lebih luas menyertakan rasio durasi penyelesaian operasi kerja dalam perhitungan. Hal ini bertujuan agar hasil perhitungan durasi yang diizinkan untuk tiap-tiap operasi akan berimbang bagi tiap-tiap operasi sehingga akan *feasible* (layak) untuk diaplikasikan. Persamaan dibawah ini selanjutnya digunakan untuk menghitung durasi pajanan getaran yang diizinkan pada cakupan yang lebih luas sehingga total pajanan getaran yang diterima oleh tiap pekerja tidak akan melebihi standar.

$$T_{A(8)} = 8 \times \frac{A(8)^2}{\left[ \sum_{n=1}^{n=N} \alpha_{hv}^2 r_n \right]} \quad (4-1)$$

dimana:  $\alpha_{hv}$  : pembobotan frekuensi r.m.s  
 $r_n$  : rasio durasi pajanan (jam)  
 N : jumlah pekerjaan

Adapun hasil pengolahan data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

#### 4.3.2.1 Penggunaan Gerinda pada Operasi Pemotongan Keramik

Hasil perhitungan durasi penggunaan gerinda untuk operasi memotong keramik yang diizinkan adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.9** Durasi Penggunaan Gerinda ( $T_{A(8)}$ ) untuk Memotong keramik yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Getaran

Standar		Waktu			Jumlah siklus ( <i>pieces</i> )
		Jam	Menit	Detik	
NAB	<i>Exposure action value</i> / EAV (batas waspada)	1	15	35	75
	<i>Exposure limit value</i> / ELV (batas maksimum)	5	2	20	302

Berdasarkan tabel 4.9 diatas diperoleh durasi pajanan untuk mencapai batas maksimum atau *Exposure limit value* (ELV) yaitu ketika pekerja menggunakan gerinda kelas menengah untuk memotong keramik selama 5 jam 2 menit dan 20 detik. Dalam penelitian ini, durasi penggunaan gerinda untuk mencapai ELV diperoleh ketika pekerja telah memotong 302 keramik berukuran besar dengan waktu untuk memotong satu keramik yaitu selama  $\pm 1$  menit. Nilai batas waspada atau *Exposure action value* (EAV) dicapai setelah bekerja selama 1 jam 15 menit dan 35 detik atau setelah pekerja memotong 75 keramik.

#### 4.3.2.2 Penggunaan Alat Serut pada Operasi Penyerutan Pintu/ Kusen Berbahan Kayu Mahoni

Perhitungan pada bagian ini dilakukan dalam dua cakupan yaitu cakupan operasi dan cakupan kelompok pekerja. Perhitungan dalam cakupan operasi dilakukan dengan asumsi penyerutan pintu/ kusen berbahan kayu mahoni dengan alat serut merupakan operasi tunggal yang dilakukan oleh pekerja spesialis perkayuan dalam satu hari kerja. Pada kondisi aktual, pekerja spesialis perkayuan selain menggunakan alat serut juga menggunakan bor tangan dalam satu hari kerja. Hal ini menyebabkan jika ditinjau dari cakupan kelompok pekerja, batas waktu penggunaan alat serut untuk operasi ini akan semakin pendek terkait dengan penggunaan *power tools* lain yang juga menghasilkan pajanan getaran.

Durasi penggunaan alat serut yang diizinkan sehingga tidak menyebabkan munculnya penyakit atau gangguan kesehatan pekerja adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.10** Durasi Penggunaan Alat Serut ( $T_{A(8)}$ ) untuk Menyerut Pintu/Kusen yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Getaran

Standar NAB		Durasi			Jumlah siklus (pintu)
		Jam	Menit	Detik	
cakupan operasi	<i>Exposure action value</i>	0	45	29	7
	<i>Exposure limit value</i>	3	1	57	30
cakupan kel. Pekerja	<i>Exposure action value</i>	0	10	3	1
	<i>Exposure limit value</i>	0	40	14	6

Berdasarkan tabel 4.10 diketahui bahwa jika ditinjau dari cakupan operasi, EAV dicapai saat pekerja telah melakukan operasi penyerutan selama 45 menit dan 29 detik. Ditinjau dari cakupan yang lebih luas, yaitu pada kondisi aktual dimana pekerja menggunakan dua *power tools* hasil yang diperoleh akan lebih kecil. EAV dicapai setelah bekerja selama 10 menit dan 3 detik. Hal yang sama juga terjadi pada durasi untuk mencapai ELV dimana durasi berkurang dari 3 jam 1 menit dan 57 menjadi 40 menit dan 14 detik. Saat pekerja hanya melakukan operasi penyerutan sepanjang hari kerja, pekerja dapat menyelesaikan penyerutan hingga maksimal 30 buah pintu perhari. Nilai ini berkurang menjadi 6 pintu saat pekerja juga menggunakan bor tangan untuk 3 operasi dalam satu hari.

#### 4.3.2.3 Penggunaan Bor Tangan pada Operasi Memasang dan Melepas Baut

Perhitungan durasi pajanan yang diizinkan bagi penggunaan bor tangan dilakukan dari tiga sudut pandang atau tiga cakupan. Pertama dari cakupan operasi yaitu jika operasi memasang dan melepas baut merupakan satu-satunya operasi dengan menggunakan *power tools* yang dilakukan pekerja spesialis perkayuan. Selanjutnya dari cakupan *power tools* dengan asumsi bahwa pekerja perkayuan hanya menggunakan bor tangan (untuk tiga operasi) selama satu hari kerja tanpa menggunakan alat serut. Terakhir, jika ditinjau dari cakupan kelompok pekerja perkayuan, dimana tiap-tiap pekerja menggunakan bor tangan dan juga alat serut selama bekerja. Hasil yang diperoleh dari perhitungan tersebut adalah:

**Tabel 4.11** Durasi Penggunaan Bor Tangan ( $T_{A(8)}$ ) untuk Memasang dan Melepas Baut yang diizinkan Berdasarkan Pajanan Getaran

Standar NAB		Durasi			Jumlah siklus (hole)
		Jam	Menit	Detik	
cakupan operasi	<i>Exposure action value</i>	3	7	20	1405
	<i>Exposure limit value</i>	12	29	20	5620
cakupan <i>power tools</i>	<i>Exposure action value</i>	0	5	44	43
	<i>Exposure limit value</i>	0	22	58	172
cakupan kel. pekerja	<i>Exposure action value</i>	0	4	28	33
	<i>Exposure limit value</i>	0	17	53	134

Jika dilihat dari cakupan operasi tunggal langkah segera pengurangan pajanan getaran harus dilakukan jika total durasi operasi memasang baut telah sampai 12 jam 29 menit dan 20 detik (pajanan getaran mencapai ELV). Sedangkan EAV dicapai ketika operasi telah dilakukan selama 3 jam 7 menit dan 20 detik. Jika ditinjau dari cakupan *power tools* dimana pekerja hanya menggunakan bor tangan untuk tiga jenis operasi berbeda dalam satu hari kerja, maka batas maksimum penggunaan bor tangan untuk operasi ini yaitu selama 22 menit 58 detik atau ketika telah mengerjakan 172 operasi. Pada perhitungan bagi cakupan yang lebih luas yaitu pekerja spesialis perkayuan juga menggunakan alat serut selain bor tangan dalam bekerja, maka ELV dicapai ketika operasi telah dilakukan selama 17 menit 53 detik.

Dari tabel 4.11 diatas terlihat bahwa durasi penggunaan bor tangan untuk mencapai EAV dan ELV yang diperoleh jika dihitung berdasarkan cakupan *power tools* dan kelompok pekerja berkurang secara signifikan jika dibanding hasil dari perhitungan dengan cakupan operasi. Hal ini disebabkan karena penggunaan bor tangan untuk operasi memasang dan melepas baut memiliki nilai pajanan getaran ( $m/s^2$ ) yang sangat kecil jika dibandingkan dengan nilai pajanan getaran pada operasi lainnya (tabel 4.5) Sehingga sebagian besar kuota nilai pajanan getaran harian dialokasikan untuk operasi lainnya agar durasi pajanan yang diperoleh berimbang bagi tiap operasi. Saat pekerja spesialis perkayuan hanya melakukan operasi memasang atau melepas baut, seluruh kuota pajanan getaran harian hanya dialokasikan untuk operasi ini. Nilai pajanan yang kecil menyebabkan nilai durasi

pajanan yang diizinkan untuk operasi memasang/ melepas baut menjadi sangat besar.

#### 4.3.2.4 Penggunaan Bor Tangan pada Operasi Mengebor Pintu/ Kusen erbahan

##### Kayu Mahoni

Sama seperti perhitungan penggunaan bor tangan untuk operasi sebelumnya, pada operasi ini perhitungan durasi pajanan yang diizinkan juga dilakukan dalam tiga cakupan. Hasil perhitungan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.12** Durasi Penggunaan Bor Tangan ( $T_{A(8)}$ ) untuk Operasi Mengebor Pintu/ Kusen yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Getaran

Standar NAB		Durasi			Jumlah siklus (hole)
		Jam	Menit	Detik	
cakupan operasi	<i>Exposure action value</i>	0	24	38	92
	<i>Exposure limit value</i>	1	38	34	369
cakupan power tools	<i>Exposure action value</i>	0	11	29	43
	<i>Exposure limit value</i>	0	45	56	172
cakupan kel. Pekerja	<i>Exposure action value</i>	0	8	56	33
	<i>Exposure limit value</i>	0	35	46	134

Pada tabel diatas diketahui bahwa jika ditinjau dari sudut pandang yang paling luas dimana pekerja spesialis perkayuan menggunakan 2 alat untuk 4 jenis operasi berbeda maka durasi maksimum (durasi untuk mencapai ELV) penggunaan bor tangan untuk operasi mengebor pintu/ kusen akan mencapai 35 menit 46 detik. Sedangkan batas waspada (EAV) dicapai setelah melakukan operasi kerja selama 8 menit dan 56 detik. Durasi untuk mencapai ELV dan EAV yang diperoleh akan semakin besar saat perhitungan dilakukan dengan cakupan yang lebih sempit (tabel 4.12). Hal ini disebabkan oleh bertambahnya kuota pajanan getaran yang dialokasikan bagi suatu operasi seiring dengan berkurangnya jenis operasi yang dilakukan pekerja dalam satu hari.



#### 4.3.2.5 Penggunaan Bor Tangan pada Operasi Mengebor Dinding

Hasil perhitungan durasi pajanan yang diizinkan bagi penggunaan bor tangan untuk operasi mengebor dinding berdasarkan tiga jenjang cakupan ditunjukkan oleh tabel 4.13

**Tabel 4.13** Durasi Penggunaan Bor Tangan ( $T_{A(8)}$ ) untuk Operasi Mengebor Dinding yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Getaran

Standar NAB		Durasi			Jumlah siklus (hole)
		Jam	Menit	Detik	
cakupan operasi	<i>Exposure action value</i>	0	11	24	42
	<i>Exposure limit value</i>	0	45	38	171
cakupan power tools	<i>Exposure action value</i>	0	5	44	21
	<i>Exposure limit value</i>	0	22	58	86
cakupan kel. pekerja	<i>Exposure action value</i>	0	4	28	16
	<i>Exposure limit value</i>	0	17	53	67

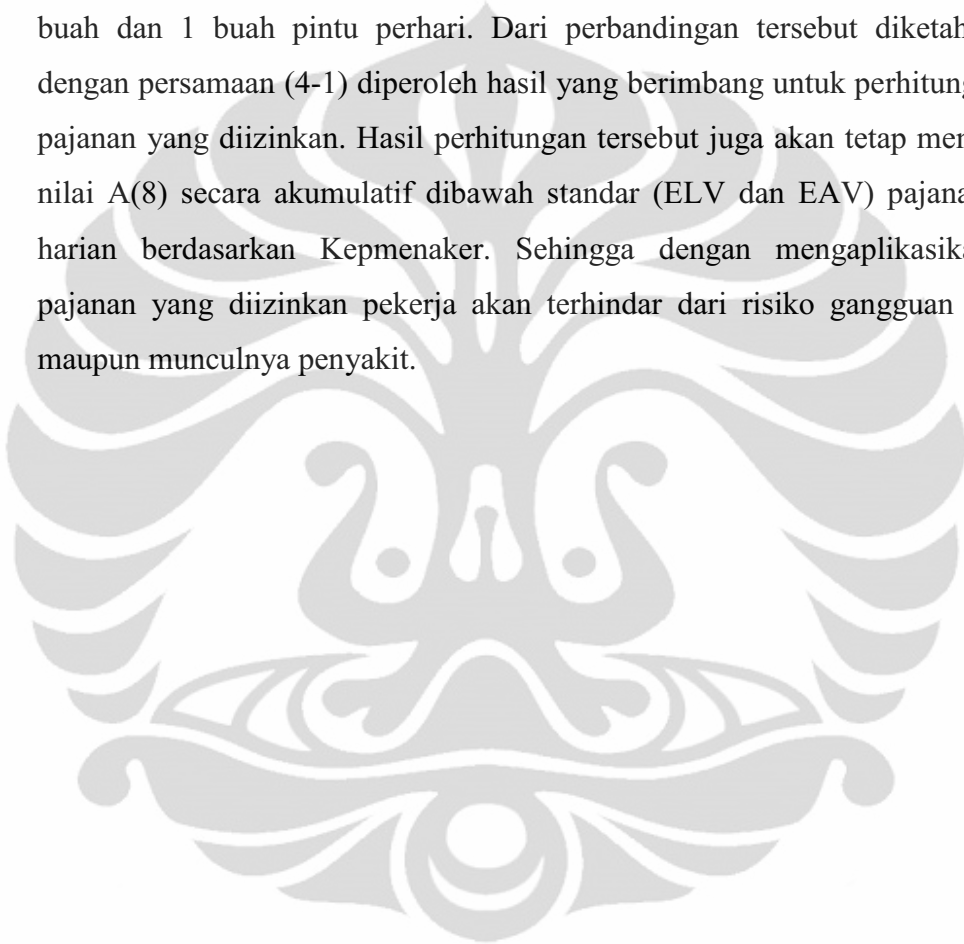
Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa durasi penggunaan bor tangan untuk operasi mengebor dinding akan mencapai ELV pada saat alat tersebut digunakan selama 45 menit 38 detik jika perhitungan dilakukan dari sudut pandang operasi. Jika ditinjau dari sudut pandang yang lebih luas yaitu saat pekerja menggunakan bor tangan untuk ketiga jenis operasi maka ELV dicapai saat bekerja selama 22 menit dan 58 detik. Pada kondisi aktual dimana ELV dialokasikan bagi empat operasi dengan alat serut dan bor tangan maka durasi pajanan maksimum yang diizinkan adalah 17 menit dan 53 detik.

#### 4.3.2.6 Rekapitulasi Durasi Pajanan Getaran yang Diizinkan

Berdasarkan tabel 4.14 dibawah ini terlihat bahwa durasi pajanan untuk mencapai EAV dan ELV yang diperoleh pada cakupan *power tools* berimbang bagi ketiga operasi dengan menggunakan bor tangan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penggunaan bor tangan untuk ketiga operasi tersebut akan mencapai nilai ELV pada saat menyelesaikan pemasangan 8 buah pintu dan mencapai EAV saat telah menyelesaikan 2 buah pintu. Seperti yang dituliskan pada bab sebelumnya, jumlah siklus kerja bagi ketiga operasi tersebut yaitu 10

siklus atau lubang untuk satu pintu bagi operasi mengebor dinding dan 20 siklus untuk satu pintu bagi dua operasi lainnya.

Hal yang sama juga terjadi saat dilakukan perbandingan terhadap hasil perhitungan durasi pajanan yang diizinkan pada cakupan kelompok pekerja spesialis perkayuan. Hasil yang diperoleh dari tabel 4.14 menunjukkan bahwa ELV dan EAV dicapai saat pekerja telah menyelesaikan secara berturut turut 6 buah dan 1 buah pintu perhari. Dari perbandingan tersebut diketahui bahwa dengan persamaan (4-1) diperoleh hasil yang berimbang untuk perhitungan durasi pajanan yang diizinkan. Hasil perhitungan tersebut juga akan tetap menghasilkan nilai A(8) secara akumulatif dibawah standar (ELV dan EAV) pajanan getaran harian berdasarkan Kepmenaker. Sehingga dengan mengaplikasikan durasi pajanan yang diizinkan pekerja akan terhindar dari risiko gangguan kesehatan maupun munculnya penyakit.



