

**PERANCANGAN LANTAI GETAR UNTUK RUANG IKLIM  
DENGAN MENGGUNAKAN MEKANISME PENGGERAK  
SISTEM MOTOR UNBALANCE**

**(Studi Kasus: Perancangan Lantai Getar di Laboratorium Perancangan  
Sistem Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri,  
Universitas Sebelas Maret Surakarta)**

**Skripsi**

Sebagai Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**ANANDITYA PUTRA MEGA  
I 1308504**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2011**

*commit to user*

**PERANCANGAN LANTAI GETAR UNTUK RUANG IKLIM  
DENGAN MENGGUNAKAN MEKANISME PENGGERAK  
SISTEM MOTOR UNBALANCE**

**(Studi Kasus: Perancangan Lantai Getar di Laboratorium Perancangan  
Sistem Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri,  
Universitas Sebelas Maret Surakarta)**

Skripsi



**ANANDITYA PUTRA MEGA  
I 1308504**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2011**  
*commit to user*

## ABSTRAK

**Ananditya Putra Mega, NIM: I1308504. PERANCANGAN LANTAI GETAR UNTUK RUANG IKLIM DENGAN MENGGUNAKAN MEKANISME PENGGERAK SISTEM MOTOR UNBALANCE (Studi Kasus: Perancangan Lantai Getar di Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret Surakarta). Skripsi. Surakarta: Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta, April 2011.**

Ruang iklim di laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi (PSKE), Jurusan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret Surakarta merupakan sarana praktikum yang mensimulasikan kondisi dalam situasi lingkungan kerja para pekerja saat bekerja. Ada beberapa fasilitas simulasi di ruang iklim yaitu simulasi pencahayaan, temperatur, kebisingan, kelembaban, warna, dan bau-bauan. Fasilitas tersebut belum adanya simulasi getaran, padahal secara fungsi fasilitas simulasi getaran ini sangat berkontribusi untuk menghadirkan situasi lingkungan kerja secara lebih nyata. Oleh karena itu, hadirnya lantai getar sebagai fasilitas simulasi getaran di ruang iklim laboratorium PSKE sangat diperlukan.

Lantai getar yang dibutuhkan adalah lantai getar yang dapat memberikan simulasi getaran dengan kontrol frekuensi manual untuk menghasilkan karakteristik getaran yang diinginkan. Berdasarkan situasi permasalahan tersebut, perlu adanya perancangan lantai getar yang dapat mensimulasikan getaran dalam situasi lingkungan kerja. Adapun mekanisme penggerak secara umum yang dapat dipakai untuk lantai getar meliputi sistem hidrolis, sistem pneumatik, dan sistem mekanik. Sementara itu, mekanisme penggerak lantai getar yang dibutuhkan adalah yang memiliki tekanan baik dan respon cepat. Sistem dengan karakteristik tersebut lebih dekat ke sistem mekanik. Sistem mekanik untuk menghasilkan getaran biasanya menggunakan penggerak motor berupa motor *unbalance*.

Hasil dari penelitian ini adalah lantai getar dengan menggunakan sistem kerja dari motor *unbalance* yang dapat diatur kecepatan getarannya baik secara manual maupun otomatis dan menghasilkan modus getarannya yang sesuai (vertikal, horisontal, dan kombinasinya). Getaran hasil dari lantai getar terintegrasi keseluruhan tubuh penggunanya.

**Kata kunci:** lantai getar, ruang iklim, mekanisme penggerak, motor *unbalance*.

xviii + 94 halaman; 67 gambar; 8 tabel; 14 lampiran  
Daftar pustaka: 39 (1986-2008)

## ABSTRACT

**Ananditya Putra Mega, NIM: I1308504. DESIGN OF VIBRATION FLOOR FOR CLIMATE ROOM BY USING UNBALANCE MOTOR SYSTEM MECHANISM (Study Case: Design of Vibration Floor In Laboratory Design of Work System And Ergonomics, Industry Engineering, Universitas Sebelas Maret Surakarta). Thesis. Surakarta: Major of Industrial Engineering Faculty of Engineering, Universitas Sebelas Maret Surakarta, April 2011.**

Climate room in the laboratory Work System Design and Ergonomics (PSKE), Department of Industry Engineering Universitas Sebelas Maret Surakarta is a practical tool that simulates conditions in situation of working environment of workers when they work. There are some facilities in climate simulations that are simulation of lighting, temperature, noise, humidity, color, and smells. This facility is not a simulation of vibration yet, whereas the function of vibration simulation facility is greatly contributing to bring the situation in more real work environment. Therefore, the presence of floor vibration as vibration simulation facilities in the climate room PSKE laboratory is required.

Floor vibration which needed is a vibration floor that can provide simulation of vibration with manual frequency control to produce vibration characteristics which expected. Based on the situation of these problems, there is need design of vibration floor that can simulate vibration in workplace situation. The general activator mechanism that can be used for the floor shakes include hydraulic systems, pneumatic systems, and mechanical systems. Meanwhile, activator mechanism for vibrating floor which is required is a good pressure and rapid response. Systems with these characteristics is closer to a mechanical system. Mechanical system to produce vibrations usually uses activator motor that is unbalance motor.

The results of this study is floor vibration by using work system from unbalance motor which can be set vibration speeds either manually or automatically and produce suitable vibration mode (vertical, horizontal, and combinations). Vibration results from floor vibration is integrated to whole body of user.

**Key words:** vibration floor, climate room, drive mechanism, unbalance motor.

xviii + 94 pages; 67 pictures; 8 tables; 14 appendixes.  
References: 39 (1986-2008)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta Shalawat salam kepada Rasulullah SAW contoh suri tauladan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul “Perancangan Lantai Getar Untuk Ruang Iklim Dengan Menggunakan Mekanisme Penggerak Sistem Motor Unbalance (Studi Kasus: Perancangan Lantai Getar di Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret Surakarta)” dengan baik. Dalam pelaksanaan maupun penyusunan laporan skripsi ini, penulis telah mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada:

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan segala berkah dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan lancar.
2. Kedua Orang tuaku, Edy Prabowo dan Liliek Winarni atas semua dukungan, mengingatkan walau membandel, bimbingan, dan terutama atas kesabaran serta doanya. Aku sayang Ibu dan Bapakku, anakmu ini insyaAllah akan selalu melakukan yang terbaik untuk kalian.
3. Kakak dan Adikku tersayang, Kris Rahendra dan Diky Gusnanto atas dorongan, dan dukungan serta cendanya saat aku terpuruk.
4. Ir. Lobes Herdiman, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret Surakarta dan selaku Dosen Pembimbing II atas segala kepercayaan, bimbingan, bantuan, kesabaran, dan waktu yang tak ternilai harganya.
5. Ilham Priadythama, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, bantuan, kesabaran, dan waktu yang tak ternilai harganya.
6. Rahmadiyah Dwi Astuti, ST, MT., selaku Dosen Penguji I atas segala masukan yang diberikan, dan semoga rancangan lantai getar bisa terus bermanfaat khususnya dalam praktikum ruang iklim di Lab.PSKE UNS.
7. Taufiq Rochman, STP, MT., selaku Dosen Penguji II atas segala masukan yang diberikan, dan memberikan kemudahan dalam mendapatkan jadwal baik seminar maupun sidang. *commit to user*

8. Ir. Munifah, MSIE, MT., selaku Pembimbing Akademik atas segala bimbingan, kesabaran, dan tidak mempersulit mahasiswa (ini yang harus di contoh dosen-dosen lain dari Bunda Mun-Mun), semoga Allah selalu memberi kesehatan bagi Ibu Munifah. Amin.
9. Mbak Yayuk, Mbak Rina, Mbak Tutik, dan Pak Agus atas bantuan yang diberikan dalam hal administrasi.
10. Teman-teman Transfer Teknik Industri angkatan 2008, atas semangatnya, kekompakan serta bantuan kalian selama ini. Semoga persahabatan kita akan terus terjaga. Amin.
11. Temanku satu tim Arli Kurniawan, spesial terima kasih buat dirimu kawan, tak pernah ke bayang kalau tak ada dirimu dalam tim ini. Semoga kau sukses di Lampung sana. Amin. Dan matursuwun bajakan buat Mas Sandi, kalau tak ada dirimu, tim ini entah selesai kapan. Hemm (^\_^).
12. Teman-teman seperjuangan nongkrong di meja kotak kantin belakang gedung I, yaitu Ridho “*LamBo*”, Adhi “*Jeng Rik<sup>2</sup>*” moga langgeng (Amin), Romi “*Simbah*”, Wendy “*Si Ir*”, Altona “*Mas Fii*” hahahaa, Akoen “*Injuri Time*” dan Hendra “*Cilau*” teman baru yang “*Super RR*” tapi konyol. Maturnuwun, nek gak ono kalian, serasa hutan saja tuh Fak.Teknik.. hehee (^\_^).
13. Oiya tak lupa teman-teman SMAVISKA, terutama Mbak Dian “*alis Gathuk*”, Nofenda, Dian Nur, Ririn Trisnawati, dan teman yang baru kenal empun akrab koyo kekancan wis suwe dik Dwi Handayani “*DwiHa*” matursuwun gelem tak gawe repot hemm.. ojo kapok jhahaa (^\_^).
14. Teman-teman se-Industri, mbak Imoenk, mbak dika, mas Afiq “*Sentun*”, mas Sudadi, mas Brian dan teman-teman satu angkatane kalian, ternyata kita satu angkatan, hanya bedaku masuk Transfer. hmm,,sukses buat kalian semua.
15. Pihak Luar yang telah memberikan masukan sangat banyak, Bapak Hendrik (Bintang Terang) yang sanggup mencarikan solusi bagi tim kami, dan Bapak Sihono (Huma) yang telah membantu dibagian produksi sehingga rantai getar pun tercipta.
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas segala bimbingan, bantuan, kritik, dan saran dalam penyusunan Skripsi ini hingga terselesaikan. Terima kasih. *commit to user*

Sebagai akhir dari kata pengantar ini, penulis ingin menyampaikan bahwa laporan ini masih belum sempurna. Hal ini semata-mata dikarenakan oleh keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan berbagai masukan maupun kritikan dari pembaca, agar di kemudian hari dapat lebih baik dan mungkin pada penelitian berikutnya dapat dikembangkan lagi.

Surakarta, 05 Mei 2011



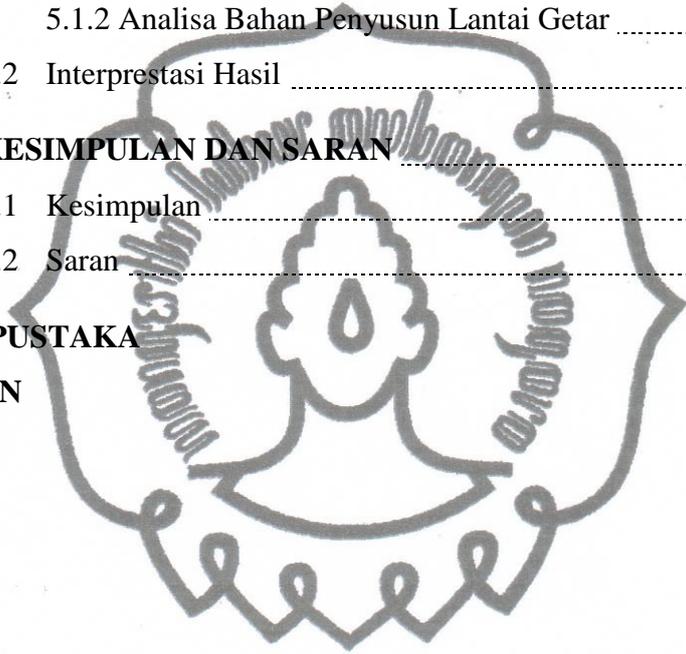
Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR VALIDASI</b> .....	iii
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	I-1
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Perumusan Masalah .....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-3
1.4 Manfaat Penelitian .....	I-3
1.5 Batasan Masalah .....	I-3
1.6 Asumsi .....	I-4
1.7 Sistematika Penulisan .....	I-4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	II-1
2.1 Proses Perancangan Produk .....	II-1
2.1.1 Identifikasi Voice Of Customer .....	II-2
2.1.2 Penetapan Spesifikasi Produk .....	II-3
2.1.3 Penyusunan Konsep Produk .....	II-4
2.1.4 Pemilihan Konsep Produk .....	II-5
2.2 Getaran Mekanik .....	II-8
2.2.1 Pengertian Getaran .....	II-8
2.2.2 Getaran Aktivitas Manusia .....	II-9

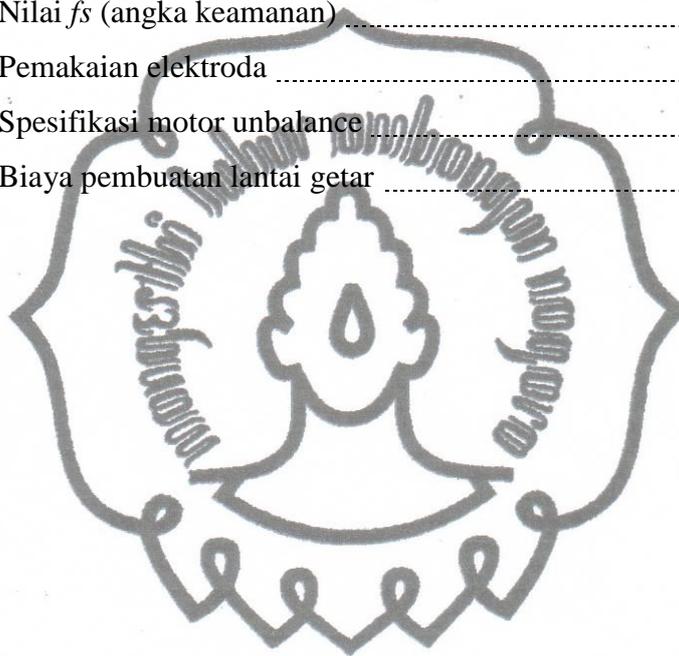
2.2.3 Sumber Getaran .....	II-10
2.2.4 Akibat dari Getaran .....	II-10
2.2.5 Besarnya Getaran Mekanik .....	II-11
2.3 Lantai Getar .....	II-12
2.4 Mekanika Kontruksi Lantai Getar .....	II-15
2.4.1 Statika .....	II-15
2.4.2 Gaya .....	II-16
2.4.3 Perhitungan Rangka .....	II-20
2.5 Pengelasan .....	II-22
2.6 Gerak Harmonik Pegas .....	II-28
2.7 Motor Penggerak .....	II-32
2.7.1 Pengertian Motor .....	II-32
2.7.2 Jenis Motor Listrik .....	II-33
2.8 Penelitian Penunjang .....	II-39
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>III-1</b>
3.1 Identifikasi Masalah .....	III-2
3.2 Tahap Pengumpulan Data .....	III-3
3.3 Tahap Pengolahan Data .....	III-4
3.4 Analisis dan Interpretasi Hasil .....	III-5
3.5 Kesimpulan dan Saran .....	III-5
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGELOHAN DATA .....</b>	<b>IV-1</b>
4.1 Deskripsi Permasalahan dan Kebutuhan Rancangan .....	IV-1
4.1.1 Identifikasi Kebutuhan Pada Lantai Getar .....	IV-1
4.1.2 Kebutuhan Perancangan Lantai Getar .....	IV-2
4.1.3 Bill of Materials Pada Lantai Getar .....	IV-4
4.2 Pengolahan Data .....	IV-13
4.2.1 Menentukan Rangka Lantai Getar .....	IV-13
4.2.2 Menentukan Kekuatan Pegas .....	IV-21
4.2.3 Bearing .....	IV-25
4.2.4 Menentukan Kekuatan Las .....	IV-31

4.2.5 Sistem Penggerak Lantai Getar .....	IV-32
4.2.6 Pengoperasian Lantai Getar .....	IV-35
4.3 Estimasi Biaya .....	IV-37
<b>BAB V ANALISIS DAN INTERPRESTASI HASIL .....</b>	<b>V-1</b>
5.1 Analisis Lantai Getar .....	V-1
5.1.1 Analisis Kebutuhan Perancangan Lantai Getar .....	V-1
5.1.2 Analisa Bahan Penyusun Lantai Getar .....	V-2
5.2 Interpretasi Hasil .....	V-4
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>VI-1</b>
6.1 Kesimpulan .....	VI-1
6.2 Saran .....	VI-1
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	Baku tingkat getaran untuk kenyamanan dan kesehatan .....	II-12
Tabel 4.1	Harga modulus geser $G$ .....	IV-24
Tabel 4.2	Nilai patokan $x_0$ dan $y_0$ dalam perhitungan bearing .....	IV-27
Tabel 4.3	Nilai patokan $x$ dan $y$ dari tabel TJ.2 .....	IV-27
Tabel 4.4	Nilai $f_s$ (angka keamanan) .....	IV-28
Tabel 4.5	Pemakaian elektroda .....	IV-32
Tabel 4.6	Spesifikasi motor unbalance .....	IV-32
Tabel 4.7	Biaya pembuatan rantai getar .....	IV-38

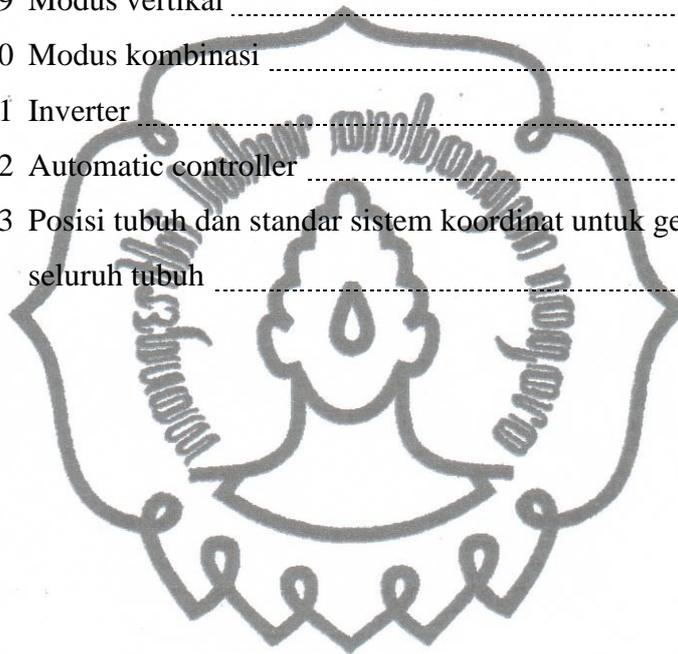


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses perancangan produk .....	II-1
Gambar 2.2	Arah koordinat sistem untuk getaran yang mempengaruhi manusia .....	II-13
Gambar 2.3	Longitudinal (batas percepatan $a_z$ ) sebagai fungsi dari frekuensi dan waktu pemaparan (kelelahan-penurunan batas kemampuan) .....	II-14
Gambar 2.4	Longitudinal (batas percepatan $a_z$ ) sebagai fungsi waktu pemaparan dan frekuensi (kelelahan-penurunan batas kemampuan) .....	II-14
Gambar 2.5	Tumpuan rol .....	II-16
Gambar 2.6	Tumpuan sendi .....	II-16
Gambar 2.7	Tumpuan jepitan .....	II-16
Gambar 2.8	Sketsa prinsip statika kesetimbangan .....	II-17
Gambar 2.9	Sketsa shearing force diagram .....	II-18
Gambar 2.10	Sketsa normal force .....	II-18
Gambar 2.11	Sketsa momen bending (+) .....	II-19
Gambar 2.12	Sketsa momen bending (-) .....	II-19
Gambar 2.13	Landasan arah kanan .....	II-19
Gambar 2.14	Landasan arah kiri .....	II-20
Gambar 2.15	Jenis-jenis sambungan dasar .....	II-23
Gambar 2.16	Alur sambungan las tumpul .....	II-23
Gambar 2.17	Alur sambungan T .....	II-24
Gambar 2.18	Macam-macam sambungan sudut .....	II-24
Gambar 2.19	Sambungan tumpang .....	II-25
Gambar 2.20	Sambungan sisi .....	II-25
Gambar 2.21	Sambungan dengan pelat penguat .....	II-26
Gambar 2.22	Variasi bentuk pegas .....	II-28
Gambar 2.23	Perubahan pegas saat diberikan gaya luar .....	II-29
Gambar 2.24	Pegas posisi setimbang .....	II-29
Gambar 2.25	Pegas memberikan gaya pemulih .....	II-30