Tabel 4.14 Rekapitulasi Durasi Pajanan Getaran yang Diizinkan

No	Grup pekerja	Power tools	Material kerja	EAV				ELV					
				Jam	Menit	Detik	keramik / pintu	Hole	jam	menit	detik	keramik / pintu	hole
cakupan operasi	Pemasang keramik	Gerinda	Keramik	1	15	75	75	N/A	5	2	20	302	N/A
		Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	0	45	29	7	N/A	3	1	57	30	N/A
	Spesialis perkayuan	Bor Tangan	Baut	3	7	20	70	5	12	29	20	281	0
		Bor Tangan	Pintu/ kusen (mahoni)	0	24	38	4	12	1	38	34	18	9
			Dinding	Dinding	0	11	24	4	2	0	45	38	17
cakupan power tools	Pemasang keramik	Gerinda	Keramik	1	15	75	75	N/A	5	2	20	302	N/A
		Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	0	45	29	7	N/A	3	1	57	30	N/A
	Spesialis perkayuan	Bor Tangan	Baut	0	5	44	2	3	0	22	58	8	12
		Bor Tangan	Pintu/ kusen (mahoni)	0	11	29	2	3	0	45	56	8	12
			Dinding	Dinding	0	5	44	2	1	0	22	58	8
cakupan kel. Pekerja	Pemasang keramik	Gerinda	Keramik	1	15	75	75	N/A	5	2	20	302	N/A
		Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	0	10	3	1	N/A	0	40	14	6	N/A
	Spesialis perkayuan	Bor Tangan	Baut	0	4	28	1	13	0	17	53	6	14
		Bor Tangan	Pintu/ kusen (mahoni)	0	8	56	1	13	0	35	46	6	14
			Dinding	0	4	28	1	6	0	17	53	6	7

#### 4.4 Pengolahan Data dan Analisis Paparan Kebisingan

Pengolahan data dan analisis paparan kebisingan yang dilakukan yaitu mencakup pengolahan data level paparan ekuivalen kebisingan ( $L_{eq}$ ) kedalam dosis kebisingan harian dan perhitungan durasi paparan yang diperbolehkan menurut Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan dari Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. KEP-51/MEN/1999.

##### 4.4.1 Dosis Kebisingan Harian

Perhitungan dosis kebisingan harian dilakukan menggunakan persamaan yang telah ditulis pada bab sebelumnya yaitu persamaan (2-9). Adapun persamaan tersebut adalah:

$$D = \left[ \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right] \times 100$$

Nilai  $C_n$  atau durasi paparan perhari diperoleh dari data siklus kerja. Sedangkan nilai  $T_n$  yaitu waktu paparan yang diizinkan dihitung berdasarkan keputusan Menteri Tenaga Kerja RI.  $T_n$  diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan persamaan (2-8) atau seperti yang tertulis dibawah ini.

$$T = \frac{8}{2^{L-85/3}}$$

Nilai  $L$  pada persamaan diatas adalah nilai paparan getaran ekuivalen atau  $L_{eq}$ . Berikut ini rekapitulasi nilai  $L_{eq}$ ,  $C_n$ , dan  $T_n$  yang digunakan untuk menghitung dosis kebisingan harian dan hasil perhitungan dosis kebisingan harian.

**Tabel 4.15** Rekapitulasi Nilai  $C_n$  dan  $T_n$  dari Seluruh Operasi

No	Grup pekerja	Power tools	Material kerja	$C_n$ (jam)	$L_{eq}$ (dBA)	$T_n$ (jam)
1	Pemasang keramik	Gerinda	Keramik – pasang	8.33	102.26	0.15
			Keramik – perbaikan	0.42		
2	Spesialis perkayuan	Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	0.40	102.57	0.14
		Bor Tangan	Baut	0.18	78.57	35.34
			Pintu/ kusen (mahoni)	0.36	84.50	8.98
			Dinding	0.18	98.60	0.35

Pada penelitian ini perhitungan dosis kebisingan dilakukan dengan menyertakan *background noise* atau latar belakang suara. Hal ini dilakukan karena durasi penggunaan *power tools* dalam satu hari kerja tergolong singkat sehingga *background noise* memberikan kontribusi yang patut diperhitungkan dalam dosis kebisingan. Dengan menyertakan *background noise* dalam perhitungan dosis kebisingan diharapkan pekerja akan lebih terlindung dari paparan kebisingan. *Background noise* yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari baku tingkat kebisingan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. Kep-48/MENLH/11/1996 yaitu sebesar 70 dB untuk industri. Hal ini disebabkan pengukuran *background noise* yang telah dilakukan menghasilkan nilai yang berubah-ubah untuk setiap lokasi pada proyek pembangunan Apartemen Seasons City. Penggunaan baku tingkat kebisingan diharapkan mampu merefleksikan rata-rata atau standar *background noise* pada lingkungan industri (proyek) secara lebih general.

Setelah dilakukan perhitungan dosis kebisingan kemudian diberikan kode warna tertentu (tabel 4.14) yang digunakan untuk mengetahui kategori dari dosis kebisingan yang diterima pekerja. Berdasarkan OSHA, dosis kebisingan 100% dirancang sebagai level pajanan yang diizinkan (*permissible exposure level*), atau suatu titik dimana diperlukan segera pengendalian teknis dan pengendalian administrasi yang layak disamping dengan penggunaan alat pelindung dengar untuk mengurangi pajanan kebisingan. Dosis kebisingan yang telah melebihi atau sama dengan 50% dirancang sebagai *action level*, atau suatu keadaan dimana manajemen harus mengimplementasikan program konservasi pendengaran secara berkelanjutan. Program tersebut harus menyertakan:

- Pemantauan pajanan (*exposure monitoring*)
- Uji audiometri (*audiometric testing*)
- Penggunaan alat pelindung dengar (*hearing protection*)
- Pelatihan pekerja (*employee training*)
- Menjaga riwayat pekerja (*record keeping*)

Berdasarkan variabel-variabel yang ditampilkan pada tabel 4.15, hasil perhitungan dosis kebisingan harian yang diperoleh adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.16** Dosis Kebisingan Harian

No	Grup pekerja	Power tools	Material kerja	Dosis kebisingan harian		
1	Pemasang keramik	Gerinda	Keramik – pasang	8421.05%		
			Keramik – perbaikan	283.91%		
2	Spesialis perkayuan	Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	289.78%		
		Bor Tangan	Baut	0.50%	55.92 %	348.39 %
			Pintu/ kusen (mahoni)	3.96%		
			Dinding	51.46%		

**Tabel 4.17** Kode Warna untuk Dosis Kebisingan Harian

Kode warna	Dosis
Merah	$\geq 100\%$
Kuning	$50\% \leq D < 100\%$
Hijau	$D < 50\%$

Pada tabel 4.16 terlihat bahwa kedua kelompok pekerja konstruksi menerima dosis kebisingan diatas 100% atau diatas level pajanan yang diizinkan (kode warna merah). Pada pekerja spesialis perkayuan, operasi penyerutan kayu menyumbang dosisi kebisingan yang paling besar. Penggunaan bor tangan untuk tiga jenis operasi oleh kelompok pekerja tersebut menyumbang dosis kebisingan sebesar 55.92 % dari total 345.70% dosis kebisingan yang diterima pekerja tanpa menyertakan *background noise*.

Total dosis kebisingan bagi kedua kelompok pekerja pada tabel 4.16 telah ditambahkan dosis parsial dari *background noise*. Nilai akhir dosis kebisingan harian sebesar 348.39% diperoleh bagi pekerja spesialis perkayuan. Bagi pekerja pemasangan keramik dosis kebisingan yang mereka terima tergolong sangat besar terutama saat kegiatan utama pemasangan keramik sedang dilakukan. Saat operasi utama pemasangan keramik dilakukan pekerja menerima dosis kebisingan harian sebesar 8421.05 dBA sedangkan saat perbaikan dosis yang diterima yaitu 283.91%. Berdasarkan hasil tersebut maka diperlukan pengendalian teknis dan pengendalian administrasi untuk mengurangi pajanan kebisingan yang diterima pekerja.

#### 4.4.2 Durasi Pajanan Kebisingan yang Diizinkan

Salah satu langkah pengendalian administrasi untuk menurunkan pajanan kebisingan adalah dengan membatasi operasi kerja atau jam kerja sesuai dengan durasi pajanan yang diizinkan. Pada subbab ini akan dilakukan perhitungan durasi pajanan kebisingan (penggunaan *power tools* untuk suatu operasi) yang diizinkan agar total dosis kebisingan yang diterima pekerja tidak melebihi 100%. Perhitungan untuk kelompok pekerja spesialis perkayuan dilakukan dengan menggunakan jenjang yang sama seperti perhitungan durasi pajanan getaran yang diizinkan. Jenjang tersebut yaitu bila ditinjau dari cakupan operasi tunggal, cakupan penggunaan *power tools*, sampai kepada perhitungan dalam cakupan pekerjaan kelompok pekerja konstruksi. Hal ini dilakukan untuk menunjukkan durasi pajanan yang diperbolehkan akan berkurang untuk tiap operasi jika pekerja menggunakan beberapa alat dan beberapa operasi sekaligus. Analisis yang lebih mendalam diharapkan dapat dilakukan melalui perhitungan seperti ini.

Perhitungan durasi penggunaan alat yang diizinkan jika ditinjau dari cakupan operasi tunggal dilakukan menggunakan persamaan (2-8). Sedangkan pada perhitungan dari sudut pandang yang lebih luas (cakupan penggunaan *power tools* dan cakupan pekerja spesialis perkayuan), variabel rasio durasi pajanan perhari perlu turut dicantumkan dalam perhitungan. Hal ini dilakukan agar hasil perhitungan durasi pajanan yang diizinkan dapat diaplikasikan karena proporsinya sesuai kondisi nyata dengan total dosis kebisingan tetap tidak lebih dari 100%. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$D = \left[ \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right] \times 100$$

$$D = \left[ \frac{Cr_1}{T_1} + \frac{Cr_2}{T_2} + \dots + \frac{Cr_n}{T_n} \right] \times 100 \quad (4-2)$$

$$C = \frac{D_{max}/100}{(r_1/T_1 + r_2/T_2 + \dots + r_n/T_n)} \quad (4-3)$$

$$C = \frac{1}{(r_1/T_1 + r_2/T_2 + \dots + r_n/T_n)} \quad (4-4)$$

dimana:  $T_n$  : durasi pajanan kebisingan yang di izinkan  
 $r_n$  : rasio durasi pajanan (jam)

#### 4.4.2.1 Penggunaan Gerinda pada Operasi Pemotongan Keramik

Hasil yang diperoleh dari perhitungan durasi penggunaan gerinda yang diizinkan sehingga tidak menimbulkan resiko munculnya gangguan kesehatan dan penyakit adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.18** Durasi Penggunaan Gerinda untuk Memotong Keramik yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Kebisingan

Standar		Waktu			Jumlah siklus ( <i>pieces</i> )
		Jam	Menit	Detik	
NAB	<i>Action level</i> (batas waspada)	0	4	26	4
	<i>Permissible level</i> (batas maksimum)	0	8	53	8

Berdasarkan tabel 4.18 diatas diperoleh nilai *permissible level* pajanan kebisingan akan dicapai ketika pekerja menggunakan gerinda kelas menengah untuk memotong keramik selama 8 menit 53 detik. Nilai tersebut jika dikonversikan kedalam siklus kerja yaitu setara dengan 8 siklus pemotongan keramik berukuran besar. Nilai batas waspada atau *action level* dicapai setelah pekerja memotong keramik selama 4 menit 26 detik atau saat telah selesai memotong 8 delapan buah keramik berukuran besar. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus pemotongan keramik yaitu  $\pm$  selama satu menit.

#### 4.4.2.2 Penggunaan Alat Serut pada Operasi Menyerut Pintu/ Kusen Berbahan Kayu Mahoni

Perhitungan durasi penggunaan alat serut yang diizinkan dilakukan kedalam dua cakupan berbeda sama seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Hasil perhitungan yang diperoleh adalah sebagai berikut:



**Tabel 4.19** Durasi Penggunaan Alat Serut untuk Menyerut Pintu/ Kusen yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Kebisingan

Standar NAB		Durasi			Jumlah siklus (hole)
		Jam	Menit	Detik	
cakupan operasi	<i>Action level</i>	0	4	8	0
	<i>Permissible level</i>	0	8	16	1
cakupan kel. Pekerja	<i>Action level</i>	0	3	28	0
	<i>Permissible level</i>	0	6	56	1

Berdasarkan tabel 4.19 terlihat bahwa jika ditinjau dari kedua sudut pandang atau cakupan diatas, batas waspada atau *action level* pada cakupan operasi dicapai saat pekerja telah menggunakan alat serut selama 8 menit 16 detik untuk menyerut pintu/ kusen berbahan kayu mahoni. Nilai tersebut berkurang menjadi 6 menit 56 detik jika perhitungan dilakukan pada cakupan kelompok pekerja. Perhitungan dalam cakupan kelompok pekerja yaitu jika penggunaan bor tangan untuk tiga operasi juga diikut sertakan dalam perhitungan. Hal ini akan sama seperti kondisi aktual dimana pekerja spesialis perkayuan menggunakan dua alat (bor tangan dan alat serut) untuk 4 operasi berbeda.

Perhitungan dengan dua cakupan tersebut hanya menghasilkan durasi penggunaan alat serut untuk mencapai batas waspada dan batas maksimum yang tidak jauh berbeda. Hal ini disebabkan operasi ini menyumbang proporsi yang sangat besar bagi nilai dosis kebisingan yang diterima pekerja spesialis perkayuan. Nilai pajanan ekuivalen (Leq) operasi menyerut juga merupakan yang terbesar jika dibandingkan dengan operasi lain yang juga dilakukan pekerja. Sebagai hasilnya alokasi dosis kebisingan (dari 100% batas maksimum) bagi operasi ini menjadi sangat besar sehingga hasil perhitungan durasi penggunaan alat yang diizinkan bagi tiap operasi akan berimbang.

#### 4.4.2.3 Penggunaan Bor Tangan pada Operasi Memasang dan Melepas Baut

Tabel 4.20 berikut ini memperlihatkan hasil perhitungan durasi penggunaan bor tangan untuk operasi memasang dan melepas baut yang diizinkan dan aman bagi kesehatan pekerja:

**Tabel 4.20** Durasi Penggunaan Bor Tangan untuk Memasang dan Melepas Baut yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Kebisingan

Standar NAB		Durasi			Jumlah siklus (hole)
		Jam	Menit	Detik	
cakupan operasi	<i>Action level</i>	17	40	7	7950
	<i>Permissible level</i>	35	20	15	15901
cakupan power tools	<i>Action level</i>	0	9	32	71
	<i>Permissible level</i>	0	19	4	143
cakupan kel. pekerja	<i>Action level</i>	0	1	32	11
	<i>Permissible level</i>	0	3	5	23

Tabel 4.20 menunjukkan bahwa durasi penggunaan alat untuk mencapai batas waspada dan batas maksimum penggunaan bor tangan untuk operasi ini berubah secara signifikan saat ditinjau dari cakupan operasi tunggal dan ditinjau dari dua cakupan yang lebih luas. Sama seperti pada perhitungan durasi pajanan yang diizinkan terkait paparan getaran, nilai  $L_{eq}$  dari operasi ini adalah paling kecil dibanding operasi-operasi lain yang dilakukan pekerja spesialis perkayuan. Hal ini menyebabkan alokasi dosis kebisingan yang diterima untuk operasi ini menjadi sangat kecil karena sebagian besar dosis kebisingan dialokasikan untuk operasi lain agar terjadi keseimbangan hasil durasi pajanan kebisingan yang diizinkan bagi tiap operasi.

Durasi untuk mencapai batas waspada pada cakupan operasi tunggal yaitu sebesar 17 jam 40 menit dan 7 detik berkurang masing-masing menjadi hanya 9 menit 32 detik dan 1 menit 32 detik jika ditinjau dari sudut pandang adanya operasi lain yang dilakukan dengan bor tangan (cakupan *power tools*) dan sudut pandang kelompok pekerja spesialis perkayuan. Hal yang sama terjadi pada durasi yang dibutuhkan untuk mencapai batas maksimum dimana terjadi penurunan yang signifikan pada perhitungan dengan sudut pandang kondisi aktual (cakupan pekerja). Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa pada kondisi aktual program konservasi pendengaran harus dilakukan jika penggunaan bor tangan untuk operasi ini telah melebihi 1 menit 32 detik. Sedangkan pengendalian teknis dan administrasi harus dilakukan ketika operasi ini dilakukan selama atau lebih dari 3 menit 5 detik dalam satu hari kerja.

#### 4.4.2.4 Penggunaan Bor Tangan pada Operasi Mengebor Pintu/ Kusen Berbahan Kayu Mahoni

Tabel 4.21 dibawah ini memperlihatkan hasil perhitungan dari durasi penggunaan bor tangan yang diizinkan bagi operasi menyerut pintu/ kusen berbahan kayu mahoni.