Gambar 2.26 Pegas kembali ke posisi setimbang .....	II-30
Gambar 2.27 Grafik gerak getaran .....	II-31
Gambar 2.28 Prinsip dasar dari motor .....	II-32
Gamabr 2.29 Klasifikasi jenis utama motor listrik .....	II-33
Gambar 2.30 Motor sinkron .....	II-34
Gambar 2.31 Motor induksi .....	II-36
Gambar 2.32 Grafik torque-kecepatan motor induksi AC 3-Fase .....	II-38
Gambar 2.33 Sebuah motor DC .....	II-38
Gambar 3.1 Metodologi penelitian .....	III-1
Gambar 4.1 Fishbone diagram kebutuhan rancangan rantai getar .....	IV-2
Gambar 4.2 Bill of material pada rantai getar .....	IV-4
Gambar 4.3 Bill of material parts rantai getar .....	IV-6
Gambar 4.4 Rancangan rantai getar .....	IV-6
Gambar 4.5 Rancangan kerangka rantai getar .....	IV-7
Gambar 4.6 Rangka bagian atas .....	IV-8
Gambar 4.7 Rangka bagian tengah .....	IV-8
Gambar 4.8 Rangka bagian bawah .....	IV-9
Gambar 4.9 Spring .....	IV-9
Gambar 4.10 Cover .....	IV-10
Gambar 4.11 Sisi depan panel box .....	IV-11
Gambar 4.12 Sisi dalam panel box .....	IV-11
Gambar 4.13 Motor unbalance .....	IV-12
Gamabr 4.14 Central lock .....	IV-12
Gambar 4.15 Bearing .....	IV-13
Gamabr 4.16 Beban konstruksi rangka .....	IV-14
Gambar 4.17 Diagram momen lentur rangka .....	IV-15
Gambar 4.18 Diagram gaya geser rangka .....	IV-15
Gambar 4.19 Penampang melintang profil rangka .....	IV-16
Gambar 4.20 Pembebanan pada baut .....	IV-19
Gambar 4.21 Dimensi baut .....	IV-19
Gambar 4.22 Mur yang dibebani sejajar dengan sumbu .....	IV-20

Gambar 4.23 Pegas tekan .....	IV-22
Gambar 4.24 Taper roller bearings .....	IV-25
Gambar 4.25 Penampang bearing .....	IV-25
Gambar 4.26 Pembebanan pada poros bearing .....	IV-28
Gambar 4.27 Lantai getar .....	IV-35
Gambar 4.28 Modus horisontal .....	IV-36
Gambar 4.29 Modus vertikal .....	IV-36
Gambar 4.30 Modus kombinasi .....	IV-36
Gambar 4.31 Inverter .....	IV-36
Gambar 4.32 Automatic controller .....	IV-37
Gambar 4.33 Posisi tubuh dan standar sistem koordinat untuk getaran seluruh tubuh .....	IV-37



## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1

Lampiran 1.1 Material Properties .....	L1-1
Lampiran 1.2 Sifat Fisis dan Tegangan Ijin Bahan .....	L1-2
Lampiran 1.3 Daftar Spesifikasi Tipe Square Tube .....	L1-3
Lampiran 1.4 Gauge to Inches to Millimeter .....	L1-4
Lampiran 1.5 Typical Mechanical Properties .....	L1-5

### LAMPIRAN 2

Lampiran 2.1 Selection of Bearing Type .....	L2-1
Lampiran 2.2 Tabel TJ.1 .....	L2-2
Lampiran 2.3 Tabel TJ.2 .....	L2-4

### LAMPIRAN 3

Lampiran 3.1 Spesifikasi Motor Unbalance - Sung Hsin .....	L3-1
--	------

### LAMPIRAN 4

Lampiran 4.1 Gambar Hasil Rancangan .....	L4-1
Lampiran 4.2 Gambar Hasil Rancangan Sistem Kendali Otomatis .....	L4-2
Lampiran 4.3 Gambar Hasil Rancangan Mekanik Lantai Getar .....	L4-3
Lampiran 4.4 Gambar 3D Assembling Lantai Getar dengan Software CATIA V5 R19 .....	L4-4
Lampiran 4.5 Gambar 2D dengan Software AutoCAD 2007 .....	L4-5

*commit to user*

## BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang masalah dari penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, asumsi yang digunakan dalam penelitian dan sistematika penulisan untuk menyelesaikan penelitian yang diangkat dalam penelitian.

### 1.1 LATAR BELAKANG

Getaran merupakan gerakan yang teratur dari benda atau media dengan arah bolak-balik dari kedudukan keseimbangan. Getaran terjadi saat mesin atau alat yang dijalankan dengan motor, sehingga pengaruhnya bersifat mekanis (Budiono, 2003). Getaran merupakan efek suatu sumber yang memakai satuan ukuran hertz (Depkes, 2003). Getaran dapat terjadi apabila disebabkan oleh peristiwa alam dan kegiatan dari aktivitas manusia itu sendiri. Namun ada pula yang berasal dari suatu penggerak motor yang menimbulkan suatu getaran baik dari mesin-mesin maupun alat-alat mekanis lainnya. Sebagian dari kekuatan mekanis disalurkan ke tubuh pekerja atau lainnya dalam bentuk getaran mekanis (Salim, 2002).

Peralatan mekanis dapat menimbulkan getaran yang disalurkan ke tubuh pekerja atau lainnya dalam bentuk getaran mekanis, maka perlu diketahui lebih lanjut dari efek buruk dan batasan-batasan getaran yang aman bagi tenaga kerja (Salim, 2002). Pengaruh dari getaran menimbulkan terjadinya gangguan kenyamanan dalam bekerja, mempercepat terjadinya kelelahan, dan gangguan kesehatan (Suhardi, 2008). Pengaruh getaran mekanik menimbulkan efek terhadap pekerja pada saat bekerja yang mengakibatkan gangguan secara akut (jangka pendek) maupun kronis (jangka panjang). Gejala akut dari efek getaran meliputi pusing, ketidaknyamanan, nyeri dada, mual-mual, gangguan peredaran darah (kesemutan), hilangnya keseimbangan, perubahan suara, nafas pendek, dan tidak dapat bekerja secara presisi. Sedangkan gejala kronis meliputi gangguan sistem tulang seperti perubahan struktur tulang belakang, hernia, gangguan pada gastrointertinal, dan sistem gangguan reproduksi pada wanita (Fitrihana, 2007). Getaran seluruh tubuh (*Whole body vibration*) adalah getaran pada tubuh pekerja

yang bekerja sambil duduk atau sedang berdiri dimana landasannya menimbulkan getaran, frekuensi getarannya sering terjadi sebesar 5-20 Hz (Salim, 2002).

Pemaparan terhadap getaran dalam dunia kerja tampaknya meningkat, dengan tingginya getaran pada lingkungan kerja, ini mewakili proporsi yang signifikan dari semua pekerjaan. Di Eropa, Kanada, dan Amerika Serikat misalnya, diperkirakan bahwa sampai tujuh persen dari seluruh pekerja secara rutin terpapar dengan *Whole body vibration* (Bovenzi dan Hulshof, 1998). Sedangkan di Inggris, sekitar sembilan juta orang terkena beberapa bentuk dari *Whole body vibration* setiap minggunya (Palmer, 2000).

Ada beberapa fasilitas untuk mensimulasikan kondisi lingkungan kerja di Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi (PSKE), Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret Surakarta, khususnya pada ruang iklim yaitu simulasi pencahayaan, temperatur, kebisingan, kelembaban, warna, dan bau-bauan. Simulasi getaran adalah salah satu fasilitas penting yang belum dimiliki oleh ruang iklim Laboratorium PSKE, padahal secara fungsi fasilitas simulasi getaran ini sangat berkontribusi untuk menghadirkan situasi lingkungan kerja secara lebih nyata. Di samping itu, banyak sekali hal-hal penting yang dapat dijadikan bahan kajian dengan adanya fasilitas ini. Oleh karena itu, hadirnya rantai getar sebagai fasilitas simulasi getaran di ruang iklim Laboratorium PSKE sangat diperlukan.

Lantai getar yang dibutuhkan adalah rantai getar yang dapat memberikan simulasi getaran dengan kontrol frekuensi manual untuk menghasilkan karakteristik getaran yang diinginkan. Adapun mekanisme penggerak secara umum yang dapat dipakai untuk rantai getar meliputi sistem hidrolik, sistem pneumatik, dan sistem mekanik. Sistem hidrolik mempunyai kemampuan tekanan yang sangat baik tetapi menghasilkan respon yang relatif lambat. Sedangkan sistem pneumatik memiliki kemampuan respon yang cepat tetapi dengan kemampuan tekanan yang kecil. Sementara itu, mekanisme penggerak rantai getar yang dibutuhkan adalah yang tekanan baik dan respon cepat. Sistem dengan karakteristik seperti ini lebih dekat ke sistem mekanik. Sistem mekanik untuk menghasilkan getaran biasanya menggunakan penggerak motor berupa motor *unbalance*. Motor *unbalance* adalah sebuah motor listrik yang putarannya menghasilkan getaran karena adanya beban *unbalance* pada porosnya. Kelebihan

motor *unbalance* adalah mudah dipasang dan dikombinasikan sehingga memiliki kemampuan untuk menghasilkan modus getaran yang beragam (modus horisontal, vertikal, dan kombinasinya). Berdasarkan situasi permasalahan yang telah disampaikan, penelitian ini akan membahas tentang perancangan mekanisme penggerak untuk lantai getar menggunakan motor *unbalance*.

## 1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dirumuskan permasalahan dari penelitian ini adalah bagaimana merancang lantai getar yang dapat mensimulasikan kondisi getaran dengan menggunakan mekanisme motor *unbalance*.

## 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah merancang lantai getar dengan menggunakan sistem kerja dari motor *unbalance* yang dapat diatur kecepatan getarannya.

## 1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang dicapai dari penelitian ini yaitu lantai getar sebagai sarana simulasi kondisi getaran yang menghasilkan tingkat getaran yang diinginkan untuk mengenalkan lebih awal keadaan lingkungan kerja terhadap getaran.

## 1.5 BATASAN MASALAH

Batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Rancangan lantai getar memiliki dimensi yang disesuaikan terhadap lokasi penempatan di laboratorium perancangan sistem kerja dan ergonomi dengan ukuran panjang 1650 mm, lebar 1200 mm dan tinggi lantai 375 mm.
2. Rancangan lantai getar dibuat untuk beban maksimal 100 kg.
3. Perancangan diutamakan pada sistem mekanik.
4. Pengendalian getaran hanya untuk frekuensinya.
5. Analisis pembebanan statis.
6. Efek getaran terhadap tubuh manusia belum dilakukan.

7. Modus getaran yang dihasilkan adalah vertikal, horisontal, dan kombinasinya.
8. Motor *unbalance* diletakkan pada kontruksi secara statis.

## 1.6 ASUMSI

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Beban terhadap kontruksi diasumsikan terpusat untuk setiap kerangka.
2. Beban *frame* diabaikan.
3. Frekuensi pada lantai dengan frekuensi yang dihasilkan pada motor *unbalance* adalah sama.

## 1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan penelitian dalam laporan tugas akhir ini mengikuti uraian yang diberikan pada setiap bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasannya. Dari pokok-pokok permasalahan dapat dibagi menjadi enam bab seperti dijelaskan, di bawah ini.

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, asumsi dan sistematika penulisan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini memberi penjelasan secara terperinci mengenai landasan teori tentang getaran mekanik, pengertian lantai getar, mekanika kontruksi lantai getar, teori motor penggerak, dan pengertian tentang getaran yang ditimbulkan pada lantai dan terkait langsung dengan penelitian yang dilakukan dari buku, jurnal penelitian, sumber literatur lain, dan studi terhadap penelitian terdahulu.

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan gambaran terstruktur tahap-tahap proses pelaksanaan penelitian dan tahapan pengerjaan pengolahan data yang digambarkan dalam diagram alir (*flow chart*).

*commit to user*

**BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

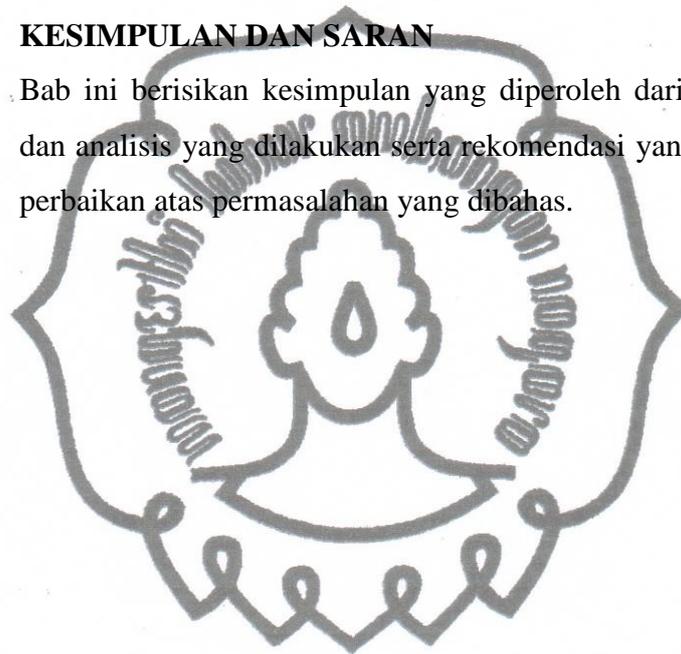
Bab ini berisikan uraian mengenai data-data atau informasi yang digunakan dalam proses pengolahan data sesuai dengan langkah-langkah pemecahan masalah yang dikembangkan pada bab sebelumnya.

**BAB V : ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL**

Bab ini berisi tentang analisis dan interpretasi hasil terhadap pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan.

**BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari pengolahan data dan analisis yang dilakukan serta rekomendasi yang diberikan untuk perbaikan atas permasalahan yang dibahas.

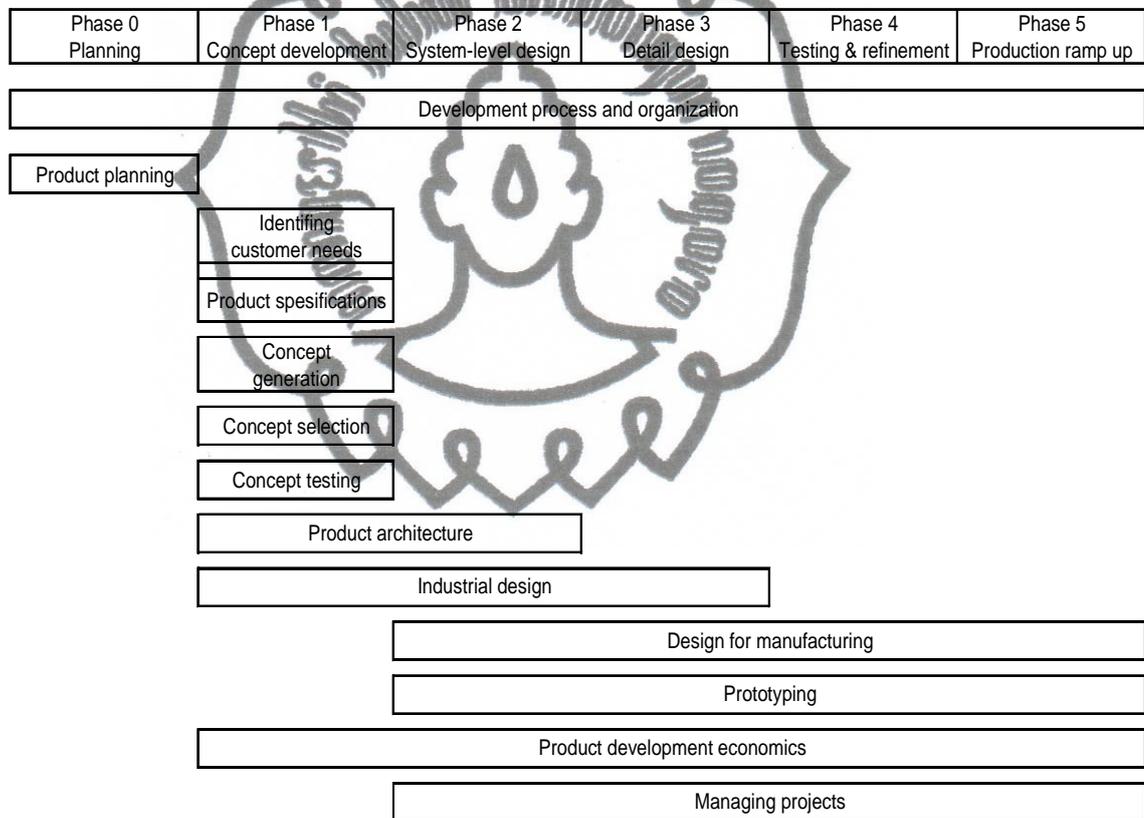


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai konsep dan teori yang digunakan dalam penelitian, sebagai landasan dan dasar pemikiran untuk membahas serta menganalisa permasalahan yang ada.

### 2.1 PROSES PERANCANGAN PRODUK

Terdapat enam buah fase dalam proses perancangan sebuah produk. gambar 2.1 yang menjabarkan enam fase dalam perancangan produk beserta metode terintegrasi dari setiap fasenya (Ulrich dan Eppringer, 2001).



**Gambar 2.1 Proses perancangan produk**

Sumber: Ulrich & Eppringer, 2001

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan produk rantai getar.

Berikut ini langkah-langkah dalam perancangan produk, yaitu:

1. Identifikasi kebutuhan konsumen atau *Voice of Customer* (VoC)
2. Penentuan spesifikasi produk
3. Penyusunan konsep produk *commit to user*

4. Pemilihan konsep produk
5. Pengujian konsep produk terpilih

### 2.1.1 Identifikasi Voice Of Customer

Ada beberapa tahapan dalam mengidentifikasi *voice of customer*, yaitu:

1. Pengumpulan data awal.

Pengumpulan data awal berhubungan dengan konsumen dari produk yang direncanakan. Terdapat tiga metode dalam pengumpulan data mentah yang banyak digunakan adalah wawancara, *focus group*, dan observasi produk saat digunakan.

Metode yang paling dianjurkan adalah wawancara, pada metode wawancara telah terdapat suatu pedoman mengenai jumlah wawancara yang harus dilakukan, 10 wawancara dirasa kurang sedangkan 50 buah wawancara menjadi terlalu banyak. Wawancara dapat diadakan secara berurutan, dan dihentikan bila tidak ada lagi kebutuhan konsumen yang baru yang terungkap oleh wawancara tambahan.

2. Interpretasi data mentah menjadi keperluan konsumen.

Keperluan konsumen diekspresikan sebagai pernyataan tertulis dan merupakan hasil interpretasi kebutuhan yang berupa data mentah yang diperoleh dari konsumen. Pedoman dalam menginterpretasikan data awal yaitu ekspresikan kebutuhan sebagai "apa yang harus dilakukan?" atau "bagaimana melakukannya?", ekspresikan keperluan sama spesifiknya seperti data mentah, gunakan pernyataan positif bukan negatif, ekspresikan keperluan sebagai atribut dari produk, dan hindari kata "harus" atau "sebaiknya".

3. Pengorganisasian kebutuhan menjadi hierarki.

Hasil dari pengorganisasian ini menghasilkan daftar yang berisi satu set keperluan primer yang masing-masing tergolong lebih lanjut membentuk kebutuhan-kebutuhan sekundernya.

4. Menetapkan kepentingan relatif setiap kebutuhan

Terdapat dua pendekatan dasar dari tahapan ini yaitu pengadaan pada konsensus dari anggota tim berdasarkan pada pengalaman mereka saat bersama

*commit to user*

konsumen dan pengadaan pada hasil penilaian tingkat kepentingan dengan survey lebih lanjut pada konsumen.

### 2.1.2 Penetapan Spesifikasi Produk

Langkah dalam penetapan spesifikasi produk, sebagai berikut:

#### 1. Persiapan daftar spesifikasi produk.

Atribut teknis mengkonversi VoC (*Voice of Customer*) ke dalam bahasa fabrikasi (*engineering characteristics*). Dalam hal ini, merupakan usaha mengubah hal-hal yang bersifat kualitatif menjadi sesuatu yang bersifat kuantitatif. Pada langkah ini diidentifikasi hubungan antara VoC dengan spesifikasi teknisnya, dan hubungan antara sesama spesifikasi teknis.

Penyusunan matriks relasi VoC berdasarkan kriteria bobot yaitu 1 yang berarti lemah, 3 berarti sedang dan 9 berarti kuat. Tujuan identifikasi hubungan VoC dengan spesifikasi teknisnya adalah mencari hubungan utama antara spesifikasi teknis dengan VoC. Terakhir, identifikasi bobot kolom. Bobot kolom suatu karakteristik didapat dengan menjumlahkan hasil bobot kepentingan tiap VoC dengan nilai relasi VoC dengan spesifikasi teknis tersebut. Nilai bobot tersebut menunjukkan tingkat kepentingan suatu karakteristik teknis produk untuk diperhatikan.

#### 2. Pengumpulan informasi produk pesaing.

Terdapat dua cara melakukan perbandingan dengan produk pesaing yaitu (1) Perbandingan pada atribut teknis, dengan cara pembelian, pengujian, dan pembongkaran produk-produk pesaing. Cara ini dapat memakan banyak waktu dan biaya dan (2) Perbandingan pada pemenuhan kebutuhan konsumen. Cara ini dilakukan dengan mengumpulkan persepsi konsumen yang menyatakan kepuasan konsumen atas produk-produk pesaing.

#### 3. Penetapan nilai target bagi setiap spesifikasi produk.

Penentuan target spesifikasi produk berguna untuk menjadi pedoman pada tahap-tahap berikutnya dari fase perancangan konsep, yaitu pada tahap perancangan konsep dan pemilihan konsep, dan juga penyaringan atribut-atribut teknis setelah konsep produk telah terpilih.

Terdapat lima cara untuk menyatakan nilai target spesifikasi produk, yaitu:

↑ : semakin tinggi dimensi karakteristik teknis semakin baik.

- ↓ : semakin rendah dimensi karakteristik teknis semakin baik.
- : ada target tertentu untuk karakteristik teknis yang harus dipenuhi.  
Memenuhi target tersebut adalah terbaik untuk kepuasan konsumen.
- ♂ : target adalah tujuan terbaik. Tetapi jika ada kesulitan untuk mencapai nilai tersebut, semakin tinggi dimensi karakteristik teknis semakin baik.