**Tabel 4.21** Durasi Penggunaan Bor Tangan untuk Mengebor Pintu/ Kusen yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Kebisingan

Standar NAB		Durasi			Jumlah siklus (hole)
		Jam	Menit	Detik	
cakupan operasi	<i>Action level</i>	4	29	23	1010
	<i>Permissible level</i>	8	58	46	2020
cakupan power tools	<i>Action level</i>	0	19	4	71
	<i>Permissible level</i>	0	38	8	143
cakupan kel. Pekerja	<i>Action level</i>	0	3	5	11
	<i>Permissible level</i>	0	6	10	23

Serupa dengan perhitungan pada operasi sebelumnya, penurunan secara signifikan juga terjadi pada durasi untuk mencapai batas aman dan waspada pada operasi ini jika ditinjau dari cakupan yang lebih luas (tabel 4.21). Operasi ini menghasilkan Leq yang kecil sehingga durasi pajanan yang diizinkan akan menjadi sangat besar jika perhitungan dilakukan dengan asumsi operasi ini merupakan satu-satunya operasi yang dilakukan pekerja konstruksi. Saat ditinjau dari cakupan yang lebih luasnya nilainya akan berkurang cukup jauh karena sebagian besar dialokasikan untuk operasi-operasi lain dengan nilai Leq yang besar.

Durasi maksimum penggunaan bor tangan yang diizinkan untuk operasi ini pada cakupan pekerja (kondisi aktual) yaitu selama 6 menit 10 detik. Saat operasi mengebor pintu/ kusen berbahan kayu mahoni yang dilakukan pekerja telah mencapai nilai tersebut maka tindakan pengendalian pajanan kebisingan perlu segera dilakukan. Sedangkan program konservasi pendengaran sebaiknya dilakukan saat operasi kerja ini telah dilakukan selama 3 menit 5 detik.

#### 4.4.2.5 Penggunaan Bor Tangan pada Operasi Mengebor Dinding

Hasil pengolahan data dan perhitungan durasi penggunaan alat yang aman bagi operasi mengebor dinding dapat dilihat pada tabel 4.22.

**Tabel 4.22** Durasi Penggunaan Bor Tangan untuk Operasi Mengebor Dinding yang Diizinkan Berdasarkan Pajanan Kebisingan

Standar NAB		Durasi			Jumlah siklus (hole)
		Jam	Menit	Detik	
cakupan operasi	<i>Action level</i>	0	10	21	38
	<i>Permissible level</i>	0	20	43	77
cakupan power tools	<i>Action level</i>	0	9	32	35
	<i>Permissible level</i>	0	19	4	71
cakupan kel. Pekerja	<i>Action level</i>	0	1	32	5
	<i>Permissible level</i>	0	3	5	11

Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa tidak terjadi penurunan yang signifikan dalam hasil yang diperoleh dari perhitungan dengan cakupan operasi tunggal dan cakupan penggunaan bor tangan. Hal ini dapat terjadi karena operasi ini adalah operasi dengan nilai  $L_{eq}$  paling besar dari operasi lainnya yang juga menggunakan bor tangan. Agar diperoleh hasil durasi pajanan yang berimbang bagi ketiga operasi, maka alokasi dosis kebisingan bagi operasi ini menjadi lebih besar. Sedangkan bila dihitung dengan cakupan operasi hasil durasi pajanan diizinkan juga tidak terlalu besar terkait dengan besarnya nilai  $L_{eq}$  yang diperoleh dari operasi ini.

Penurunan yang cukup signifikan terjadi jika perhitungan didasarkan pada kondisi aktual dimana pekerja spesialis perkayuan menggunakan 2 *power tools* untuk empat operasi berbeda. Nilai durasi untuk mencapai batas waspada dan batas maksimal menurun disebabkan karena operasi penyerutan kayu yang kini disertakan dalam perhitungan memiliki nilai  $L_{eq}$  yang sangat besar. Hal itu diperkuat pula dengan besarnya rasio pengerjaan operasi tersebut dalam satu hari kerja. Durasi penggunaan bor tangan untuk mencapai batas waspada menurun dari 9 menit 32 detik menjadi 1 menit 32 detik pada operasi ini. Adapun durasi

penggunaan bor tangan pada untuk mencapai nilai batas maksimum menurun drastis dari 19 menit 4 detik menjadi 3 menit 5 detik.

#### 4.4.2.6 Rekapitulasi Durasi Pajanan Kebisingan yang Diizinkan

Tabel 4.23 dibawah ini menunjukkan hasil rekapitulasi durasi penggunaan alat yang diizinkan dari cakupan operasi, *power tools*, dan kelompok pekerja.

Dari tabel diatas diketahui bahwa hasil perhitungan durasi pajanan yang diizinkan bagi kelompok pekerja spesialis perkayuan adalah berimbang saat ditinjau dari cakupan *power tools* dan cakupan kelompok pekerja. Batas maksimum penggunaan bor tangan untuk ketiga operasi jika diasumsikan bahwa pekerja hanya menggunakan bor tangan (tanpa alat serut) cukup untuk menyelesaikan pengerjaan 7 buah pintu. Sedangkan dari hasil perhitungan waktu untuk mencapai batas waspada (*action level*) diperoleh ketika pekerja telah menyelesaikan 3 buah pintu.

Hasil yang berimbang juga diperoleh saat perhitungan dilakukan bagi cakupan yang lebih luas dimana pekerja sesialis perkayuan menggunakan alat serut dan bor tangan. Durasi kebisingan maksimum diperoleh saat pekerja menyelesaikan lebih dari pengerjaan 1 buah pintu sehari untuk ke empat jenis operasi berbeda tersebut. Saat pekerja menyelesaikan setengah pengerjaan sebuah pintu (lebih dari 3 menit menyerut pintu/ kusen, 11 operasi memasang baut, 11 operasi mengebor kayu, dan 5 operasi mengebor dinding) maka nilai batas waspada telah dicapai.

Seperti yang terlihat pada tabel diatas, pada kondisi aktual (cakupan kelompok pekerja) durasi penggunaan *power tools* untuk mencapai batas waspada dan batas maksimum adalah sangat kecil. Oleh sebab itu pengendalian administrasi dengan membatasi operasi kerja atau jam kerja sesuai dengan durasi pajanan yang diizinkan sulit dilakukan. Dengan kondisi seperti ini upaya pengendalian teknis dan penggunaan pelindung dengar yang tepat perlu dilakukan selain mencari alternatif lain dari pengendalian administrasi.

Tabel 4.23 Rekapitulasi Durasi Pajanan Kebisingan yang Diizinkan

No	Grup pekerja	Power tools	Material kerja	EAV				ELV						
				Jam	Menit	detik	keramik / pintu	hole	jam	menit	detik	keramik / pintu	hole	
cakupan operasi	Pemasang keramik	Gerinda	Keramik	0	4	26	4	N/A	0	8	53	8	N/A	
		Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	0	4	8	0	N/A	0	8	16	1	N/A	
	Spesialis perkayuan	Bor Tangan	Baut		17	40	7	397	10	35	20	15	795	1
			Pintu/ kusen (mahoni)		4	29	23	50	10	8	58	46	101	0
			Dinding		0	10	21	3	8	0	20	43	7	7
cakupan power tools	Pemasang keramik	Gerinda	Keramik	0	4	26	4	N/A	0	8	53	8	N/A	
		Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	0	4	8	0	N/A	0	8	16	1	N/A	
	Spesialis perkayuan	Bor Tangan	Baut		0	9	32	3	11	0	19	4	7	3
			Pintu/ kusen (mahoni)		0	19	4	3	11	0	38	8	7	3
			Dinding		0	9	32	3	5	0	19	4	7	1
cakupan kel. Pekerja	Pemasang keramik	Gerinda	Keramik	0	4	26	4	N/A	0	8	53	8	N/A	
		Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	0	3	28	0	N/A	0	6	56	1	N/A	
	Spesialis perkayuan	Bor Tangan	Baut		0	1	32	0	11	0	3	5	1	3
Pintu/ kusen (mahoni)				0	3	5	0	11	0	6	10	1	3	
			Dinding		0	1	32	0	5	3	5	1	1	

#### 4.4.3 Durasi Penggunaan *Power Tools* yang Optimal dan Aman bagi Kesehatan Berdasarkan Paparan Getaran dan Kebisingan

Berdasarkan hasil perhitungan pada subbab sebelumnya diperoleh perbandingan durasi paparan yang diizinkan berdasarkan paparan getaran dan kebisingan pada kondisi aktual pada proyek pembangunan Apartemen Seasons City seperti ditunjukkan oleh tabel berikut:

**Tabel 4.24** Perbandingan Durasi Paparan Getaran dan Kebisingan yang Diizinkan Pada Kondisi Aktual

No	Power Tools	Getaran				Kebisingan			
		jam	menit	detik	siklus	Jam	menit	detik	siklus
1	Gerinda	5	2	20	302	0	8	53	8
2	Alat serut	0	40	14	6	0	8	17	1
3	Bor - Baut	0	17	53	134	0	3	5	23
4	Bor - Pintu/kusen	0	35	46	134	0	6	10	23
5	Bor - Dinding	0	17	53	67	0	3	5	11

Pada tabel 4.24 dapat terlihat bahwa durasi penggunaan alat yang diizinkan berdasarkan paparan kebisingan jauh lebih kecil dibanding paparan getaran. Hal ini mengindikasikan bahwa untuk dapat menjaga kesehatan pekerja konstruksi, durasi paparan/ batas aman yang digunakan adalah yang dihitung berdasarkan paparan kebisingan. Namun hal ini akan membuat produktivitas pekerja menjadi menurun. Pekerja pemasang keramik hanya direkomendasikan untuk menyelesaikan operasi pemotongan keramik selama kurang dari 9 menit. Sedangkan pekerja spesialis perkayuan hanya dapat menyelesaikan operasi untuk pemasangan pintu sebanyak 1 unit.

Berdasarkan hal tersebut, upaya-upaya untuk segera mengurangi paparan kebisingan yang diterima pekerja perlu dilakukan. Pemilihan alat pelindung dengar dengan spesifikasi NRR dan tipe tertentu harus dilakukan untuk dapat mengurangi paparan kebisingan secara lebih terukur. Melalui upaya-upaya tersebut diharapkan paparan kebisingan dapat ditekan hingga aman bagi pekerja. Selanjutnya durasi penggunaan alat yang diizinkan dapat didasarkan pada perhitungan dengan paparan getaran.

#### 4.5 Langkah Pengendalian Paparan Getaran dan Kebisingan

Pada subbab sebelumnya telah dijelaskan bahwa, berdasarkan *EU physical agent (vibration) directive* diperlukan tindakan meminimalisasi nilai paparan, meminimalisasi resiko, dan melakukan pemantauan kesehatan pekerja saat nilai A(8) (paparan getaran ekuivalen harian) telah mencapai *exposure action value*. Kondisi seperti ini terjadi pada pekerja spesialis perkayuan sehingga diperlukan langkah-langkah diatas untuk mengendalikan getaran yang diterima pekerja. Pada kelompok pekerja pemasang keramik saat berada dalam aktifitas utama memasang keramik, nilai A(8) yang diterima pekerja telah melebihi ELV sehingga diperlukan upaya mengurangi nilai paparan getaran hingga dibawah ELV sesegera mungkin.

Berdasarkan OSHA, diperlukan segera pengendalian teknis dan pengendalian administrasi yang layak disamping dengan penggunaan alat pelindung dengar untuk mengurangi paparan kebisingan bagi pekerja yang menerima dosis kebisingan harian mencapai 100% atau lebih. Langkah-langkah tersebut diperlukan bagi kedua kelompok pekerja pada pembangunan Apartemen Seasons City karena dosis kebisingan yang mereka terima telah melebihi 100% dalam satu hari kerja.

Langkah-langkah pengendalian paparan getaran lengan tangan dan kebisingan yang dilakukan tentunya harus mengikuti proses yang sama seperti langkah mengendalikan bahaya (*hazards*) lainnya antara lain dengan mengimplementasikan pengendalian teknis (*engineering controls*) sebagai pendekatan pertama, diikuti dengan pengendalian administrasi (*administrative controls*), dan selanjutnya penggunaan Alat Pelindung diri (*personal protective equipment*). Langkah-langkah pengendalian paparan getaran lengan tangan dan kebisingan dari *portable power tools* juga disajikan dalam bentuk guidelines training safety bagi pekerja (lihat lampiran 4). Beberapa tindakan yang direkomendasikan oleh NIOSH, Uni Eropa (*European Union*) melalui “EU HAV Good Practice Guide”, dan beberapa literatur lainnya untuk mengurangi dan mengontrol paparan getaran dan kebisingan akibat penggunaan *power tools* serta membantu mengidentifikasi HAVS (*hand arm vibration syndrome*) dan gejala kehilangan pendengaran sedini mungkin adalah sebagai berikut:



#### 4.5.1 Pengendalian Teknis (*Engineering Control*)

##### 4.5.1.1. Melakukan Pemilihan Alat Kerja

Memilih alat kerja yang sesuai dan efisien untuk suatu pekerjaan adalah penting. Penggunaan peralatan kerja yang tidak sesuai umumnya membutuhkan waktu yang lebih lama dalam menyelesaikan suatu pekerjaan sehingga pekerja terpajan getaran dan kebisingan lebih lama dari yang dibutuhkan. Pada saat memilih alat perlu pula diperhatikan mengenai faktor ergonomi dan hazard lain yang mungkin timbul seperti:

- a. Berat alat
- b. Disain dan kenyamanan pegangan
- c. *Grip force*
- d. Kemudahan pada saat digunakan dan dibawa
- e. Debu yang dihasilkan oleh permukaan grip
- f. Debu

Selain itu, pemilihan aksesoris pada peralatan seperti jenis mata pisau pada bor tangan untuk suatu operasi dapat berpengaruh pada pajanan getaran. Penggunaan aksesoris yang tepat tentunya dapat mengurangi pajanan. Hal ini telah dilakukan oleh pekerja spesialis perkayuan dimana mereka mengganti mata bor yang digunakan untuk operasi yang berbeda.

Seringkali, masalah kebisingan yang potensial dapat dihindari dengan memilih peralatan yang berkualitas lebih baik sehingga pajanan kebisingan yang diterima lebih kecil. Hal ini seringkali lebih ekonomis dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan untuk pengendalian kebisingan. Pada kasus ini peralatan yang digunakan oleh pekerja tidak disediakan oleh perusahaan, melainkan kepunyaan pribadi pekerja. Oleh sebab itu perusahaan terutama mandor sebaiknya menganjurkan kepada pekerja untuk memilih peralatan yang berkualitas. Peralatan berkualitas selain memiliki ketahanan yang lebih lama juga dapat menghindari mereka dari bahaya kebisingan.

##### 4.5.1.2 Menambah Peredam Diantara Tangan dan Alat

Membalut pegangan alat dengan karet atau material yang ulet (*resilient material*) dapat meningkatkan kenyamanan namun tidak dapat mengurangi

getaran pada frekuensi yang dominan secara signifikan. Pengurangan pajanan getaran dapat dilakukan dengan menambahkan peredam diantara tangan dan alat atau *anti-vibration handle* sesuai dengan yang direkomendasikan oleh perusahaan pembuat alat tersebut. Pemilihan *resilient material* dan penggunaan *anti-vibration handle* yang tidak tepat dapat meningkatkan pajanan getaran yang diterima. Semakin kecil getaran yang timbul, maka kebisingan yang timbul juga berkurang.

#### 4.5.1.3 Pemeliharaan Alat yang Tepat

Merawat *power tools* dan perlengkapan kerja lainnya secara teratur seringkali dapat meminimalisasi pajanan getaran dan kebisingan yang dihasilkan. Oleh sebab itu perlu dilakukan beberapa langkah perawatan seperti dibawah ini

- a. Jaga alat pemotong tetap tajam (alat serut & gerinda)
- b. Pasang roda gerinda secara benar mengikuti rekomendasi dari pembuatnya
- c. Lumasi setiap bagian yang bergerak (*moving part*) sesuai dengan rekomendasi dari pembuatnya
- d. Ganti bagian yang rusak
- e. Ganti *anti-vibration mount* dan *suspended handle* sebelum memburuknya kerusakan. (perhatikan kerusakan atau pecah, membengkak dan mengurang, atau mengerasnya bantalan karet)
- f. Periksa dan ganti kecacatan pada peredam getar, *bearing*, dan *gear*.
- g. Tajamkan mata bor
- h. Penyetelan atau perbaikan mesin (misalnya pada alat serut)

Karena pada dasarnya peralatan yang aman dari segi level pajanan yang dihasilkannya dapat pula menghasilkan level pajanan yang meningkat dari waktu ke waktu, program pemeliharaan yang dibuat harus dapat memastikan bahwa *power tools* telah dipelihara dengan tepat sesuai dengan rekomendasi dari pembuatnya dan waktu pemakaiannya.

#### 4.5.2 Pengawasan Kesehatan (*Health surveillance*)

Pekerja harus mendapatkan pengawasan kesehatan yang sesuai dimana hasil penilaian terhadap resiko menunjukkan adanya resiko bagi kesehatan pekerja.

Pengawasan kesehatan harus dilakukan terhadap pekerja yang beresiko terkena cedera akibat getaran (*vibration injury*) dan kebisingan, dimana:

- a. Paparan getaran dan kebisingan terhadap pekerja dapat dikaitkan antara paparan dengan penyakit yang dapat diidentifikasi atau efek bagi kesehatan
- b. Hal ini memungkinkan penyakit/ efek kesehatan terjadi akibat kondisi kerja.
- c. Adanya teknik pengujian untuk mendeteksi penyakit atau akibat buruk terhadap kesehatan

Pekerja dengan paparan getaran harian yang melebihi *action value* menandakan tepatnya pengawasan kesehatan untuk dilakukan.

#### 4.5.3 Pengendalian Administrasi (*Administrative Control*)

Pengendalian administrasi dapat dilakukan diantaranya melalui pengaturan jadwal kerja dengan:

- a. Membatasi operasi kerja atau jam kerja sesuai dengan durasi paparan getaran dan kebisingan yang diizinkan. Dalam hal ini, sebaiknya pekerja dilarang untuk terpapar getaran dalam waktu yang lama secara terus menerus.

Seperti penjelasan pada subbab sebelumnya, membatasi operasi kerja hingga ke batas aman (durasi paparan yang diizinkan) berdasarkan paparan kebisingan tidak dapat dilakukan karena durasi yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah sangat kecil. Jika hal ini diaplikasikan tentunya dapat mengurangi produktivitas pekerja konstruksi. Oleh sebab itu, melalui pengendalian kebisingan terutama penggunaan pelindung dengar (dijelaskan pada subbab berikutnya) maka pengendalian administrasi dapat dilakukan dengan membatasi operasi kerja sesuai dengan paparan getaran.

**Tabel 4.25** Durasi Maksimum Penggunaan *Power Tools* Berdasarkan Paparan Getaran pada Kondisi Aktual

No	Grup pekerja	Power tools	Material kerja	Durasi			Jumlah siklus
				Jam	Menit	Detik	
1	Pemasang keramik	Gerinda	Keramik	5	2	20	302
2	Spesialis perkayuan	Alat Serut	Pintu/ kusen (mahoni)	0	40	14	6
		Bor Tangan	Baut	0	17	53	134
			Pintu/ kusen (mahoni)	0	35	46	134
			Dinding	0	17	53	67

Berdasarkan tabel 4.25 tiap pekerja pemasang keramik dapat melakukan paling banyak 302 kali operasi pemotongan keramik atau maksimal selama 5 jam 2 menit 20 detik. Pada pekerja spesialis perkayuan, mereka akan terlindung dari pajanan getaran yang membahayakan ketika menyelesaikan pemasangan maksimal 6 buah pintu per hari (134 kali memasang baut & mengebor pintu, 67 kali mengebor dinding) dengan durasi waktu seperti yang ditunjukkan oleh tabel diatas.

b. Merotasi pekerjaan

Rotasi pekerjaan perlu dilakukan bagi kelompok pekerja pemasang keramik. Pada kondisi aktual pekerja pemasang keramik memotong 500 buah keramik per hari (12 jam kerja). Dalam bekerja umumnya mereka berpasangan. Namun hanya orang tertentu yang bertugas memotong keramik sedangkan yang lainnya bertugas memasang keramik atau mengaduk semen. Dalam hal ini untuk tetap mempertahankan produktifitas hingga sama seperti kondisi awal maka diperlukan upaya rotasi pekerjaan. Satu orang pekerja dibatasi untuk hanya melakukan operasi pemotongan paling banyak 302 keramik dan setelah itu rotasi tugas memotong keramik perlu dilakukan dengan pasangan kerja mereka. Akan menjadi lebih baik lagi jika operasi pemotongan keramik dibagi sama rata sehingga satu orang pekerja memotong 250 keramik perhari.

Bagi pekerja spesialis perkayuan, rotasi pekerjaan tidak perlu dilakukan. Hal ini disebabkan pada kondisi aktual pekerja menyelesaikan pemasangan 4 buah pintu sedangkan durasi pajanan yang diizinkan adalah maksimum saat mereka telah menyelesaikan 6 kali pemasangan pintu.

Dalam mengimplementasikan pengendalian administrasi, harus dapat dipastikan pula bahwa pola kerja yang baru akan diawasi secara tepat sehingga dapat dipastikan bahwa pekerja mengikuti jadwal yang telah dibuat dan tidak kembali kepada pola kerja yang lama. Jika pekerja dibayar sesuai hasil (pekerja dengan kontrak borongan) sistem kerja yang dibuat harus dapat mencegah pekerja bekerja secara intensif dengan waktu lembur yang berlebihan dan istirahat terhadap pajanan getaran yang singkat agar total pajanan yang diterima tidak melebihi ambang batas.

#### 4.5.4 Pendidikan & Pelatihan Kerja (*Worker Education & Work Practice*)

Pelatihan tambahan harus dilakukan misalnya untuk mengurangi pajanan getaran, penggunaan pakaian yang sesuai untuk menjaga suhu tubuh tetap stabil dan normal, karena temperatur tubuh yang rendah mengurangi aliran darah sampai kepada tahap yang parah dan hal ini dapat memicu serangan HAVS.

Pengetahuan yang penting diberikan baik bagi pekerja, mandor, maupun supervisor adalah sebagai berikut:

- a. Potensi gangguan kesehatan yang dapat timbul terkait dengan penggunaan *power tools*
- b. Standar NAB getaran & kebisingan

Hasil dari pengukuran maupun penilaian resiko dari pajanan getaran dan kebisingan. Dalam hal ini pekerja sebaiknya diinformasikan mengenai batas waktu penggunaan maupun jumlah operasi kerja yang aman perhari. Mungkin *tools* dapat diberi label atau kode warna yang menyatakan waktu penggunaan yang aman (*safe usage time*)

- c. Pengendalian yang akan dilakukan untuk menghilangkan atau mengurangi resiko getaran lengan tangan dan kebisingan.

Perlu dilakukannya konsultasi dan pemberitahuan kepada pekerja maupun perwakilannya mengenai pengimplementasian tindakan pengendalian getaran lengan tangan dan kebisingan. Hal ini ditujukan untuk membentuk kerjasama dengan pekerja sehingga program pengendalian akan efektif.

- d. Melakukan pekerjaan secara aman untuk meminimalisasi pajanan getaran mekanis.

Pekerja harus diberi pelatihan mengenai teknik bekerja, misalnya:

- Menghindari sikap menggenggam yang terlampau kuat, menekan dan mengeluarkan tenaga berlebih.  
Hal ini telah diujikan pada pekerja pemasang keramik dimana pekerja yang baru menggunakan gerinda umumnya akan menggenggam alat tersebut lebih kuat sehingga getaran yang mereka terima lebih besar.
- Memastikan peralatan dioperasikan secara aman dengan efisiensi yang optimal.

- Pada beberapa alat, tangan pekerja harus berada pada lokasi yang tepat untuk menghindari peningkatan pajanan getaran
- e. Mengapa dan bagaimana cara mendeteksi terjadinya gangguan kesehatan
- f. Keadaan dimana pekerja patut mendapatkan pengawasan kesehatan.

Pelatihan dan pengawasan dibutuhkan untuk memastikan pekerja terlindungi dari berkembangnya penyakit terkait getaran. Mereka juga harus didorong untuk melaporkan gejala yang terkait dengan getaran akibat penggunaan *power tools*, dll. Jika pekerja telah ambil bagian dari pengawasan kesehatan, diskusi langsung mengenai bahaya getaran dan bagaimana mengurangi resiko gangguan kesehatan dapat dilakukan.

- g. Training untuk mengenali saat dimana peralatan membutuhkan pemeliharaan dan pentingnya untuk segera melakukan tindakan tersebut

Bagi pekerja konstruksi baik pekerja spesialis perkayuan maupun pekerja pemasang keramik umumnya mereka telah paham mengenai aktifitas pemeliharaan yang tepat. Namun kesadaran mereka untuk segera melakukan tindakan tersebut masih rendah disebabkan karena masalah biaya dan keterbatasan waktu. Pada saat ini peran mandor sangat dibutuhkan untuk membantu mengingatkan pekerja.

Selain itu pekerja harus diberi pengetahuan mengenai pengaruh dari aktifitas diluar pekerjaan yang juga dapat menimbulkan resiko terhadap kesehatan mereka. Pekerja sebaiknya dianjurkan untuk berhenti atau mengurangi merokok, yang dapat merusak sirkulasi darah. Pekerja harus pula waspada pada penggunaan *power tools* pekerjaan yang mereka lakukan dirumah atau aktivitas lainnya seperti mengendarai sepeda motor yang juga akan menambah pajanan getaran harian yang diterima dan juga meningkatkan risiko dari berkembangnya gangguan kesehatan akibat getaran.

#### 4.5.5 Penggunaan Alat Pelindung Diri (*Personal Protective Equipment*)

##### 4.5.5.1 Alat Pelindung Getaran

Penggunaan sarung tangan anti getar dapat dijadikan suatu langkah untuk mengurangi pajanan getaran yang diterima. Sarung tangan yang dipasarkan sebagai sarung tangan anti getar harus menyertakan tanda CE. Hal ini

mengindikasikan bahwa sarung tangan tersebut telah diujikan dan memenuhi standar EN ISO 10819:1997. ISO 10819 menyatakan pula bahwa suatu sarung tangan dapat dikatakan sebagai sarung tangan anti getar yang sesuai standar jika bagian jari-jari pada sarung tangan memiliki bahan (material maupun ketebalan) yang sama dengan bagian sarung tangan yang melindungi telapak tangan. Bagaimanapun standar ini tidak menyertakan detail data performa dari sarung tangan sehingga harus diperhatikan pula apakah perlindungan yang ditawarkan oleh sarung tangan anti getar telah memenuhi standar *personal protective equipment* pada *work directive* 1992.



**Gambar 4.12** Sarung Tangan Anti Getar dan Logo CE

sumber: <http://www.cpwconstructionssolutions.org/masonry/solution/110/anti-vibration-gloves.html>,  
<http://international.iteem.ec-lille.fr/europe/my-mission-create-a-new-common-range-of-products-for-the-group/attachment/ce/>

Sarung tangan anti getar tidak memberikan penurunan resiko yang signifikan pada frekuensi dibawah 150Hz (9000 revs per menit). Hal ini berarti untuk sebagian besar *portable power tools*, pengurangan nilai frekuensi getaran yang diberikan oleh sarung tangan anti getar tidak berarti besar.

Sarung tangan anti getar dapat memberikan penurunan resiko untuk peralatan yang dioperasikan pada kecepatan putaran yang tinggi (atau menghasilkan getaran pada frekuensi tinggi) dan memiliki grip yang ringan. Bagaimanapun resiko yang dikurangi tidak dapat dihitung dengan mudah sehingga perlindungan terhadap paparan getaran lengan dan tangan tidak dapat sepenuhnya bergantung pada penggunaan sarung tangan anti getar. Walaupun penggunaan sarung tangan saja tidak direkomendasikan sebagai metode untuk mereduksi getaran yang ditransfer ke tangan, sarung tangan akan membantu

menjaga kehangatan tangan, yang mana dapat membantu mengurangi kegawatan dari HAVS.

#### 4.5.5.2 Alat Pelindung Pendengaran

Alat pelindung dengar personal (atau pelindung dengar) adalah suatu alat yang dirancang untuk mengurangi level suara yang sampai ke gendang telinga (NIOSH, 1998). Dalam memilih alat pelindung dengar terdapat dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu tipe alat pelindung dengar (*type of hearing protection*) dan pengukuran terhadap alat pelindung dengar (*hearing protection measurement*).

##### a. Tipe alat pelindung dengar

Beberapa jenis pelindung dengar antara lain *earplug*, *earmuff*, dan *ear canal cups* (disebut juga *semi-insert*). Beberapa kategori pelindung dengar saat ini telah berkembang misalnya earplug yang dibagi menjadi sub kategori *compressible*, (seperti *silicon* dan *spun mineral fiber*), *premolded*, *custom molded earplug* dan *canal caps*.



**Gambar 4.13** *Earplug* dan *Earmuff*

sumber: [http://www.labsafety.in/ear\\_protection.html](http://www.labsafety.in/ear_protection.html),

[http://www.soundonsound.com/sos/jun05/articles/qa0605\\_2.htm](http://www.soundonsound.com/sos/jun05/articles/qa0605_2.htm),

[http://www.pistolaccents.com/Radians-Custom-Molded-Earplugs\\_p\\_524.html](http://www.pistolaccents.com/Radians-Custom-Molded-Earplugs_p_524.html)

**Universitas Indonesia**



Berdasarkan kondisi lingkungan kerja pada proyek pembangunan apartemen seasons city tower B, penilaian mengenai kategori pemilihan alat pelindung dengar ditunjukkan oleh tabel 4.24. Dari tabel tersebut dapat kita lihat bahwa *earplug* dengan subkategori *premoulded earplug* memperoleh *weighted score* yang terbesar dan dapat dipilih untuk digunakan oleh pekerja konstruksi pada pembangunan apartemen Seasons City pada tower B. Keunggulan dari *earplug* jenis ini adalah karena *premoulded earplug* mudah digunakan secara tepat dan tidak membutuhkan custom-fitting karena bentuknya telah sesuai dengan diameter kanal telinga dan tersedia dalam berbagai macam ukuran. Selain itu resiko infeksi yang ditimbulkan oleh *premoulded earplug* lebih rendah dari *formable earplug* dengan harga yang cukup terjangkau. Kelebihan dan kekurangan dari masing-masing tipe pelindung dengar dari berbagai sumber selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5. Namun, pada penggunaan *premoulded earplug* instruksi dan training mengenai cara penggunaan alat yang baik dan benar, kebersihan tangan sewaktu memasang alat, dan pentingnya menjaga *earplug* agar tetap bersih sehingga perlu tetap dilakukan. Hal ini selain dapat memaksimalkan perlindungan terhadap pajanan kebisingan juga ditujukan agar *earplug* tersebut dapat digunakan secara berulang.

Tabel 4.26 Competitive Profile Matrix bagi Alat Pelindung Dengar

Critical success Factor	weight 0.0 to 1.0	Jenis pelindung dengar												
		Earplug			custom moulded			semi inserted-earplug		earmuff				
		compressible		premoulded	rating 1 to 4		weighted score	rating 1 to 4		weighted score	rating 1 to 4		weighted score	
		rating 1 to 4	weighted score	rating 1 to 4	weighted score	rating 1 to 4	weighted score	rating 1 to 4	weighted score	rating 1 to 4	weighted score	rating 1 to 4	weighted score	
efektif melindungi dari kebisingan	0.12	3	0.36	2	0.24	2	0.24	2	0.24	4	0.48	4	0.48	
kenyamanan: udara panas dll	0.12	4	0.48	4	0.48	4	0.48	4	0.48	4	0.48	1	0.12	
resiko infeksi	0.12	1	0.12	3	0.36	3	0.36	3	0.36	3	0.36	4	0.48	
mudah digunakan secara baik	0.12	1	0.12	3	0.36	3	0.36	3	0.36	3	0.36	4	0.48	
kemudahan untuk pas ( <i>easy of fit</i> )	0.12	3	0.36	2	0.24	4	0.48	2	0.24	2	0.24	4	0.48	
tidak membutuhkan <i>custom-fitting</i>	0.12	4	0.48	4	0.48	1	0.12	4	0.48	4	0.48	3	0.36	
kesesuaian dengan APD lain	0.1	4	0.4	4	0.4	4	0.4	4	0.4	4	0.4	1	0.1	
daya tahan	0.08	1	0.08	2	0.16	3	0.24	2	0.16	2	0.16	4	0.32	
mudah dibawa	0.05	4	0.2	4	0.2	4	0.2	4	0.2	3	0.15	1	0.05	
harga	0.05	4	0.2	3	0.15	1	0.05	2	0.1	2	0.1	1	0.05	
Total	1	2.8			3.07			2.93			2.97		2.92	

b. Pengukuran terhadap alat pelindung dengar

Pada penelitian ini, pengukuran terhadap alat pelindung dengar dilakukan melalui sistem rating menggunakan Noise Reduction Rating (NRR). NRR adalah suatu metode penomoran tunggal (*single number*) yang mencoba menggambarkan pelindung dengar berdasarkan seberapa banyak keseluruhan level kebisingan yang dapat dikurangi oleh pelindung dengar tersebut (Gerges, Vedsmann, dan Lester, n.d). Jika *sound pressure level* dari kebisingan diukur dengan satuan decibel pada skala pembobotan C (C-weighted scale), maka level kebisingan yang akan diterima penggunaannya adalah *sound pressure level* dalam satuan dBC dikurangi NRR. Jika *sound pressure level* dari kebisingan diukur dalam dBA, maka level pajanan suara sepadan dengan *sound level* (dalam dBA) ditambah 7 dikurangi NRR. Menurut OSHA (1983), nilai +7 diikutsertakan untuk menyesuaikan “*spectral uncertainty*” (Sanders dan McCormick, 1993). Perhitungan NRR yang tepat untuk alat pelindung diri yang akan digunakan pekerja spesialis perkayuan dan pekerja pemasang keramik adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.27** NRR Pelindung Dengar bagi Pekerja Pemasang Keramik

NRR	Pemasangan			Perbaikan
	500 pc/ hari	302 pc/ hari	250 pc/ hari	25 pc/ hari
	TWA 104.25	TWA 102.06	TWA 101.24	TWA 89.53
normal	26	24	23	11
50%	53	48	47	23
80%	33	30	29	14

**Tabel 4.28** NRR Pelindung Dengar bagi Pekerja Spesialis Perkayuan

NRR untuk TWA 90.42	
Normal	13
50%	25
80%	16

Dalam kehidupan sehari-hari pekerja sering kali tidak menggunakan pelindung secara benar. Hal ini menyebabkan dalam beberapa kali pengujian kemampuan pelindung dengar dalam mereduksi pajanan kebisingan pada kondisi nyata seringkali kurang dari nilai yang diperoleh dari pengujian laboratorium. Berdasarkan hal tersebut, OSHA merekomendasikan agar mengurangi nilai NRR yang diberikan oleh pembuatnya (tertera dalam kemasan) menjadi setengah kalinya. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari dokter spesialis okupasi FKUI, kemampuan pelindung dengar yaitu  $\pm 50 - 80\%$  dari nilai NRR yang dimilikinya.