### 2.1.3 Penyusunan Konsep Produk

Merupakan pernyataan tujuan dari misi perancangan produk, VoC dan daftar spesifikasi produk adalah *input* bagi tahap perancangan konsep ini. Penentuan konsep produk terdiri atas empat tahapan, yaitu:

#### 1. Penjelasan masalah.

Penjelasan masalah mencakup pembangunan pengertian secara general dan kemudian memecah permasalahan menjadi subpermasalahan bila diperlukan. Pemecahan permasalahan menjadi subpermasalahan yang lebih simpel disebut dekomposisi masalah. Dekomposisi masalah yang dilakukan, sebagai berikut:

- a. Dekomposisi fungsional, memecah fungsi produk menjadi subfungsi-subfungsi yang lebih mudah diteliti.
- b. Dekomposisi dengan mengacu pada urutan gerak pengguna saat penggunaan produk, digunakan pada produk dengan fungsi teknis sederhana yang melibatkan banyak interaksi dengan pengguna.
- c. Dekomposisi dengan mengacu pada VoC, digunakan pada produk yang tidak bekerja berdasarkan suatu prinsip atau teknologi.

#### 2. Pencarian eksternal.

Pencarian eksternal bertujuan untuk menemukan penyelesaian bagi masalah dan submasalah yang diidentifikasi pada tahap penjelasan masalah. Pencarian eksternal untuk pemecahan masalah ini adalah pengumpulan informasi. Lima cara untuk mengumpulkan informasi dari sumber eksternal sebagai berikut wawancara konsumen utama, konsultasi dengan ahli, pencarian literatur, dan perbandingan kompetitif.

#### 3. Pencarian internal (pada tim pengembang produk itu sendiri).

Pencarian internal adalah penggunaan dari pengetahuan dan kreativitas personal atau tim pengembang produk untuk menerima ide-ide yang terlihat

*commit to user*

mungkin untuk dikerjakan, gunakan media grafik dan fisik, dan pemeriksaan secara sistematis.

#### 4. Menggali secara sistematis.

Sebagai hasil dari pencarian eksternal dan internal, terdapat puluhan atau ratusan penyelesaian konsep untuk subpermasalahan. Pemeriksaan secara sistematis ini bertujuan untuk mengarahkan kemungkinan dengan mengelompokkan dan menyatukan fragmen penyelesaian tersebut. Terdapat dua alat spesifik yang dapat membantu tahapan ini yaitu *the concept classification tree* dan *the concept combination table*. Alat ini membantu menemukan keseluruhan dari variasi produk dengan mengkombinasikan bagian alternatif yang ada.

### 2.1.4 Pemilihan Konsep Produk

Pemilihan konsep produk adalah proses evaluasi dengan kriteria VoC dan kriteria lainnya, membandingkan kelebihan dan kekurangan relatif dari masing-masing konsep, dan memilih satu atau lebih konsep untuk penelitian atau perancangan lebih lanjut.

Sebuah perancangan yang sukses adalah yang menjalani pemilihan konsep yang terstruktur. Sebuah metode terstruktur yang menjadi banyak digunakan memiliki dua buah tahapan proses yaitu penyaringan konsep dan penilaian konsep, yaitu:

#### 1. Penyaringan konsep (*concept screening*).

Penyaringan konsep menggunakan sebuah konsep referensi untuk mengevaluasi berbagai macam konsep berdasarkan kriteria pemilihan. Penyaringan konsep menggunakan sebuah sistem perbandingan kasar untuk memperkecil jumlah konsep yang dipertimbangkan lebih lanjut. Penyaringan konsep ini berdasarkan sebuah metode yang dibangun oleh Sturt Pugh pada tahun 1980-an dan disebut sebagai metode Pugh. Penyaringan konsep melewati lima buah langkah pengerjaan, yaitu:

##### a. Mempersiapkan matriks pemilihan.

Untuk mempersiapkan matriks, dipilih media yang tepat untuk menuangkan konsep-konsep yang dibahas. Kemudian matriks diisi dengan

*inputnya* yaitu konsep-konsep dan kriterianya. Konsep yang dibahas sangat baik bila digambarkan dengan deskripsi tertulis dan juga penggambaran secara grafis.

Konsep-konsep memasuki bagian atas dari matriks, dan kriteria memasuki bagian kiri. Kriteria ini dipilih berdasarkan VoC. Kriteria pemilihan sebaiknya dipilih karena mampu membedakan konsep satu dengan yang lainnya. Setelah dipertimbangkan dengan teliti, kemudian dipilih sebuah konsep yang menjadi referensi perbandingan membangun konsep penyelesaian. Pencarian internal ini dapat dilakukan oleh individu maupun tim. Terdapat empat buah acuan yang berguna untuk melakukan pencarian internal baik untuk individu maupun tim yaitu menunda keputusan, mengembangkan banyak ide.

b. Menghitung nilai dari konsep.

Nilai-nilai yaitu "lebih baik" (+), "sama" (0), atau "lebih buruk" (-) diletakkan pada setiap sel pada matriks yang menunjukkan bagaimana perbandingan setiap konsep dengan konsep referensi terhadap setiap kriteria. Proses ini disarankan untuk menilai setiap konsep terhadap satu kriteria sebelum melangkah pada kriteria selanjutnya. Bagaimanapun, bila yang terjadi adalah jumlah konsep yang banyak, maka yang dilakukan adalah sebaliknya yaitu menilai konsep satu konsep pada setiap kriteria, baru melangkah ke konsep selanjutnya.

c. Memberi ranking pada tiap konsep.

Setelah menilai semua konsep yang ada, kemudian dijumlahkan nilai "lebih baik", "sama", dan "lebih buruk". Kemudian nilai total pada setiap konsep dapat diperoleh dengan mengurangi jumlah nilai "lebih baik" dengan nilai "lebih buruk". Setelah penjumlahan selesai, langkah selanjutnya adalah memberi ranking pada setiap konsep secaraurut. Terlihat jelas, konsep-konsep dengan banyak nilai positif dan sedikit nilai negatif memiliki ranking yang lebih tinggi.

- d. Menyatukan dan memperbaiki konsep.

Setelah setiap konsep dinilai dan diranking, sebaiknya diperiksa apakah setiap konsep masuk akal dan kemudian mempertimbangkan kemungkinan adanya konsep-konsep yang dapat disatukan dan diperbaiki.

- e. Memilih satu atau lebih konsep.

Setelah puas dengan pengertian tentang setiap konsep dan kualitasnya, maka langkah selanjutnya adalah memilih konsep mana yang dilanjutkan pada penyaringan dan analisis lebih jauh.

## 2. Penilaian Konsep (*Concept Scoring*).

Penilaian konsep digunakan saat pemecahan meningkat membedakan dengan lebih baik di antara konsep-konsep yang bersaing. Pada tahap ini dilakukan penimbangan kepentingan relatif dari kriteria pemilihan yang berfokus pada perbandingan terhadap setiap kriteria. Skor dari setiap konsep diperoleh dari jumlah pembobotan dari penilaian. Sama seperti pada tahap penyaringan konsep, tahap penilaian konsep ini juga memiliki lima buah langkah pengerjaan, yaitu:

- a. Mempersiapkan matriks pemilihan.

Seperti pada penyaringan konsep, dipersiapkan sebuah matriks dan identifikasi sebuah konsep referensi. Pada banyak kasus, lembar kerja pada komputer adalah format terbaik untuk melakukan pemberian ranking dan analisa sensitifitas. Konsep-konsep yang telah diidentifikasi untuk analisis dimasukkan ke bagian atas matriks, sedangkan kriteria-kriteria pemilihan di bagian kiri matriks. Setelah dua hal tersebut, kemudian ditambahkan bobot kepentingan pada matriks. Beberapa cara yang berbeda dapat digunakan untuk memberi bobot pada kriteria, seperti menetapkan suatu nilai kepentingan dari 1 hingga 5, atau meletakkan suatu nilai persentase yang berjumlah total 100% pada kriteria ini.

- b. Menghitung nilai dari konsep.

Seperti pada tahap penyaringan konsep, dalam langkah menghitung nilai konsep ini lebih mudah dilakukan dengan memberi nilai pada semua konsep terhadap satu kriteria terlebih dahulu. Baru dilanjutkan pada kriteria selanjutnya. Untuk pemberian nilai pada konsep direkomendasikan menggunakan skala 1 sampai 5.

- c. Memberi ranking pada setiap konsep.  
Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai bobot yaitu dengan mengalikan baris nilai dengan kriteria. Total skor bagi setiap konsep adalah penjumlahan dari nilai-nilai bobot.
- d. Menyatukan dan memperbaiki konsep.  
Sama seperti pada penyaringan konsep, pada langkah ini dicari kombinasi atau perubahan untuk memperbaiki konsep. Walaupun perancangan konsep formal telah selesai sebelum pemilihan konsep berlangsung supaya disadari kelebihan dan kekurangan yang melekat pada konsep produk yang ada.
- e. Memilih satu atau lebih konsep.  
Pemilihan akhir tidak semudah memilih konsep yang mencapai ranking tertinggi setelah melewati proses sebelumnya. Lebih baik, diselidiki evaluasi awal dengan melakukan analisis sensitivitas. Menggunakan lembar kerja pada komponen komputer, dapat dilakukan perubahan bobot dan nilai untuk melihat efeknya pada ranking.

Melakukan investigasi sensitivitas dari ranking dengan variasi pada nilai, ditaksir apakah ketidakpastian mengenai nilai tertentu memiliki pengaruh yang besar terhadap pilihan akhir. Pada beberapa kasus dapat dipilih konsep dengan skor lebih rendah dimana terdapat ketidakpastian lebih kecil daripada sebuah konsep dengan skor yang lebih tinggi yang mungkin tidak dapat berfungsi atau lebih tidak diinginkan hasil akhirnya.

Berdasarkan pada matriks pemilihan, dapat diputuskan untuk memilih dua atau lebih konsep terbaiknya. Konsep ini dapat dikembangkan lebih lanjut, dibuat prototipenya, dan diuji untuk memperoleh umpan balik dari konsumen.

## 2.2 GETARAN MEKANIK

Pada sub bab ini membahas mengenai pengertian teori tentang getaran khususnya pada getaran mekanik, getaran terhadap aktivitas manusia, sumber dari getaran yang terjadi, akibat dari getaran yang diterima, dan besarnya nilai dari getaran mekanik.

### 2.2.1 Pengertian Getaran

Getaran dapat diartikan sebagai gerakan suatu sistem bolak-balik, gerakan tersebut dapat berupa gerakan yang harmonis sederhana dapat pula sangat

kompleks yang sifatnya dapat periodik atau random, *steady* atau *transient*, kontinyu atau *intermittent*. Sistem tersebut dapat berupa gas (udara), cairan (*liquid*), dan padat (*solid*). Partikel-partikel dari suatu sistem (gas, cair dan padat) mempunyai karakteristik sebagai berikut yaitu mempunyai amplitudo, kecepatan dan percepatan (*acceleration*) (Uhud, dkk., 2008).

Getaran alat kerja adalah suatu faktor fisik yang menjalar ke tubuh manusia, mulai dari tangan sampai ke seluruh tubuh turut bergetar (*oscillation*) akibat getaran peralatan mekanik yang dipergunakan dalam tempat kerja (Salim, 2002). Getaran terjadi saat mesin atau alat yang dijalankan dengan motor, sehingga pengaruhnya bersifat mekanis (Budiono, 2003).

Getaran mekanis dapat diartikan sebagai getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis yang sebagian dari getaran ini sampai ke tubuh dan dapat menimbulkan akibat yang tidak diinginkan pada tubuh (Wignjosoebroto, 2000). Getaran mekanis dibedakan berdasarkan jenis pajanannya. Terdapat dua bentuk yaitu getaran seluruh tubuh (*Whole Body Vibration*) dan getaran pada tangan dan lengan (*Hand And Arm Vibration*) (Salim, 2002).

### 2.2.2 Getaran Aktivitas Manusia

Getaran seluruh tubuh adalah getaran pada tubuh pekerja yang bekerja sambil duduk atau sedang berdiri tetapi landasannya bekerja, biasanya frekuensi getaran ini adalah sebesar 5-20 Hz (Salim, 2002).

Badan manusia merupakan suatu susunan elastik yang kompleks dengan tulang sebagai penyokong dari alat-alat dan landasan kekuatan dari kerja otot. Kerangka, alat-alat, urat-urat, dan otot-otot memiliki sifat elastik yang bekerja secara serentak sebagai peredam dan penghantar getaran sekaligus. Pengaruh getaran terhadap tubuh ditentukan sekali oleh posisi tubuh atau sikap kerja (Gabriel, 1996).

Getaran pada tangan dan lengan di dalam getaran yang merambat melalui tangan akibat pemakaian peralatan yang bergetar, biasanya frekuensinya antara 20-500 Hz. Sedangkan frekuensi yang paling berbahaya adalah pada frekuensi 125 Hz karena tubuh manusia sangat peka pada frekuensi ini (Salim, 2002). Getaran pada tangan dan lengan terjadi ketika menggunakan alat-alat yang bergetar seperti bor tangan, bor pneumatik, alat-alat gerinda, gergaji motor,

gergaji listrik, tukang semprot, dan alat pemotong rumput. Alat-alat yang dipakai tersebut bergetar dan getaran tersebut disalurkan pada tangan, getaran-getaran dalam waktu singkat tidak berpengaruh pada tangan tetapi dalam jangka waktu yang cukup lama menimbulkan kelainan pada tangan.

### 2.2.3 Sumber Getaran

Sumber getaran berasal dari perkakas yang bergetar secara luas dipergunakan dalam industri logam, perakitan kapal, dan otomotif, juga di pertambangan, kehutanan, dan pekerjaan konstruksi. Perkakas yang paling umum adalah bor pneumatik, pahat getar, alat-alat gerinda, gergaji, motor, mesin penghalus dan palu pneumatik.

Getaran seluruh badan terutama terjadi pada alat pengangkut, yakni alat-alat pengangkut pada industri, truk, traktor pertanian dan alat-alat traktor untuk mengerjakan tanah. Getaran pada lengan atau tangan (getaran lokal) berasal dari alat-alat yang bergetar yang banyak digunakan di industri, kehutanan, pembangunan, dan pertambangan. Dalam pertambangan alat demikian adalah tukul dan pengeboran kempa. Di pabrik baja dan pengecoran logam sering dipakai gerinda. Dalam kehutanan di pakai gergaji-gergaji listrik yang menimbulkan getaran lengan pemakainya (Suma'mur, 1996).

### 2.2.4 Akibat dari Getaran

Efek getaran mekanis dibedakan menjadi dua meliputi efek getaran terhadap tubuh dan efek getaran terhadap tangan (Gabriel, 1996), yaitu:

#### 1. Efek getaran terhadap tubuh.

Efek getaran terhadap tubuh tergantung besar kecilnya frekuensi yang mengenai tubuh. Pada frekuensi 3-6 Hz timbul resonansi pada dada dan perut; frekuensi 6-10 Hz dengan intensitas 0,6 gr tekanan darah, denyut jantung, pemakai O<sub>2</sub> dan volume perdenyutan sedikit berubah. Pada intensitas 1,2 gr terlihat banyak perubahan sistem peredaran darah; frekuensi 10 Hz, tonus otot meningkatkan. Akibat kontraksi statis otot menjadi lemah, rasa tidak enak dan kurang konsentrasi; pada frekuensi di atas 20 Hz otot-otot menjadi kendur.

Getaran tersebut biasanya terjadi dialami oleh pengemudi kendaraan seperti traktor, bus, helikopter, atau bahkan kapal. Efek pada organ tertentu

bergantung pada resonansi alamiah organ tersebut. Disamping rasa tidak nyaman yang ditimbulkan oleh goyangan organ seperti ini, menurut beberapa penelitian, telah dilaporkan efek jangka lama menimbulkan *osteoarthritis* tulang belakang (Harrington, 2003). Menambahnya tonus otot-otot oleh karena getaran dibawah frekuensi 20 Hz menjadi sebab kelelahan. Kontraksi statis ini menyebabkan penimbunan *asam laktat* dalam alat-alat dengan bertambahnya panjang waktu reaksi. Rasa tidak enak menjadi sebab kurangnya perhatian. Rangsangan-rangsangan pada sistem *retikuler* di otak menjadi sebab mabuk. Sebaliknya, frekuensi diatas 20 Hz menyebabkan pengenduran otot. Getaran frekuensi tinggi 30-50 Hz digunakan dalam kedokteran olahraga untuk memulihkan otot sesudah kontraksi luar biasa (Suma'mur, 1996).

## 2. Efek getaran terhadap tangan.

Alat-alat yang dipakai bergetar dan getaran tersebut disalurkan pada tangan. Getaran dalam waktu singkat tidak berpengaruh pada tangan tetapi dalam jangka waktu cukup lama menimbulkan kelainan pada tangan berupa kelainan pada persyarafan dan peredaran darah, dan kerusakan pada persendian dan tulang.

Kelainan pada persyarafan dan peredaran darah, gejalanya sangat mirip dengan fenomin *Raynaud*, yang diberi batasan sebagai keadaan pucat dan biru yang berulang dari anggota badan, dengan mulai tampak pada saat anggota badan kedinginan, tanpa adanya gejala klinis seperti penyumbatan dari pembuluh-pembuluh darah tepi dan kelainan gizi, dan bila ada hanya terbatas pada kulit. Gejala-gejala pertama adalah pemucatan dan kekakuan ujung-ujung jari yang terjadi berulang secara tidak teratur, yang sering sekali akibat kedinginan. Mula-mula pada sebelah tangan, tapi kemudian meluas pada kedua tangan secara *assimetris*. Serangan berlangsung dari beberapa menit sampai beberapa jam dengan tingkat berbeda dalam hal sakit, kehilangan daya pegang dan pengendalian otot.

### 2.2.5 Besarnya Getaran Mekanik

Pada keputusan Menteri Negara lingkungan hidup bahwa baku tingkat getaran mekanik dan getaran kejut adalah batas maksimal tingkat getaran

mekanik yang diperbolehkan dari usaha atau kegiatan pada media padat sehingga tidak menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan dan kesehatan serta keutuhan bangunan. Baku tingkat getaran untuk kenyamanan dan kesehatan tercantum pada keputusan Menteri Negara lingkungan hidup nomor KEP.49/MENLH/1996.

**Tabel 2.1 Baku tingkat getaran untuk kenyamanan dan kesehatan**

Frekuensi (Hz)	Nilai Tingkat Getaran, dalam mikro ( $10^{-6}$ meter)			
	Tidak Mengganggu	Mengganggu	Tidak Nyaman	Menyakitkan
4	< 100	100 - 500	>500 - 1000	> 1000
5	< 80	80 - 350	>350 - 1000	> 1000
6.3	< 70	70 - 275	>275 - 1000	> 1000
8	< 50	50 - 160	>160 - 500	> 500
10	< 37	37 - 120	>120 - 300	> 300
12.5	< 32	32 - 90	>90 - 220	> 220
16	< 25	25 - 60	>60 - 120	> 120
20	< 20	20 - 40	>40 - 85	> 85
25	< 17	17 - 30	>30 - 50	> 50
31.5	< 12	12 - 20	>20 - 30	> 30
40	< 9	9 - 15	>15 - 20	> 20
50	< 8	8 - 12	>12 - 15	> 15
63	< 6	6 - 9	>9 - 12	> 12

Sumber: Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor KEP.49/MNLH/1996

### 2.3 LANTAI GETAR

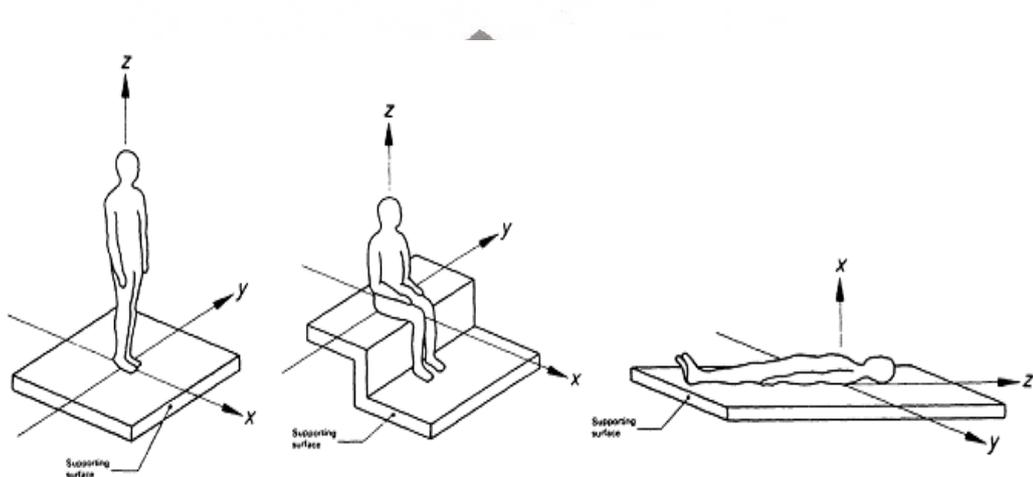
Getaran lantai adalah hasil alami dari gaya dinamis yang bekerja pada sistem lantai, disebabkan oleh sesuatu yang sederhana seperti orang berjalan menyeberangi ruangan. Apapun jenis lantai, semua lantai dimanapun tergantung dari tingkat getaran. Jika getaran yang berlebihan, dapat mengganggu penghuni rumah itu, mengurangi rasa kenyamanan dan keamanan, dan bahkan menimbulkan ketakutan keselamatan struktural. Getaran lantai adalah fenomena rumit dipengaruhi oleh beberapa parameter, termasuk evaluasi subjektif.