Nilai NRR bagi kedua kelompok pekerja dihitung berdasarkan kedua pendapat diatas. Bagi kelompok pekerja pemasang keramik, hasil perhitungan NRR yang terdapat pada tabel 4.27 menunjukkan bahwa saat aktifitas perbaikan pekerja dianjurkan menggunakan pelindung dengar dengan NRR sebesar 14 – 23 dBA. Pada aktifitas pemasangan, jika pengendalian administrasi bagi pajanan getaran (maksimum menggunakan gerinda selama 5 jam 2 menit 20 detik atau 302 kali siklus kerja) dilakukan pekerja sebaiknya menggunakan *earplug* dengan NRR 30 - 48 dBA. Namun jika rotasi pekerja dilakukan secara sempurna dan tiap pekerja memotong 250 keramik, *earplug* dengan NRR 29 - 47 dBA yang sebaiknya digunakan. Seperti yang kita ketahui, maksimum NRR yang dimiliki pelindung dengar saat ini adalah 33 dBA. Oleh sebab itu diperlukan cara pemakaian pelindung dengar yang baik dan benar agar pekerja pemasang keramik dapat terlindung dari kebisingan dengan hanya menggunakan pelindung ber NRR maksimal 33 dBA.

Bagi kelompok pekerja spesialis perkayuan NRR bagi pelindung dengar yang direkomendasikan yaitu antara 16 – 25 dBA saat mereka mengerjakan 4 pintu per hari seperti pada kondisi aktual. Namun, jika mereka akan menyelesaikan 6 pintu perhari seperti batas maksimum siklus kerja yang telah dihitung sebelumnya maka NRR bagi pelindung dengar yang direkomendasikan yaitu antara 18 – 29 dBA.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya kemudian dapat diperoleh beberapa kesimpulan diantaranya,

1. Hasil pengolahan data dan analisis menunjukkan bahwa level pajanan getaran ekuivalen secara kontinu dalam 8 jam atau A(8) pada kondisi aktual sebesar  $5.14 \text{ m/s}^2$  bagi penggunaan gerinda oleh pekerja pemasang keramik. Sehingga diketahui bahwa penggunaan gerinda untuk operasi pemotongan keramik telah melebihi batas maksimum (ELV) pajanan getaran ekuivalen harian sebesar  $4 \text{ m/s}^2$  dan memperoleh kode warna merah. Hal ini mengindikasikan bahwa operasi tersebut dapat menyebabkan timbulnya penyakit atau gangguan kesehatan bagi pekerja yang melakukannya. Berdasarkan *EU physical agent (vibration) directive*, jika pajanan getaran ekuivalen yang diterima pekerja telah melebihi ELV maka diperlukan upaya mengurangi nilai pajanan getaran hingga dibawah ELV sesegera mungkin.

Sedangkan dari penggunaan alat serut dan bor tangan untuk 4 jenis operasi yang dilakukan pekerja spesialis perkayuan diperoleh nilai A(8) sebesar  $2.98 \text{ m/s}^2$  dengan kode warna kuning. Kode ini mengindikasikan bahwa nilai A(8) berada diatas batas waspada ( $2 \text{ m/s}^2$ ) dan perlu dilakukannya tindakan mengurangi pajanan getaran dan resiko yang ditimbulkannya bersama dengan dilakukannya aktifitas pengawasan terhadap kesehatan pekerja (*health surveillance*).

2. Diperoleh nilai dosis kebisingan harian yang melebihi 100% atau diatas level pajanan yang diizinkan (kode warna merah) bagi kedua kelompok pekerja. Pekerja pemasang keramik dan pekerja spesialis perkayuan menerima dosis kebisingan sebesar 8421.05% dan 348.39%. Berdasarkan hasil tersebut maka diperlukan pengendalian teknis dan pengendalian administrasi untuk mengurangi pajanan kebisingan yang diterima pekerja dengan disertai penggunaan alat pelindung dengar.

3. Papanan kebisingan yang ditimbulkan oleh *portable power tools* adalah lebih dominan dibandingkan papanan getaran lengan dan tangan. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil perhitungan durasi penggunaan *portable power tools* yang aman dimana nilai yang lebih kecil diperoleh dari perhitungan berdasarkan papanan kebisingan. Selain itu, perbandingan hasil perhitungan dosis kebisingan harian dan level papanan getaran ekuivalen harian juga menunjukkan hal tersebut. Dosis kebisingan yang diterima pekerja lebih besar beberapa kali lipat dibandingkan dengan maksimum dosis kebisingan (100%) dan kedua kelompok pekerja telah menerima dosis kebisingan melebihi batas aman. Sedangkan level papanan getaran ekuivalen harian yang diterima pekerja pemasang keramik nilainya tidak terlampaui jauh melebihi ambang batas maksimum dan bagi pekerja pemasang spesialis perkayuan nilai tersebut masih berada dalam batas waspada.
4. Salah satu langkah pengendalian administrasi dari papanan getaran dan kebisingan adalah dengan membatasi operasi kerja atau jam kerja sesuai dengan durasi papanan yang diizinkan. Dari penelitian ini kemudian diperoleh durasi penggunaan *power tools* untuk suatu operasi spesifik yang diizinkan (tidak membahayakan kesehatan pekerja) berdasarkan NAB getaran dan kebisingan. Berdasarkan perhitungan diperoleh bahwa pengendalian dengan membatasi operasi kerja seharusnya dilakukan sesuai dengan perhitungan dari papanan kebisingan. Hal ini disebabkan durasi penggunaan alat dari papanan kebisingan jauh lebih kecil sehingga akan dapat melindungi pekerja secara maksimal. Namun dengan menerapkan hal tersebut maka produktivitas pekerja akan menurun drastis.
5. Adapun durasi maksimum penggunaan *power tools* yang paling optimal dan tanpa mengakibatkan gangguan kesehatan bagi kedua kelompok pekerja pada proyek pembangunan Apartemen Seasons City adalah durasi yang dihitung berdasarkan nilai papanan getaran, yaitu:
  - a. Gerinda untuk memotong keramik : 5 jam 2 menit 20 detik
  - b. Alat serut untuk menyerut kayu mahoni : 17 menit 53 detik
  - c. Bor tangan untuk memasang baut : 5 jam 2 menit 20 detik
  - d. Bor tangan untuk mengebor kayu mahoni : 17 menit 53 detik

e. Bor tangan untuk mengebor dinding : 17 menit 53 detik

Namun hal ini dapat diaplikasikan bila diimbangi dengan langkah pengendalian getaran dan kebisingan lainnya terutama penggunaan alat pelindung dengar. Alat pelindung dengar terbaik bagi kedua kelompok pekerja yaitu dari jenis *pre moulded earplug* dengan NRR 33 dB(A) untuk pekerja pemasang keramik dan NRR 16-25 dB(A) untuk pekerja spesialis perkayuan.

## 5.2 Saran

Manusia pada dasarnya selalu memiliki keinginan untuk mengeksplorasi, membangun, dan membuat sesuatu untuk keberlangsungan hidupnya. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan tersebut dan berkembangnya teknologi maka berbagai jenis *power tools* mulai diciptakan dan digunakan secara luas baik terutama pada saat bekerja. Berdasarkan hal tersebut studi yang mendalam tentang pajanan getaran dan kebisingan perlu dilakukan terhadap berbagai jenis *power tools* lainnya dan berbagai operasi kerja yang dilakukan dengan alat tersebut.

Terdapatnya variabel lain disamping pajanan getaran dan kebisingan yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan pada pekerja konstruksi terkait penggunaan *power tools*. Postur pada saat bekerja dan adanya aktifitas berat lainnya merupakan variabel yang perlu dikaji secara lebih dalam agar dapat optimal melindungi kesehatan pekerja. Selain itu, jika memungkinkan dapat dilakukan langkah pengukuran yang lebih teliti untuk menentukan waktu interaksi aktual dengan *power tools* misalnya dengan menggunakan metode *time study*.

Selanjutnya eksplorasi atau studi yang lebih dalam pada penggunaan *human vibration meter* sebagai alat ukur getaran perlu dilakukan. Hal ini terkait dengan banyaknya variabel-variabel atau setting yang dibutuhkan saat menggunakan alat.

Langkah-langkah lebih dalam untuk mengurangi pajanan getaran dan kebisingan perlu lebih di eksplorasi. Selain dapat meningkatkan produktifitas pekerja, dengan menerapkan langkah-langkah tersebut maka kesehatan pekerja menjadi lebih terjaga.

## DAFTAR REFERENSI

- Bridger, R.S. (2005). *Introduction to Ergonomics* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Taylor & Francis.
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2008). *Ergonomics for Beginners: a quick reference guide* (3<sup>rd</sup> ed.). London: CRC Press.
- Elsberry, Richard B. (2003, December). No 'good vibrations' from vibratory hand tools. *Electrical Apparatus*, 56(12), 33-34. Retrieved February 23, 2011, from ABI/INFORM Global. (Document ID: 499389911).
- European Union. (2006). *EU Good Practice Guide HAV: Guide to Good Practice on Hand Arm- Vibration*. Europe: Author.
- Fernandez, M.D., Quintana, S., Chavarria, N., & Ballesteros, J.A. (2008). Noise exposure of workers of the construction sector. *Journal of Applied Acoustics*, 70, 753-760.
- Gerges, S.N.Y., Veldsman, L., & Lester, H. (n.d). *Personal Measures and Hearing Conservation*. May 19, 2011.  
[http://www.who.int/occupational\\_health/publications/noise11.pdf](http://www.who.int/occupational_health/publications/noise11.pdf)
- Hagler, Louis. (n.d). *Summary of Adverse Health effect of Noise Pollution: Based on the World Health Organization Guideline for Community Noise*. March 17, 2011. <http://www.noiseoff.org/document/who.summary.pdf>
- HAVS: Are Vibration-Reducing Gloves the Answer? (2004, February). *Safety Compliance Letter*,(2438), 5. Retrieved February 23, 2011, from ABI/INFORM Trade & Industry. (Document ID: 919250191).
- House, R., Sauv e, J., & Jiang, D.. (2010). Noise-induced hearing loss in construction workers being assessed for hand-arm vibration syndrome. *Canadian Journal of Public Health*, 101(3), 226-9. Retrieved February 22, 2011, from Academic Research Library. (Document ID: 2092546661).
- ILO (n.d). *Hand-Transmitted Vibration*. Februari 16, 2010.  
[http://www.ilo.org/safework\\_bookshelf/english?print&nd=857170491](http://www.ilo.org/safework_bookshelf/english?print&nd=857170491)



- Janicak, Christopher A. (2004). Preventing HAVS in the workplace. *Professional Safety*, 49(1), 35-40. Retrieved February 23, 2011, from ABI/INFORM Global. (Document ID: 525024801).
- Kaewboonchoo, O., Yamamoto, H., Miyai, N., Mirbod, S.M., Mirioka, I., & Miyashita, K. (1998). The standardized nordic questionnaire applied to workers exposed to hand-arm vibration. *Journal of Occupational Health*, 40, 218-222.
- Madison, T. (2010). How much is enough? calculating your noise reduction needs. *ISHN*, 44(10), 52,54. Retrieved January 2, 2011, from ABI/INFORM Trade & Industry. (Document ID: 2162667361).
- Mansfield, Neil J. (2003, July). *The European Physical Agents (Vibration) Directive: Can the Demolition and Quarrying Industries Comply?*. Paper Presented at the 11th Japan Group Meeting on Human Response to Vibration 2003, Asahikawa, Japan.
- Mansfield, Neil J (2005). *Human Response to Vibration*. Boca Raton: CRC Press.
- NIDCD (n.d). *Ten ways to recognize hearing loss*. February, 22 2011. <http://www.nidcd.nih.gov/staticresources/health/hearing/10w.pdf>
- NIOSH (1998, June). *Criteria for a Recommended Standard: Occupational Noise Exposures*. May, 19 2011. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/chap6.html>
- NIOSH (2004, October). *The NIOSH Compendium of Hearing Protection Devices*. May, 23 2011. <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/95-105.pdf>
- Occupational Safety and Health Administration. (2002). *Hand and Power Tools*. Washington, DC: Author.
- PC Environmental Ltd. (n.d). *Larson Davis Model HVM 100 Human Vibration Meter Quick Start Guide*. Southampton: Author.
- PCB Piezotronics, Inc. (2009). *Blaze for HVM 100: Industrial Hygiene Software Technical Reference Manual*. Utah: Author.

- PCB Piezotronics, Inc. (2009). *Model HVM 100: Human Vibration Meter Technical Reference Manual*. Utah: Author.
- Preventex (2001, August). *Hearing Protection: Earmuffs or Earplugs?*. May 24, 2011. [http://www.preventex.qc.ca/documentation/en/hearing\\_prot.pdf](http://www.preventex.qc.ca/documentation/en/hearing_prot.pdf)
- Purna, Ibnu. (2011). Percepatan Pelaksanaan Pembangunan Nasional 2010. Februari 20, 2011. Sekretariat Negara Republik Indonesia. <http://www.setneg.go.id/index.php>
- Queensland Environmental Protection Agency. (2000). *Noise Measurement Manual* (3<sup>rd</sup> ed.). Queensland: Author.
- Sanders, Mark & McCormick, Ernest. (1993). *Human Factors in Engineering and Design* (7<sup>th</sup> ed.). New York: McGraw-Hill, Inc.
- Selwyn, B.. (2010). Noise Measurement & Control. *Professional Safety*, 55(5), 16-18. Retrieved December 27, 2010, from ABI/INFORM Global. (Document ID: 2036768111).
- Singh, L.P., Bhardwaj, A., Deepak, K.K., & Bedi, R. (2009). Occupational noise exposure in small scale hand tools manufacturing (forging) industry (SSI) in Northern India. *Journal of Industrial Health*, 47, 423–430.
- Smith, S L. (1997, January). The "other" effects of noise. *Occupational Hazards*, 59(1), 79-81. Retrieved December 26, 2010, from ABI/INFORM Global. (Document ID: 10841680).
- Sound Advice Note 5*. (2007). May 24, 2011. <http://www.soundadvice.info/thewholestory/san5.htm>
- Suhardi, Bambang (2008). *Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi Industri*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional
- Wolcott, Cliff. (2004, September). Bad vibrations: hand-arm vibration exposure and HAVS prevention. *Occupational Hazards*, 66(9), 77-80. Retrieved February 18, 2011, from ABI/INFORM Global. (Document ID: 694889341)


**Kuisisioner Mengenai Analisis Getaran dan Kebisingan dari *Portable Power Tools***

Saya mahasiswa Teknik Industri UI sedang mengadakan penelitian tugas akhir mengenai getaran dan kebisingan yang ditimbulkan oleh *portable power tools* (gerinda, bor tangan, alat pasah, dsb). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek getaran dan kebisingan berikut perhitungan batas waktu aman dari penggunaan alat-alat tersebut sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan bagi pekerja. Oleh karena itu, kami memerlukan bantuan dari Bpk/Saudara untuk mengisi kuisisioner ini dengan jawaban-jawaban yang paling tepat dan sesuai menurut Anda.

**Terima kasih**

Nama : ..... Usia : ..... Jam kerja/hari: .....

Alat yang digunakan: ..... Lama bekerja dengan alat: .....