Manusia memiliki tingkat sensitivitas yang berbeda terhadap getaran lantai. Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat persepsi dan tingkat sensitivitas manusia pada getaran, sebagai berikut:

#### 1. Posisi tubuh manusia.

Posisi tubuh manusia didefinisikan sebagai sistem koordinat seperti pada gambar 2.2. Disini, sumbu  $x$  mendefinisikan dari punggung ke arah dada,  $y$  axis

mendefinisikan sisi kanan ke arah sisi kiri, dan sumbu  $z$  mendefinisikan kaki (pantat) ke arah kepala. Rentang frekuensi maksimum sensitivitas untuk percepatan bagi manusia adalah antara 4 sampai 8 Hz untuk getaran sepanjang sumbu  $z$  dan 0 sampai 2 Hz untuk getaran sepanjang sumbu  $x$  atau sumbu  $y$ . Sementara getaran sumbu  $z$  adalah yang paling penting dalam desain lantai kantor dan tempat kerja lainnya, semua dari tiga sumbu menjadi penting dalam desain tempat tinggal dan hotel tempat tidur nyaman harus dipertimbangkan.



**Gambar 2.2 Arah koordinat sistem untuk getaran yang mempengaruhi manusia**

Sumber: Naeim, 1991

dengan;

- $x$  axis= bagian sisi belakang ke dada.
- $y$  axis= bagian sisi kanan ke sisi kiri.
- $z$  axis= bagian kaki (pantat) ke kepala.

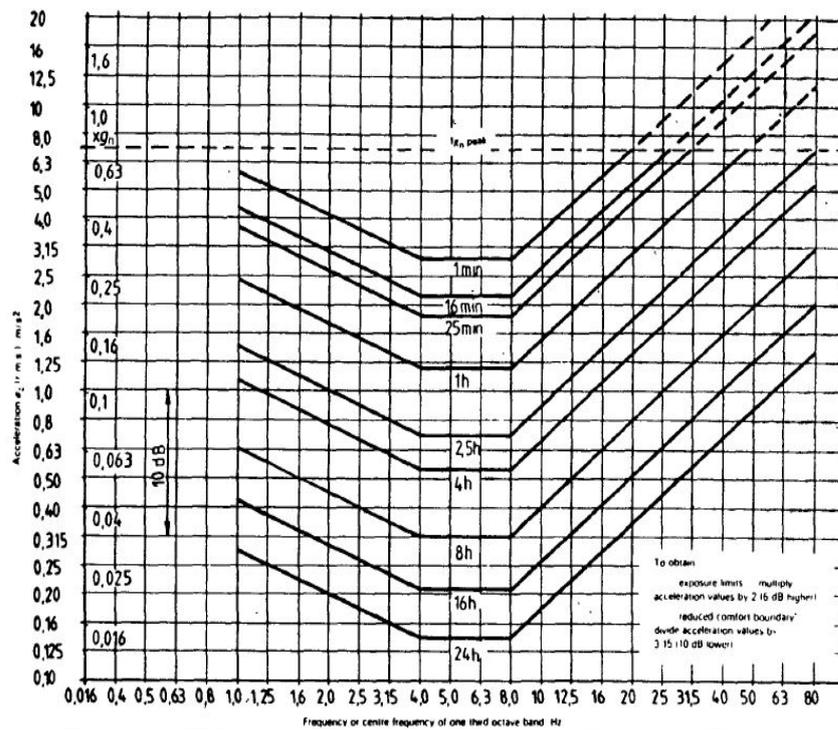
## 2. Sumber karakteristik eksitasi.

Seperti ampitudo, frekuensi yang terima dan durasinya.

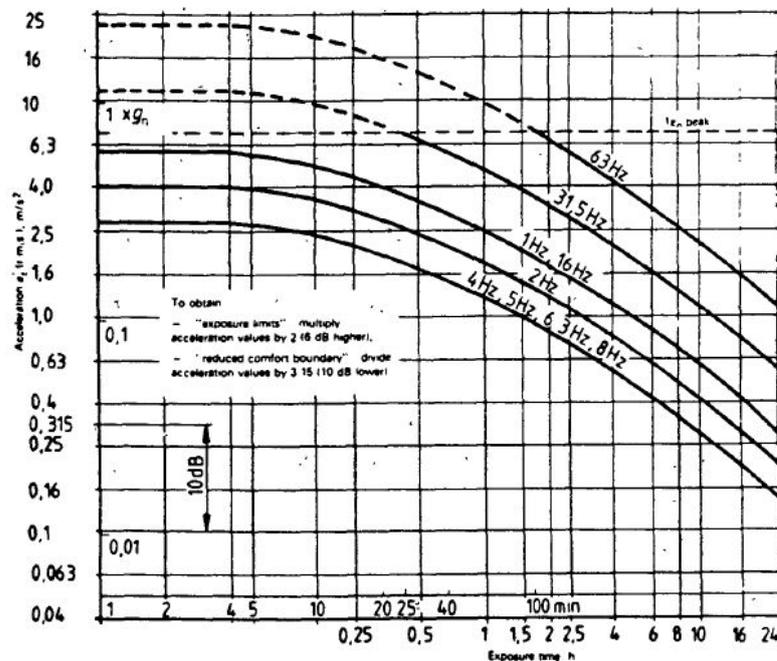
## 3. Waktu pemaparan.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3 dan 2.4, toleransi getaran pada manusia dengan cara karakteristik peningkatan waktu pemaparan.

*commit to user*



**Gambar 2.3** Longitudinal (batas percepatan  $a_z$ ) sebagai fungsi dari frekuensi dan waktu pemaparan (kelelahan-penurunan batas kemampuan).  
 Sumber: Naeim, 1991



**Gambar 2.4** Longitudinal (batas percepatan  $a_z$ ) sebagai fungsi waktu pemaparan dan frekuensi (kelelahan-penurunan batas kemampuan).  
 Sumber: Naeim, 1991

#### 4. Sistem karakteristik lantai.

Seperti frekuensi alam (kekakuan; massa), dan redaman.

#### 5. Tingkat harapan.

Semakin mengira adanya satu getaran dan mengerti tentang sumbernya yang mengejutkan getaran menjadi kurang, karena orang-orang mengira bahwa lebih banyak getaran diruang kerja daripada di lobi hotel, mereka dapat menyiapkan dengan terlebih dahulu daripada belakangan. Kegelisahan dan ketidaknyamanan dapat dikurangi jika penghuni dibuat sadar sifat getaran dan yakin mereka bukan ancaman bagi keselamatan dan kesejahteraan mereka.

#### 6. Jenis kegiatan yang terlibat.

Tingkat persepsi bervariasi dengan sifat kegiatan yang satu bergerak dibidang seperti pekerjaan kantor, dinning, berjalan, atau menari.

### 2.4 MEKANIKA KONTRUKSI LANTAI GETAR

Mekanika (Bahasa Latin *mechanicus*, dari Bahasa Yunani *mechanikos*, "seseorang yang ahli di bidang mesin") adalah jenis ilmu khusus yang mempelajari fungsi dan cara kerja mesin, alat atau benda yang seperti mesin. Mekanika merupakan bagian yang sangat penting dalam ilmu fisika terutama untuk ahli sains dan ahli teknik. Mekanika (*Mechanics*) juga berarti ilmu pengetahuan yang mempelajari gerakan suatu benda serta efek gaya dalam gerakan itu. Cabang ilmu Mekanika terbagi dua meliputi Mekanika Statik dan Mekanika Dinamik (tidak dibahas dalam penelitian ini). Mekanika teknik dikenal juga sebagai mekanika rekayasa atau analisa struktur. Pokok utama dari ilmu tersebut adalah mempelajari perilaku struktur terhadap beban yang bekerja padanya. Perilaku struktur tersebut umumnya adalah lendutan dan gaya-gaya (gaya reaksi dan gaya internal).

#### 2.4.1 Statika

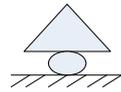
Statika adalah ilmu yang mempelajari tentang statik dari suatu beban terhadap gaya-gaya dan beban yang mungkin ada pada bahan tersebut, atau juga dapat dikatakan sebagai perubahan terhadap panjang benda awal karena gaya atau beban. Terdapat 3 jenis tumpuan dalam ilmu statika untuk menentukan jenis

*commit to user*

perletakan yang digunakan dalam menahan beban yang ada dalam struktur, beban yang ditahan oleh perletakan masing-masing, yaitu:

### 1. Tumpuan rol.

Tumpuan yang dapat meneruskan gaya desak yang tegak lurus bidang peletakannya.



**Gambar 2.5 Tumpuan rol**

Sumber: Popov, 1991

### 2. Tumpuan sendi.

Tumpuan yang dapat meneruskan gaya tarik dan desak tetapi arahnya selalu menurut sumbu batang sehingga batang tumpuan hanya memiliki satu gaya.



**Gambar 2.6 Tumpuan sendi**

Sumber: Popov, 1991

### 3. Tumpuan jepitan.

Jepitan adalah tumpuan yang dapat meneruskan segala gaya dan momen sehingga dapat mendukung  $H$ ,  $V$  dan  $M$  yang berarti mempunyai tiga gaya. Keseimbangan dapat dipenuhi bahwa susunan gaya dalam keadaan setimbang haruslah dipenuhi tiga syarat yaitu  $\sum F_{\text{Horizontal}} = 0$ ,  $\sum F_{\text{Vertikal}} = 0$ ,  $\sum M = 0$ .



**Gambar 2.7 Tumpuan jepitan**

Sumber: Popov, 1991

## 2.4.2 Gaya

Suatu konstruksi bertugas mendukung gaya-gaya luar yang bekerja padanya yang kita sebut sebagai beban. Konstruksi yang ditumpu dan diletakkan pada peletakan-peletakan tertentu agar dapat memenuhi tugasnya yaitu menjaga keadaan konstruksi yang seimbang. Suatu konstruksi dikatakan seimbang bila resultan gaya yang bekerja pada konstruksi tersebut sama dengan nol atau dengan kata lain  $\sum F_x = 0$ ,  $\sum F_y = 0$ ,  $\sum F_z = 0$ ,  $\sum M = 0$  (Popov, 1991).