1. Apakah Anda merasa terganggu dengan **kebisingan** dari alat kerja (Gerinda, bor, dll) yang Anda gunakan?  
 Tidak pernah     Jarang     Kadang     Sering     Selalu
2. Apakah Anda merasa terganggu dengan **getaran** dari alat kerja (Gerinda, bor, dll) yang Anda gunakan?  
 Tidak pernah     Jarang     Kadang     Sering     Selalu
3. Apakah Anda mengetahui bahaya yang ditimbulkan oleh **kebisingan**?  
 Ya     Tidak
4. Apakah Anda mengetahui bahaya yang ditimbulkan oleh **getaran**?  
 Ya     Tidak
5. Apakah Anda mengetahui manfaat dari penggunaan Alat Pelindung Diri (misal: *earplug*, sarung tangan)?  
 Ya     Tidak
6. Apakah pihak manajemen menganjurkan/ mewajibkan Anda menggunakan Alat Pelindung Diri?  
 Ya     Tidak

Lampiran 1. Form Kuisisioner (lanjutan)

7. Seberapa sering Anda menggunakan Alat Pelindung Diri ketika bekerja?

Tingkat Penggunaan		Tidak pernah	Jarang	Kadang	Sering	Selalu
Alat Pelindung Diri	Ear Plug					
	Kapas					
	Sumbat telinga					
	Sarung tangan					
	Masker					
	Lainnya (.....)					

8. Jika Anda tidak selalu menggunakan Alat Pelindung Diri, apa alasan Anda?

merasa tidak nyaman

tidak biasa

lupa

tidak disediakan perusahaan

9. Berapa lama rata-rata jam lembur/minggu Anda?

5 – 10 jam

11 – 15 jam

16 – 20 jam

21 – 24 jam

> 24 jam

10. Bagaimana tingkat kepuasan Anda terhadap tempat kerja saat ini?

sangat tidak puas

tidak puas

biasa saja

puas

sangat puas

Diadaptasi dari

Jurnal : The Journal of Industrial Health

Artikel jurnal : Occupational Noise Exposure in Small Scale Hand Tools Manufacturing (Forging) Industry (SSI) in Northern India

Penulis : Singh, Bhardwaj, Deepak, Bedi

Tahun : 2009

<b>Bagian II - Efek Kebisingan</b>	
1. Apakah Anda merasakan <b>sakit kepala</b> akibat kebisingan dari alat kerja (gerinda, bor, alat pasah,dll)?	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu
2. Apakah Anda merasakan <b>mual</b> kepala akibat kebisingan dari alat kerja yang Anda gunakan?	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu
3. Apakah Anda merasakan <b>lemas</b> kepala akibat kebisingan dari alat kerja yang Anda gunakan?	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu
4. Apakah Anda memiliki masalah saat mendengar percakapan di telepon?	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu
5. Apakah Anda mengalami masalah ketika mengikuti percakapan dengan dua orang atau lebih pada saat yang bersamaan?	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu
6. Apakah orang lain mengeluh karena Anda menset volume televisi terlalu keras	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu
7. Apakah Anda harus berkonsentrasi untuk memahami lawan bicara	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu
8. Apakah Anda kesulitan mendengar lawan bicara ketika terdapat suara lain (misalnya: musik, mesin, kendaraan)	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu
9. Apakah Anda meminta lawan bicara Anda mengulangi perkataannya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu

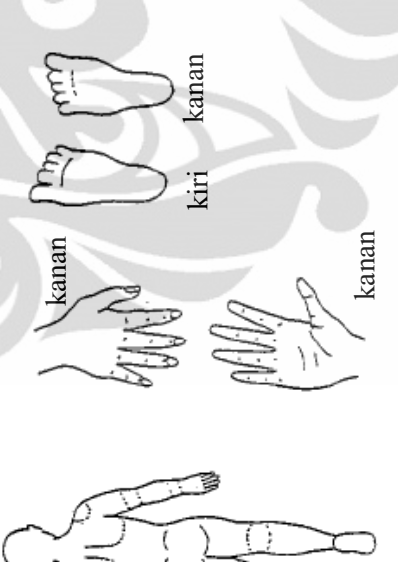
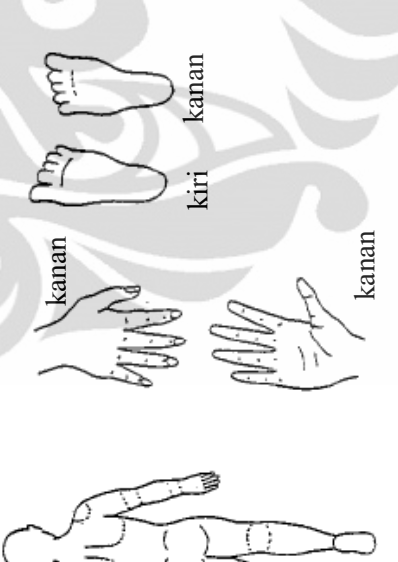
Lampiran 1. Form Kuisisioner (lanjutan)

10. Apakah Anda merasa lawan bicara Anda seperti bergumam (tidak jelas saat berbicara)
<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu
11. Apakah Anda memberikan tanggapan yang tidak tepat atas pertanyaan orang lain (karena salah mendengar)
<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu
12. Apakah Anda kesulitan memahami perkataan wanita dan anak-anak (karena suaranya cenderung kurang keras)
<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu
13. Apakah Anda ditegur lawan bicara karena tidak memahami maksud pembicaraan mereka
<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Jarang <input type="checkbox"/> Kadang <input type="checkbox"/> Sering <input type="checkbox"/> Selalu

Pertanyaan 4-13 diadaptasi dari

“Ten Ways to Recognize Hearing Loss”

NIDCD – National Institute on Deafness and Other Communication Disorders

<p><b>Bagian III – Efek Getaran</b></p>	
<p>1. Pernahkah Anda merasa mati rasa, kesemutan, atau lemas pada jari, telapak tangan, atau kaki akibat getaran dari alat kerja yang Anda gunakan (gerinda, bor,dll)?</p> <p><input type="checkbox"/> ya <input type="checkbox"/> tidak</p> <p>Jika Anda menjawab ya,</p> <p>(a) Tandai area pada bagian tubuh dimana Anda</p>  <p>(b) Pada musim apa hal ini biasanya sering terjadi?</p> <p>a) kemarau      b) hujan      c) setiap saat</p>	<p>(c) Berapa lama hal tersebut terjadi di sepanjang musim tersebut?</p> <p>a) setiap hari      b) beberapa kali dlm seminggu</p> <p>c) beberapa kali dlm sebulan      d) beberapa kali dlm setahun</p> <p>2. Pernahkah jari tangan atau kaki Anda memutih?</p> <p><input type="checkbox"/> ya <input type="checkbox"/> tidak</p> <p>Jika Anda menjawab ya,</p> <p>(a) Tandai area pada bagian dimana jari tangan dan kaki Anda</p>  <p>(b) Pada musim apa hal ini biasanya sering terjadi?</p> <p>a) kemarau      b) hujan      c) setiap saat</p> <p>(c) Berapa lama hal tersebut terjadi di sepanjang musim tersebut?</p>

<p>a) setiap hari c) beberapa kali sebulan</p> <p>b) beberapa kali dlm seminggu d) beberapa kali dlm setahun</p> <p>3. Apakah Anda merasa nyeri pada beberapa bagian tubuh Anda? <input type="checkbox"/> ya <input type="checkbox"/> tidak</p> <p>Jika Anda menjawab ya,</p> <p>(a) Tandai area pada bagian tubuh dimana Anda merasa nyeri</p>  <p>(b) Pada musim apa hal ini biasanya sering terjadi? a) kemarau      b) hujan      c) setiap saat</p>	<p>(c) Kapan rasa nyeri ini sering terjadi? a) selama bekerja      b) setelah bekerja      c) pada sore hari d) pada malam hari      e) lainnya (.....)</p> <p>(d) Berapa lama rasa nyeri ini terjadi? a) dalam waktu lama      b) ± seminggu      c) ± sehari d) ± setengah hari      e) beberapa menit      f) sesaat</p> <p>4. Sensitifitas terhadap dingin <input type="checkbox"/> baik      <input type="checkbox"/> menengah      <input type="checkbox"/> buruk</p> <hr/> <p>Diadaptasi dari Jurnal : The Journal of Occupational Health Artikel jurnal : The Standardized Nordic Questionnaire Applied to Workers Exposed to Hand-Arm Vibration Penulis : Kaewboonchoo, Yamamoto, Miyai, Mirbod, Mirrioka, &amp; Miyashita Tahun : 1998</p>
--	--



**Form Penelitian Pendahuluan**

**Hari** : ..... **Peneliti** : .....

**Tgl** : ..... **Operator** : .....

**Observasi pada** : .....

**1. Informasi umum**

a. Perusahaan : .....

b. Tujuan pengukuran : .....

c. Standar/ *guidance* : .....

d. Nama operator : .....

**2. Kondisi lingkungan kerja**

a. Lokasi pengukuran : .....

b. Suhu : .....

c. Kelembaban : .....

d. *Background noise* : .....

e. Cahaya : .....

**3. Informasi yang digunakan untuk memilih operasi yang diukur**

a. Hasil wawancara dengan pekerja: .....

.....

.....

.....

b. Hasil analisis pekerjaan : .....

.....

.....

.....

**4. Pola kerja harian untuk tiap operasi**

a. Deskripsi dari operasi yang diukur: .....

Lampiran 2. Form Pengambilan Data (Lanjutan)

b. Mesin & inserted tools yang digunakan: .....

.....

c. Material kerja : .....

d. Pola pajanan getaran: .....

.....

e. Jumlah *cycle* kerja : .....

f. Durasi pajanan : .....

**5. Ditai dari sumber getaran dan kebisingan**

a. Deskripsi teknis : .....

b. Tipe/ nomor seri : .....

.....

.....

c. Usia dan perawatan : .....

d. Kondisi *power tool* : .....

e. Massa *power tool* : .....

f. Massa material kerja: .....

f. Sistem kontrol : .....

g. Energi penggerak : .....

h. Frekuensi putaran : .....

i. Model/ tipe *inserted tools*: .....

**6. Instrumentasi**

a. Ditail instrumen : .....

b. Hasil kalibrasi : .....

c. Data pemakaian terakhir : .....

d. Test verifikasi : .....

.....

e. Hasil cek fungsionalitas : .....

.....

f. Hasil tes lainnya : .....

**Form Observasi Getaran**

**Hari** : ..... **Peneliti** : .....

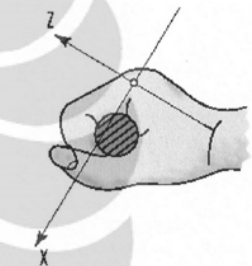
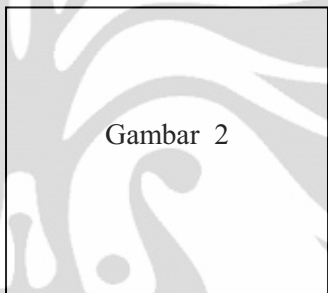
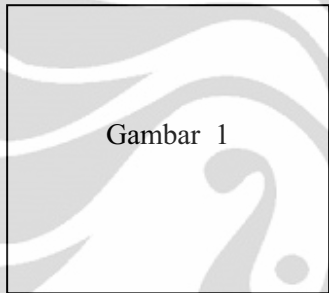
**Tgl** : ..... **Operator** : .....

**Observasi pada** : .....

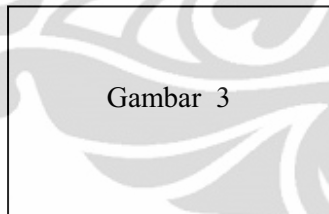
**1. Pengukuran Akselerasi Getaran**

a. Lokasi *Accelerometer* : .....

b. Arah *Accelerometer* (termasuk sketsa & dimensi): .....



c. Metode penempatan pemindai (*accelerometer*): .....



d. Massa Pemindai : .....

e. Massa alat *mounting* : .....

f. Kondisi Operasi : .....

g. Postur lengan : .....

h. Posisi tangan : .....

i. Operator kidal/ tidak : .....

Lampiran 2. Form Pengumpulan Data (lanjutan)

j. Informasi tambahan : .....

.....

**2. Hasil Pengukuran**

- a. Durasi pengukuran :
- b. *Frequency weighting* pada getaran legan dan tangan:

Opera-tor	Pengukuran ke-	Tangan kanan				Tangan kiri			
		x- axis	y- axis	z- axis	r.s.s	x- axis	y- axis	z- axis	r.s.s
1	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
2	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
3	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
		<b>Rata-rata r.s.s</b>				<b>Rata-rata r.s.s</b>			

**Form Observasi Getaran**

**Hari** : ..... **Peneliti** : .....

**Tgl** : ..... **Operator** : .....

**Observasi pada** : .....

**1. Pengukuran Kebisingan**

a. Deskripsi ruang kerja : .....

b. Posisi mikrofon : .....

c. Sumber kebisingan : .....

d. Jumlah pekerja pada lokasi : .....

e. Lokasi pekerja di area trsbt : .....

f. Waktu pemakaian alat/hari : .....

Jumlah *work cycle*/ hari : .....

Durasi/ *cycle* : .....

g. Pelindung telinga : .....

h. *Hand tool* yang digunakan : .....

i. Material kerja : .....

j. Informasi tambahan : .....

**2. Hasil Pengukuran**

a. Durasi pengukuran : .....

Lampiran 2. Form Pengumpulan Data (lanjutan)

b. Level kebisingan:

Pengukuran ke-	Level Kebisingan				
	<i>Background</i> kebisingan	durasi (s)	LASeq	LAS max	LAS min
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
<b>Rata-rata</b>					

Lampiran 3. Uji Normal, Uji Keseragaman, dan Uji Kecukupan Data

**GETARAN**

**a. Uji normal operasi pemotongan keramik dengan gerinda**

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
grinda_getar	.202	15	.101	.935	15	.329

a. Lilliefors Significance Correction

**b. Uji normal operasi menyerut pintu/ kusen dengan alat serut**

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
serut	.153	28	.093	.932	28	.070

a. Lilliefors Significance Correction

**c. Uji normal operasi memasang atau melepas baut dengan bor tangan**

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
baut	.053	51	.200*	.973	51	.303

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

**d. Uji normal operasi mengebor pintu/ kusen dengan bor tangan**

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
mahoni	.190	20	.058	.907	20	.056

a. Lilliefors Significance Correction

Lampiran 3. Uji Normal, Uji Keseragaman, dan Uji Kecukupan Data (lanjutan)

e. Uji normal operasi mengebor dinding dengan bor tangan

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
baut	.053	51	.200*	.973	51	.303

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

**KEBISINGAN**

a. Operasi pemotongan keramik dengan gerinda

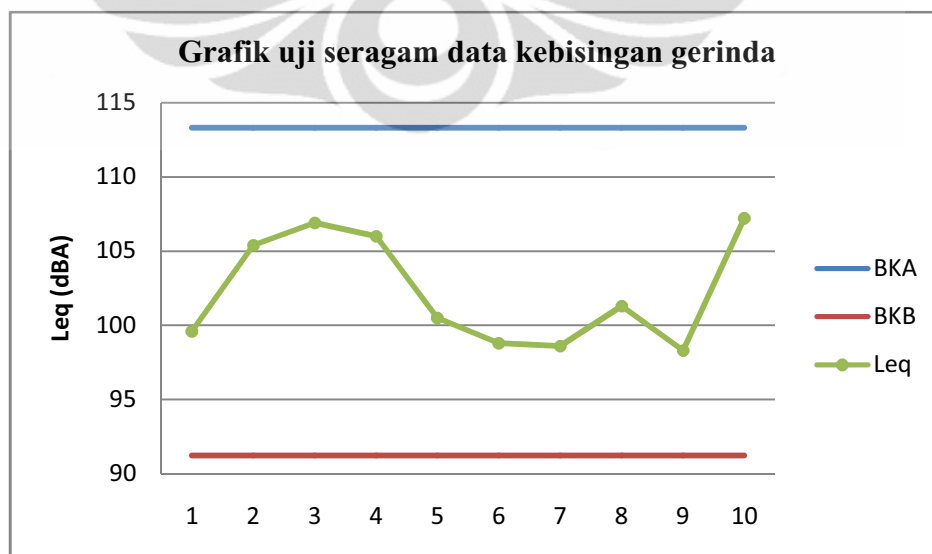
Uji normal

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
gerinda	.214	10	.200*	.865	10	.088

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

Uji keseragaman data





Lampiran 3. Uji Normal, Uji Keceragaman, dan Uji Kecukupan Data (lanjutan)

No	Leq (xi)	$xi^2$	$\bar{x}$	$xi - \bar{x}$	$(xi - \bar{x})^2$	BKA	BKB
1	99.6	9920.16	102.26	2.66	7.08	113.30	91.22
2	105.40	11109.16	102.26	3.14	9.86	113.30	91.22
3	106.90	11427.61	102.26	4.64	21.53	113.30	91.22
4	106.00	11236.00	102.26	3.74	13.99	113.30	91.22
5	100.50	10100.25	102.26	1.76	3.10	113.30	91.22
6	98.8	9761.44	102.26	3.46	11.97	113.30	91.22
7	98.6	9721.96	102.26	3.66	13.40	113.30	91.22
8	101.3	10261.69	102.26	0.96	0.92	113.30	91.22
9	98.3	9662.89	102.26	3.96	15.68	113.30	91.22
10	107.20	11491.84	102.26	4.94	24.40	113.30	91.22
sum	1022.60	104693.00		32.92	121.92		
sum <sup>2</sup>	1045710.76	max	107.20				
Average	102.26	min	98.30				
n =	10						

$$\bar{x} = 102.26$$

$$\sigma = 3.68$$

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma = 102.26 + (3 \times 3.68) = 113.30$$

$$BKB = \bar{x} - 3\sigma = 102.26 - (3 \times 3.68) = 91.22$$

**Uji kecukupan data**

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{10 \times 104693 - 1045710.76}}{1022.6} \right]^2$$

$$N' = 1.8655$$

$$N' \approx 2$$

Lampiran 3. Uji Normal, Uji Keceragaman, dan Uji Kecukupan Data (lanjutan)

**b. Operasi menyerut pintu/ kusen dengan alat serut**

**Uji normal**

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
serut	.146	17	.200*	.917	17	.131

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

No	Leq (xi)	xi <sup>2</sup>	$\bar{x}$	xi- $\bar{x}$	(xi - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	BKA	BKB
1	97.9	9584.41	102.57	4.67	21.81	113.56	91.59
2	98.8	9761.44	102.57	3.77	14.22	113.56	91.59
3	101.8	10363.24	102.57	0.77	0.59	113.56	91.59
4	100.1	10020.01	102.57	2.47	6.10	113.56	91.59
5	102.5	10506.25	102.57	0.07	0.00	113.56	91.59
6	97.1	9428.41	102.57	5.47	29.93	113.56	91.59
7	96.9	9389.61	102.57	5.67	32.16	113.56	91.59
8	106.6	11363.56	102.57	4.03	16.24	113.56	91.59
9	106.3	11299.69	102.57	3.73	13.91	113.56	91.59
10	107.1	11470.41	102.57	4.53	20.52	113.56	91.59
11	107.6	11577.76	102.57	5.03	25.29	113.56	91.59
12	101.9	10383.61	102.57	0.67	0.45	113.56	91.59
13	104.9	11004.01	102.57	2.33	5.43	113.56	91.59
14	106.5	11342.25	102.57	3.93	15.44	113.56	91.59
15	99.1	9820.81	102.57	3.47	12.04	113.56	91.59
16	103.2	10650.24	102.57	0.63	0.40	113.56	91.59
17	105.4	11109.16	102.57	2.83	8.01	113.56	91.59
sum	1743.70	179074.87		54.07	214.53		
sum <sup>2</sup>	3040489.69	max	107.60				
Average	102.57	min	96.90				
n =	17						

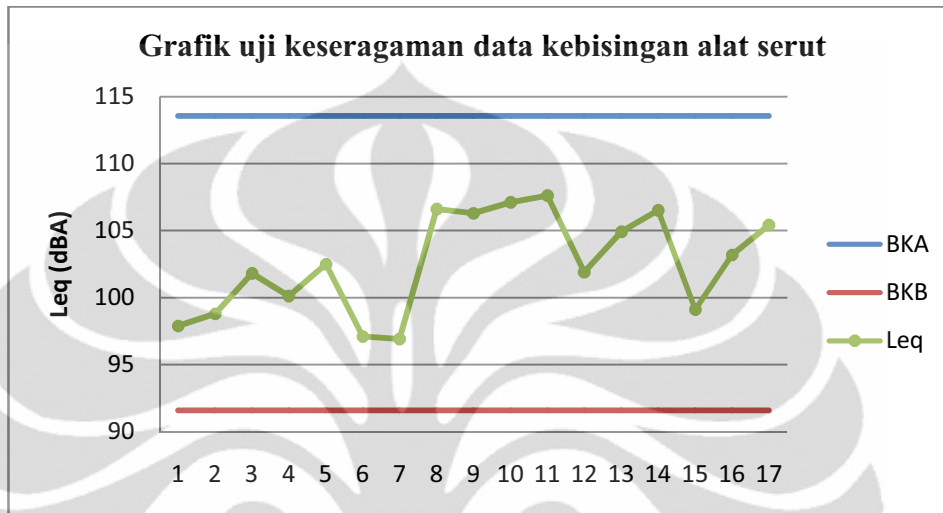
$$\bar{x} = 102.57$$

$$\sigma = 3.66$$

Lampiran 3. Uji Normal, Uji Keseragaman, dan Uji Kecukupan Data (lanjutan)

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma = 102.57 + (3 \times 3.66) = 113.56$$

$$BKB = \bar{x} - 3\sigma = 102.57 - (3 \times 3.66) = 91.59$$



**Uji kecukupan data**

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{17 \times 179074.87 - 3040489.69}}{1743.7} \right]^2$$

$$N' = 1.991$$

$$N' \approx 2$$

**c. Operasi memasang atau melepas baut dengan bor tangan**

**Uji normal**

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
baut	.148	17	.200 <sup>*</sup>	.929	17	.207

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

Lampiran 3. Uji Normal, Uji Keceragaman, dan Uji Kecukupan Data (lanjutan)

**Uji keseragaman data**

No	Leq (xi)	xi <sup>2</sup>	$\bar{x}$	xi- $\bar{x}$	(xi - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	BKA	BKB
1	76.3	5821.69	78.57	2.27	5.16	91.88	65.26
2	77	5929	78.57	1.57	2.47	91.88	65.26
3	71.7	5140.89	78.57	6.87	47.20	91.88	65.26
4	79.5	6320.25	78.57	0.93	0.86	91.88	65.26
5	80.1	6416.01	78.57	1.53	2.34	91.88	65.26
6	81.3	6609.69	78.57	2.73	7.45	91.88	65.26
7	84.8	7191.04	78.57	6.23	38.81	91.88	65.26
8	84.5	7140.25	78.57	5.93	35.16	91.88	65.26
9	84.1	7072.81	78.57	5.53	30.57	91.88	65.26
10	82.1	6740.41	78.57	3.53	12.46	91.88	65.26
11	82.4	6789.76	78.57	3.83	14.66	91.88	65.26
12	81	6561	78.57	2.43	5.90	91.88	65.26
13	73.2	5358.24	78.57	5.37	28.84	91.88	65.26
14	72.6	5270.76	78.57	5.97	35.65	91.88	65.26
15	73.9	5461.21	78.57	4.67	21.81	91.88	65.26
16	77.6	6021.76	78.57	0.97	0.94	91.88	65.26
17	73.6	5416.96	78.57	4.97	24.71	91.88	65.26
sum	1335.70	105262		65.33	315.00		
sum <sup>2</sup>	1784094.49	max	84.80				
Average	78.57	min	71.70				
n =	17						

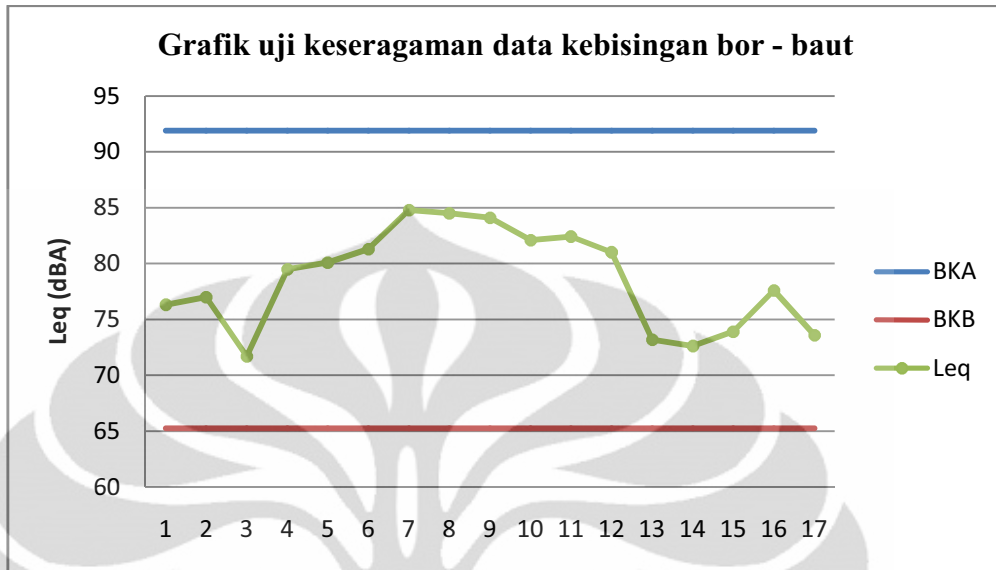
$$\bar{x} = 78.57$$

$$\sigma = 4.44$$

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma = 78.57 + (3 \times 4.44) = 91.88$$

$$BKB = \bar{x} - 3\sigma = 102.26 - (3 \times 3.68) = 65.26$$

Lampiran 3. Uji Normal, Uji Keseragaman, dan Uji Kecukupan Data (lanjutan)



**Uji kecukupan data**

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{17 \times 105262 - 1784094.49}}{1335.7} \right]^2$$

$$N' = 4.8024$$

$$N' \approx 5$$

**d. Operasi mengebor pintu/ kusen dengan bor tangan**

**Uji normal**

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
mahoni	.188	11	.200*	.953	11	.679

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

Lampiran 3. Uji Normal, Uji Keceragaman, dan Uji Kecukupan Data (lanjutan)

**Uji keseragaman data**

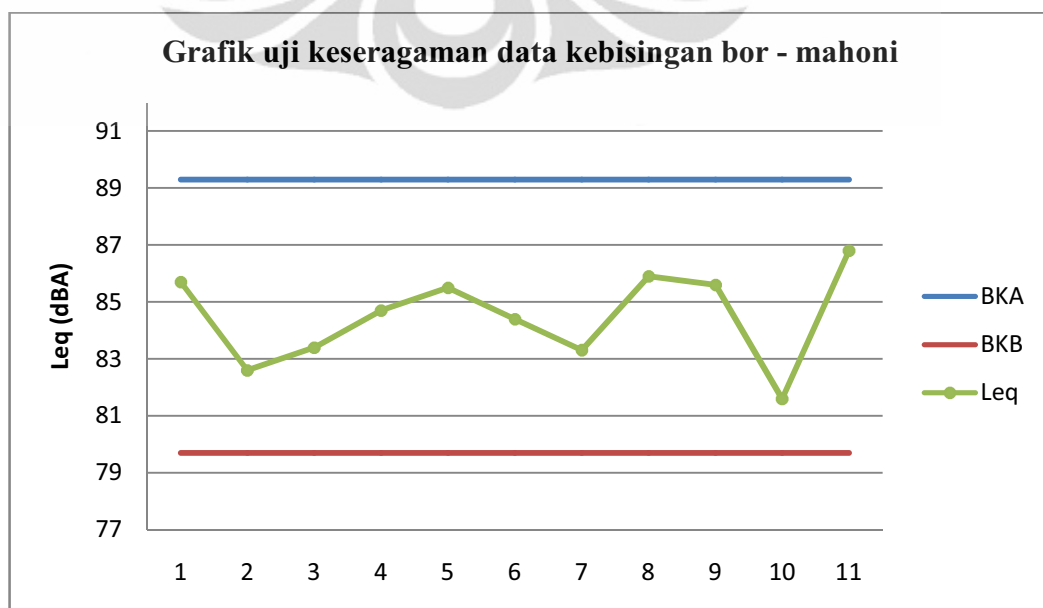
No	Leq (xi)	$xi^2$	$\bar{x}$	$xi - \bar{x}$	$(xi - \bar{x})^2$	BKA	BKB
1	85.7	7344.49	84.50	1.20	1.44	89.30	79.70
2	82.6	6822.76	84.50	1.90	3.61	89.30	79.70
3	83.4	6955.56	84.50	1.10	1.21	89.30	79.70
4	84.7	7174.09	84.50	0.20	0.04	89.30	79.70
5	85.5	7310.25	84.50	1.00	1.00	89.30	79.70
6	84.4	7123.36	84.50	0.10	0.01	89.30	79.70
7	83.3	6938.89	84.50	1.20	1.44	89.30	79.70
8	85.9	7378.81	84.50	1.40	1.96	89.30	79.70
9	85.6	7327.36	84.50	1.10	1.21	89.30	79.70
10	81.6	6658.56	84.50	2.90	8.41	89.30	79.70
11	86.8	7534.24	84.50	2.30	5.29	89.30	79.70
sum	929.50	78568		14.40	25.62		
sum <sup>2</sup>	863970.25	max	86.80				
Average	84.50	min	81.60				
n =	11						

$\bar{x}$  = 84.50

$\sigma$  = 1.60

BKA =  $\bar{x} + 3\sigma = 84.50 + (3 \times 1.60) = 89.30$

BKB =  $\bar{x} - 3\sigma = 84.50 - (3 \times 1.60) = 79.70$



Lampiran 3. Uji Normal, Uji Keceragaman, dan Uji Kecukupan Data (lanjutan)

**Uji kecukupan data**

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{11 \times 178568 - 863970.25}}{929.5} \right]^2$$

$$N' = 0.5219$$

$$N' \approx 1$$

**e. Operasi mengebor dinding dengan bor tangan**

**Uji normal**

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
tembok	.231	13	.056	.916	13	.220

a. Lilliefors Significance Correction

**Uji keceragaman data**

No	Leq (xi)	xi <sup>2</sup>	$\bar{x}$	xi- $\bar{x}$	(xi - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	BKA	BKB
1	102.2	10444.84	98.60	3.60	12.96	109.84	87.36
2	99.7	9940.09	98.60	1.10	1.21	109.84	87.36
3	100	10000	98.60	1.40	1.96	109.84	87.36
4	102.7	10547.29	98.60	4.10	16.81	109.84	87.36
5	100.2	10040.04	98.60	1.60	2.56	109.84	87.36
6	103.2	10650.24	98.60	4.60	21.16	109.84	87.36
7	96.9	9389.61	98.60	1.70	2.89	109.84	87.36
8	99.7	9940.09	98.60	1.10	1.21	109.84	87.36
9	101.3	10261.69	98.60	2.70	7.29	109.84	87.36
10	96.7	9350.89	98.60	1.90	3.61	109.84	87.36
11	91.8	8427.24	98.60	6.80	46.24	109.84	87.36
12	94.8	8987.04	98.60	3.80	14.44	109.84	87.36
13	92.6	8574.76	98.60	6.00	36.00	109.84	87.36
Sum	1281.80	126554		40.40	168.34		

Lampiran 3. Uji Normal, Uji Keseragaman, dan Uji Kecukupan Data (lanjutan)

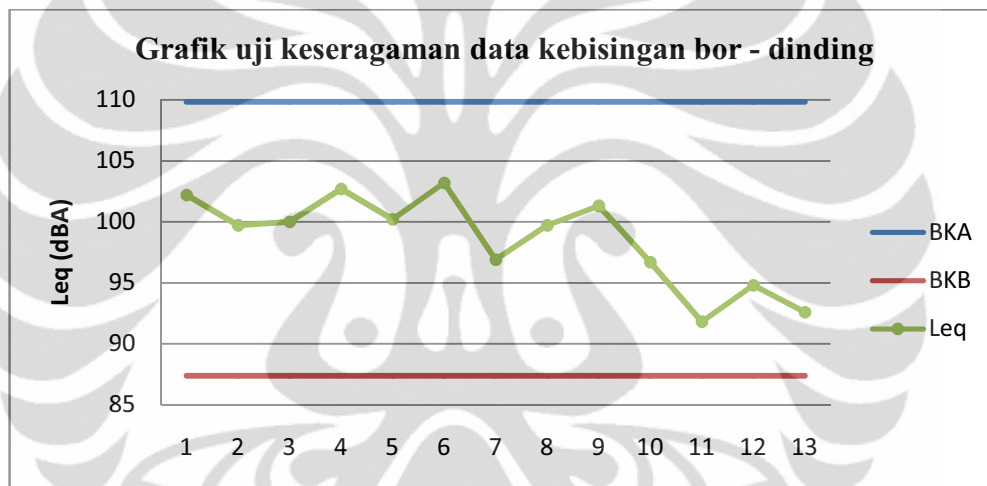
sum <sup>2</sup>	1643011.24	max	103.20
Average	98.60	min	91.80
n =	13		

$$\text{Rata2} = 98.60$$

$$\sigma = 3.75$$

$$\text{BKA} = \bar{x} + 3\sigma = 98.60 + (3 \times 3.75) = 109.84$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - 3\sigma = 98.60 - (3 \times 3.75) = 87.36$$



**Uji kecukupan data**

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{13 \times 126554 - 1643011.24}}{1281.8} \right]^2$$

$$N' = 2.1311$$

$$N' \approx 3$$



***Guidelines Training Safety* bagi Pekerja Spesialis Perkayuan dan Pekerja Pemasang Keramik untuk Pengendalian Paparan Getaran dan Kebisingan**

---

**Pemilihan alat kerja**

1. Perhatikan beberapa aspek berikut ini mengenai faktor ergonomi dan *hazard* yang mungkin timbul saat melakukan pemilihan *portable power tools*,
  - a. Berat alat
  - b. Disain dan kenyamanan pegangan
  - c. *Grip force*
  - d. Kemudahan pada saat digunakan dan dibawa
  - e. Dingin yang dihasilkan oleh permukaan grip
  - f. Getaran
  - g. Kebisingan
  - h. Debu
2. Gunakan aksesoris *portable power tools* yang tepat untuk operasi tertentu. Misalnya dengan mengganti jenis mata bor untuk operasi-operasi berbeda



Digunakan untuk membuat lubang pada material kerja berbahan kayu



Digunakan untuk membuat lubang pada dinding



Digunakan untuk mengencangkan dan melepas baut



Digunakan untuk material kerja berbahan kayu saat membuat ubang dangkal & lebar

### **Menambahkan Peredam**

Menambahkan peredam diantara tangan dan alat atau *anti-vibration handle* dapat dilakukan sesuai dengan yang direkomendasikan oleh perusahaan pembuat alat tersebut.

### **Pemeliharaan alat**

Beberapa langkah perawatan *portable power tools* yang perlu dilakukan adalah seperti dibawah ini,

1. Jaga alat pemotong agar tetap tajam (pada alat serut & gerinda)
2. Pasang roda gerinda secara benar mengikuti rekomendasi dari pembuatnya
3. Lumasi setiap bagian yang bergerak (*moving part*) sesuai dengan rekomendasi dari pembuatnya
4. Ganti bagian yang rusak
5. Ganti *anti-vibration mount* dan *suspended handle* sebelum memburuknya kerusakan. (perhatikan kerusakan atau pecah, membengkak dan mengurang, atau mengerasnya bantalan karet)
6. Periksa dan ganti kecacatan pada peredam getar, *bearing*, dan *gear*.
7. Tajamkan mata bor
8. Penyetelan atau perbaikan mesin (misalnya pada alat serut)

### **Teknik Kerja**

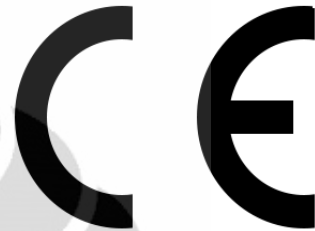
Saat menggunakan *portable power tools* terdapat beberapa teknik kerja yang perlu dilakukan, diantaranya adalah:

1. Menghindari sikap menggenggam yang terlampau kuat, menekan dan mengeluarkan tenaga berlebih.
2. Memastikan peralatan dioperasikan secara aman dengan efisiensi yang optimal.
3. Pada beberapa alat, tangan pekerja harus berada pada lokasi yang tepat untuk menghindari peningkatan pajanan getaran.

### Alat Pelindung Diri

1. Gunakan masker saat berada dilingkungan kerja
2. Gunakan sarung tangan anti getar ketika bekerja. Pemilihan sarung tangan anti getar hendaknya didasarkan pada hal berikut:

- a. Terdapat tanda CE pada sarung tangan, kemasan, maupun pada dokumen dalam kemasan. Hal ini mengindikasikan bahwa sarung tangan tersebut telah diujikan dan memenuhi standar EN ISO 10819:1997.



- b. Bagian jari-jari pada sarung tangan memiliki bahan (material maupun ketebalan) yang sama dengan bagian sarung tangan yang melindungi telapak tangan.



3. Gunakan alat pelindung dengar dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - a. *Premoulded earplug*, sedapat mungkin dipilih yang memiliki tali



- b. *Noise Reduction Rating (NRR)*

Pekerja pemasangan keramik.

Saat melakukan aktifitas pemasangan keramik pilih *earplug* dengan NRR 33 dB(A) (maksimum NRR dari *earplug* yang dijual dipasaran). Namun saat melakukan aktifitas perbaikan pilih *earplug* dengan NRR 14–23 dB(A).

Lampiran 4. *Guidelines Training Safety* (lanjutan)

NRR	Pemasangan		Perbaikan
	302 pc/ hari	250 pc/ hari	25 pc/ hari
	TWA 102.06	TWA 101.24	TWA 89.53
Normal	24	23	11
50%	48	47	23
80%	30	29	14







Pekerja pemasang keramik

Jika pekerja memasang 4 pintu perhari seperti dalam kondisi aktual pilih *earplug* dengan NRR sebesar 16 – 25 dB(A). Namun saat pekerja memasang 6 pintu perhari sesuai batas maksimum durasi penggunaan alat maka pilih *earplug* dengan NRR 18-29 dB(A).

NRR	4 pintu	6 pintu
	TWA 90.42	TWA 92.17
Normal	13	15
50%	25	29
80%	16	18

- c. Gunakan alat pelindung dengar dengan baik dan benar terutama saat proses *insertion* atau memasukkan *earplug* ke kanal telinga.
  - d. Gunakan alat pelindung dengar setiap saat selama bekerja.
4. Ganti segera alat pelindung diri jika kondisinya tidak lagi baik (kotor, rusak, dan sebagainya)

Lampiran 5. Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Pelindung Dengar

	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
<b>Earmuffs</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Practical for intermittent wear</li> <li>• Less easy to lose</li> <li>• Easier to fit than earplugs</li> <li>• Can be worn in cases of ear infections or surgery</li> <li>• Slightly higher attenuation of low frequencies than earplugs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uncomfortable in excessive heat (even with absorption cushions)</li> <li>• Reduces efficiency if wearing eyeglasses or a hat, or if skull is oddly shaped, jaw is large, etc.</li> <li>• Uncomfortable pressure on skull</li> </ul>
<b>Custom molded earplugs</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Easier to insert and more comfortable than other types of earplugs because molded to individual ear canal shape</li> <li>• Longer lasting than formable earplugs (approx. 3 years)</li> <li>• Proper molding guarantees proper fit</li> <li>• No need to manipulate portion inserted into ear canal (lower risk of infection)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regular maintenance required (washing with mild soap and drying)</li> <li>• Molding needs to be done by professionals (faulty molding = faulty fit)</li> <li>• Cannot be worn in case of ear disease</li> </ul>
<b>Formable earplugs</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inexpensive</li> <li>• Better fit than premolded earplugs or semi-inserts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formable earplugs are easily contaminated by contact with dirty ears or hands</li> <li>• Possible itching reaction</li> </ul>
<b>Premolded earplugs</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No need to manipulate portion inserted into ear canal (lower risk of infection)</li> <li>• Inexpensive</li> <li>• Can be washed and reused many times</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Must be renewed regularly to avoid insertion of particles in ears</li> <li>• Cannot be worn in case of ear disease</li> <li>• Instructions for insertion must be strictly followed to maximize efficiency</li> </ul>
<b>Semi-inserts (ear canal caps)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Practical for intermittent wear</li> <li>• Can be washed and reused many times</li> <li>• No need to manipulate portion inserted into ear canal (lower risk of infection)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Premolded earplugs need to be adapted to the shape of the ear canal</li> <li>• Reduced efficiency for hairy ear canals</li> <li>• Efficiency of semi-inserts is limited because caps simply rest on ear canal openings</li> </ul>
<b>Cotton earplugs</b> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Very low efficiency</li> </ul>

Preventex (2001, August). *Hearing Protection: Earmuffs or Earplugs?*. May, 24  
[http://www.preventex.qc.ca/documentation/en/hearing\\_prot.pdf](http://www.preventex.qc.ca/documentation/en/hearing_prot.pdf)

### **Sound Advice Note 5 - Personal Hearing Protection**

<http://www.soundadvice.info/thewholestory/san5.htm>

#### **Compressible earplugs (disposable)**

The advantages and disadvantages of compressible earplugs are:

##### **Advantages**

- Inexpensive and simple to use.
- Effectively protect against high sound levels.
- Smaller than earmuffs - can be carried in a pocket.
- More comfortable than earmuffs in hot environments.

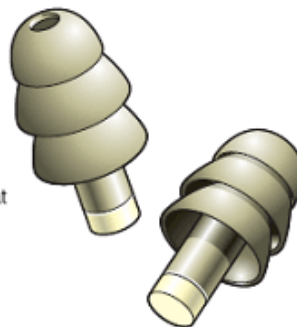
##### **Disadvantages**

- Provide uneven frequency attenuation, remove more high frequencies than low.
- Occlusion effect distorts sound perception for reeded woodwind and brass musicians
- Interfere with speech communication.
- Require careful insertion to ensure effective protection.
- Risk of infection from dirty hands.

#### **Premoulded earplugs (reusable)**

Premoulded earplugs are generic-fit earplugs shaped for the average user's ear canal. Most have a triple-flanged plug that fits inside the ear canal. These plugs are generally reusable but require regular cleaning. Various types are available including uniform attenuation and amplitude-sensitive.

Most premoulded earplugs have a triple-flanged plug that fits inside the ear canal



## Lampiran 5. Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Pelindung Dengar (lanjutan)

The advantages and disadvantages of premoulded earplugs are:

### **Advantages**

- Less expensive than custom-moulded earplugs.
- Easy to insert properly.
- Last longer than compressible earplugs.
- Do not require custom-fitting - available off-the-shelf.
- Reusable - if kept clean.

### **Disadvantages**

- More expensive than compressible earplugs.
- Uniform attenuation types generally not as 'flat' as custom-moulded uniform attenuation earplugs.

### **Custom-moulded earplugs**

The silicone earplug is moulded to the shape of the user's ear canal and should be fit-tested. They are typically made by a laboratory that supplies local audiologists and hearing clinics. They can come in filtered or vented/tuned varieties. Here each plug is bored out, and then fitted with an adjustable vent or capped with a button-sized filter attached to its outer end.

In filter types, the filter, in conjunction with the air inside the bored-out section, offsets the loss of high frequencies that normally occurs when an object is inserted into the ear. Not only can the frequency attenuation of the fitting be specifically tuned to the user's needs, but also the plugs themselves will be comfortable and highly effective and are readily reusable. Filters are available which, for example, reduce overall noise levels by 9, 15, and 25 dB.

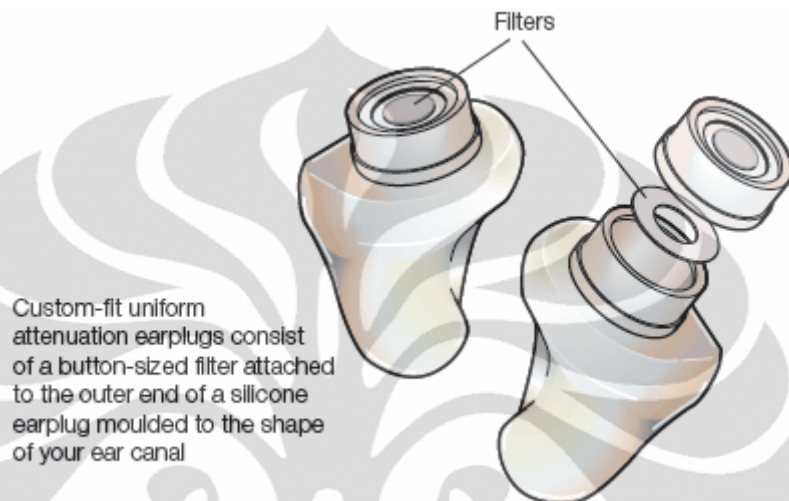
The advantages and disadvantages of custom-moulded earplugs (filter types) are:

### **Advantages (filter types)**

- Can provide even attenuation of frequencies up to about 6000 Hz.
- Can be modified to adjust high-frequency attenuation.
- May be flesh-coloured and unobtrusive.

### **Disdvantages (filter types)**

- Expensive.
- Need custom-fitting by a qualified professional.



The advantages and disadvantages of custom-moulded earplugs (vented/tuned types) are:

### **Advantages (vented/tuned types)**

- Allow musicians playing lower-frequency instruments to hear themselves while screening out surrounding higher-frequency sounds.
- Very little occlusion effect.
- Right and left earplugs can be adjusted separately to compensate for right-ear hearing loss in flute and piccolo players.
- Small 500 Hz resonance improves vocalist's ability to monitor voice.

### **Disdvantages (vented/tuned types)**

- Expensive.
- Need custom-fitting by a qualified professional.

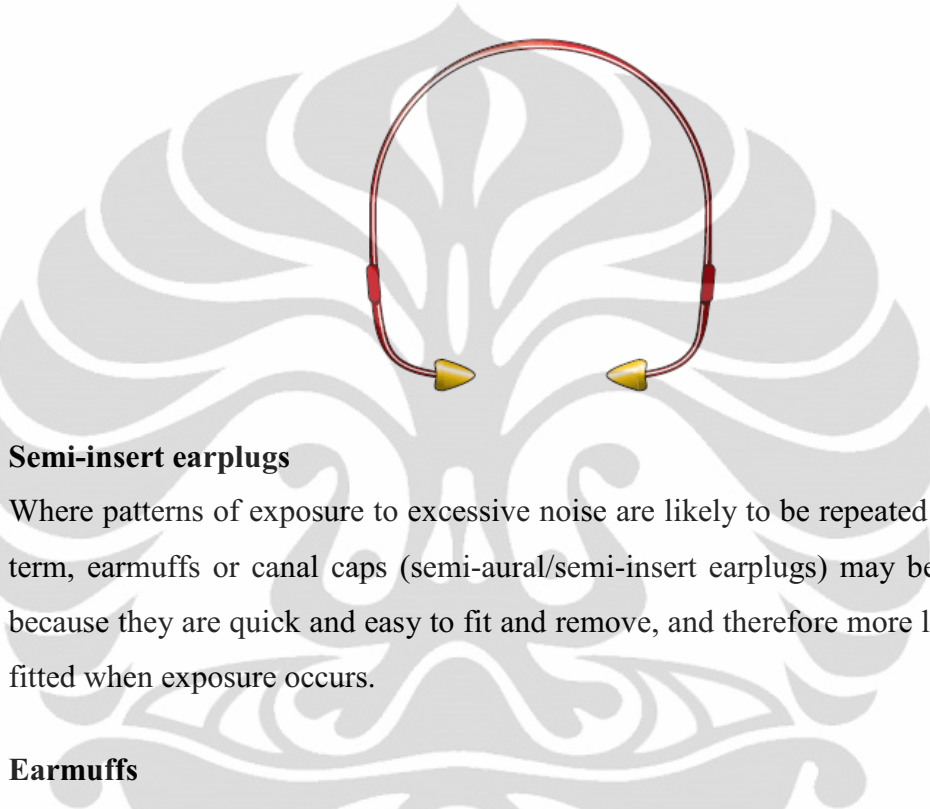
### **Canal caps/semi-insert earplugs**

Canal caps and semi-insert earplugs come on a headband. Canal caps (sometimes called semi-aural plugs) generally have rounded tips that cover the entrance to the



## Lampiran 5. Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Pelindung Dengar (lanjutan)

ear canal, while semi-insert plugs generally have tapered tips that are pushed into the ear canal. Both types are convenient for situations where the hearing protection has to be taken on and off frequently. They are not designed for continuous use.



### **Semi-insert earplugs**

Where patterns of exposure to excessive noise are likely to be repeated and short-term, earmuffs or canal caps (semi-aural/semi-insert earplugs) may be preferred because they are quick and easy to fit and remove, and therefore more likely to be fitted when exposure occurs.

### **Earmuffs**

Earmuffs (sometimes referred to as 'ear defenders') are hard plastic cups that fit over and surround the ears and are sealed to the head by cushion seals. Tension to help the seal is provided by a headband. They are easy to fit and use, once appropriate training is given, and their use is easily monitored. Helmet-mounted earmuffs may be appropriate for riggers.

Some earmuffs provide sound restoration. These have a microphone on the outside and a speaker on the inside, often electronically limited, to enable the wearer to hear external signals. This electronic system can introduce a tiny but sometimes noticeable time delay.

## Lampiran 5. Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Pelindung Dengar (lanjutan)

Some earmuffs incorporate systems to relay communication or other audio signals (for example, music for DJs). These devices reduce the ambient noise levels and therefore allow the wearer to listen to the music at a reduced level. They can provide an alternative to headphones in noisy environments. Earmuffs should comply with BS EN 352-68 and BS EN 352-8. Check that limiters are fitted to limit the level of sound reproduced at the wearer's ears.

Earmuffs, like all hearing protectors, should be selected on the basis of comfort, practicality and hygiene to help ensure they are worn properly. Any attempt to alter the earmuffs or using damaged earmuffs could make them ineffective. Comfort considerations include:

- Pressure from the seals on the head - resilient seals only need a low headband force.
- A large contact area between the seal and head helps reduce the contact pressure but in hot conditions may cause sweating.
- Weight - the lighter the better but the cups need to be large enough to fit right over the user's ears

The advantages and disadvantages of earmuffs are:

### **Advantages**

- Inexpensive and simple to use.
- Easier to slip on and off than earplugs.
- More comfortable than earplugs in cold environments.
- Less occlusion effect than with compressible earplugs.

### **Disadvantages**

- Heavier and more obtrusive than earplugs.
- Can be uncomfortable in warm or humid conditions - earplugs may be preferred.
- May not be effective for use with spectacles, long hair, beards and jewelry.