Gaya adalah sesuatu yang menyebabkan suatu benda dari keadaan diam menjadi bergerak atau sebaliknya. Dalam ilmu statika berlaku hukum (Aksi = Reaksi), gaya dalam statika kemudian dikenal dibedakan menjadi, yaitu:

### 1. Gaya luar.

Gaya luar adalah gaya yang diakibatkan oleh beban yang berasal dari luar sistem yang pada umumnya menciptakan kestabilan konstruksi. Sedangkan beban adalah beratnya beban atau barang yang didukung oleh suatu konstruksi atau bangunan beban dan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu:

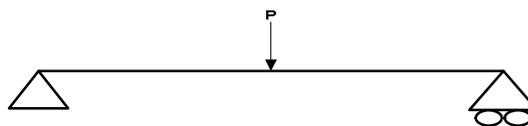
- Beban mati yaitu beban yang sudah tidak dapat dipindah-pindah, seperti dinding, penutup lantai.
- Beban sementara yaitu beban yang masih bisa dipindah-pindahkan, ataupun beban yang dapat berjalan seperti beban orang, mobil (kendaraan), kereta.
- Beban terbagi rata yaitu beban yang secara merata membebani struktur. Beban dapat dibedakan menjadi beban segi empat dan beban segitiga.
- Beban titik terpusat adalah beban yang membebani pada suatu titik.
- Beban berjalan adalah beban yang bisa berjalan atau dipindah-pindahkan baik itu beban merata, titik, atau kombinasi antar keduanya.

### 2. Gaya dalam.

Akibat adanya gaya luar yang bekerja, maka bahan memberikan perlawanan sehingga timbul gaya dalam yang menyebabkan terjadinya deformasi atau perubahan bentuk. Agar suatu struktur tidak hancur atau runtuh maka besarnya gaya bergantung pada struktur gaya luar.

### 3. Gaya geser (*shearing force diagram*).

Gaya geser merupakan gaya dalam yang terjadi akibat adanya beban yang arah garis kerjanya tegak lurus ( $\perp$ ) pada sumbu batang yang ditinjau.

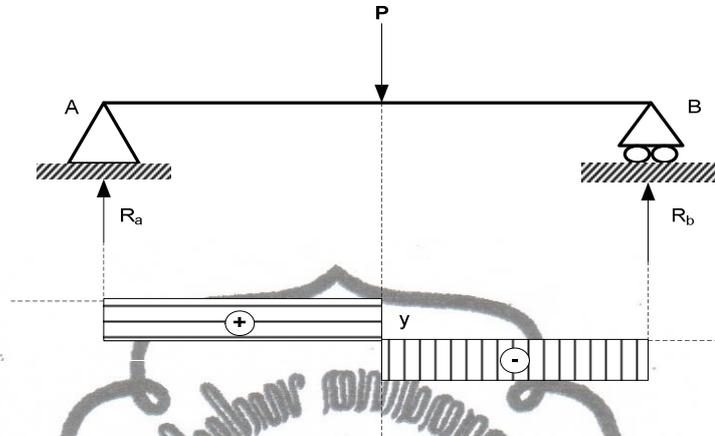


**Gambar 2.8 Sketsa prinsip statika kesetimbangan**

Sumber: Popov, 1991

*commit to user*

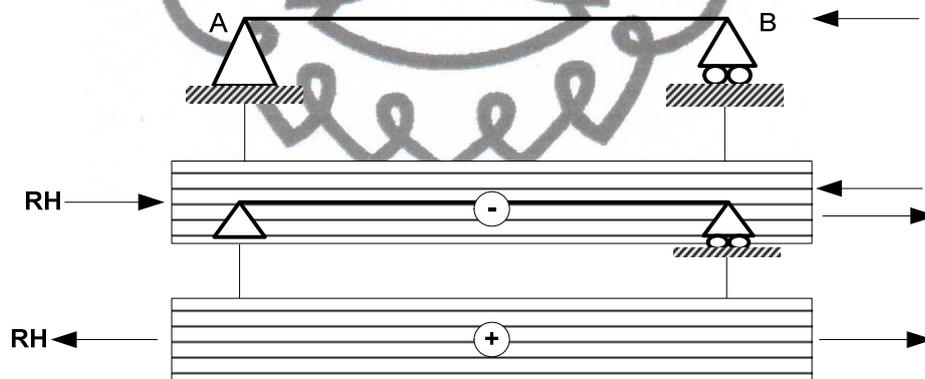
Gaya bidang lintang ditunjukkan dengan SFD (*shearing force diagram*), dimana penentuan tanda pada SFD berupa tanda negatif (-) atau positif (+) bergantung dari arah gaya.



**Gambar 2.9** Sketsa *shearing force diagram*  
Sumber: Popov, 1991

#### 4. Gaya normal (*normal force*).

Gaya normal merupakan gaya dalam yang terjadi akibat adanya beban yang arah garis kerjanya searah ( $//$ ) sumbu batang yang ditinjau.



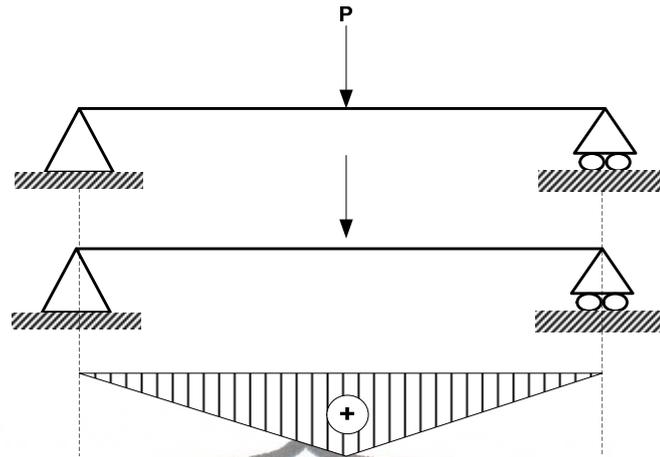
**Gambar 2.10** Sketsa *normal force*  
Sumber: Popov, 1991

Agar batang tetap utuh, maka gaya dalam sama dengan gaya luar. Pada gambar diatas nampak bahwa tanda (-) negatif yaitu batang tertekan, sedang bertanda (+) batang tertarik.

#### 5. Momen.

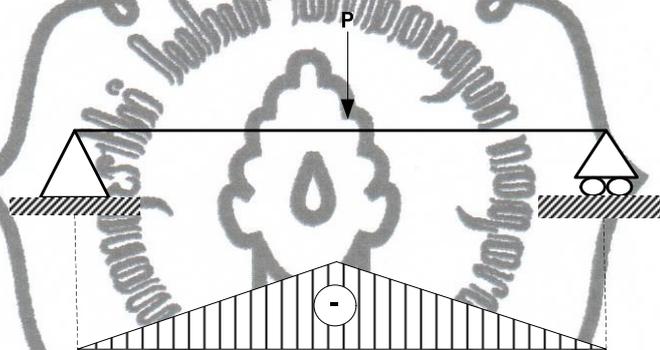
Momen adalah gaya yang bekerja dikalikan dengan panjang lengan yang terjadi akibat adanya beban yang terjadi pada struktur tersebut.

*commit to user*



**Gambar 2.11 Sketsa momen bending (+)**

Sumber: Popov, 1991

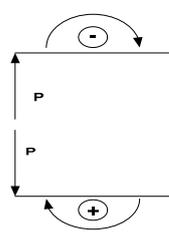


**Gambar 2.12 Landasan Sketsa momen bending (-)**

Sumber: Popov, 1991

Dalam sebuah perhitungan gaya dalam momen memiliki kesepakatan yang senantiasa dipenuhi yaitu pada arah tinjauan, yaitu:

- Ditinjau dari arah kanan



Bila searah jarum jam (+)

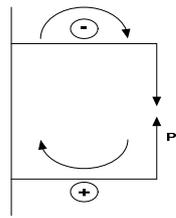
Bila berlawanan jarum jam (-)

**Gambar 2.13 Landasan arah kanan**

Sumber: Popov, 1991

*commit to user*

- Ditinjau dari arah kiri



Bila searah jarum jam (+)

Bila berlawanan jarum jam (-)

**Gambar 2.14 Landasan arah kiri**

Sumber: Popov, 1991

### 2.4.3 Perhitungan Rangka

Profil adalah batang yang digunakan pada konstruksi, ada beberapa jenis profil yang digunakan pada pembuatan konstruksi mesin meliputi profil L, profil I, Profil U, dan lain-lain. Perhitungan kekuatan rangka yang digunakan yaitu profil L dan profil □.

#### 1. Profil L

Kekuatan profil yang digunakan pada konstruksi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1.

- Momen inersia.

$$\hat{y} = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.1}$$

dengan;

$\hat{y}$  = Momen inersia (mm<sup>4</sup>).

A = Luas (mm<sup>2</sup>).

y = Titik berat batang (mm).

- Momen inersia balok besar dan kecil.

Momen inersia adalah momen yang terjadi pada batang yang ditumpu. Pada setiap batang dapat dihitung momen inersia yang terjadi menggunakan persamaan 2.2.

$$I_l = I_0 + A_1 \times d_1^2 \dots\dots\dots \text{persamaan 2.2}$$

dengan;

$I_l$  = Momen inersia balok (mm<sup>4</sup>).

A = Luas batang (mm<sup>2</sup>).

d = Diameter batang (mm).

*commit to user*

- Momen inersia batang.

Momen inersia batang adalah momen yang terjadi pada batang yang ditumpu. Pada setiap batang dapat dihitung momen inersia yang terjadi menggunakan persamaan 2.3.

$$I_x = I_1 - I_2 \dots \dots \dots \text{persamaan 2.3}$$

dengan;

$$I_x = \text{Momen inersia batang (mm}^4\text{)}.$$

$$I_1 = \text{Momen inersia batang 1 (mm}^4\text{)}.$$

$$I_2 = \text{Momen inersia batang 2 (mm}^4\text{)}.$$

- Besar tegangan geser yang diijinkan.

Tegangan geser yang diijinkan adalah tegangan geser pada batang yang diijinkan, jika tegangan geser yang diijinkan lebih besar dari pada momen tegangan geser pada konstruksi maka konstruksi aman atau kuat menahan beban yang diterima. Pada besar tegangan geser yang diijinkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4.

$$\tau = \frac{MxY}{I_x} \dots \dots \dots \text{persamaan 2.4}$$

dengan;

$$\tau = \text{Tegangan geser yang terjadi (kgf/mm}^2\text{)}.$$

$$M = \text{Momen yang terjadi (kgf.mm)}.$$

$$I_x = \text{Momen inersia batang (mm}^4\text{)}.$$

$$Y = \text{Titik berat batang (mm)}.$$

**2. Profil □ (Baja tipe profil square tube)**

Perhitungan rangka untuk baja tipe profil square tube dijelaskan, sebagai berikut:

- Menghitung momen inersia persegi luar.

$$I_{x1} = I_{y1} = I_1 = \frac{H^4}{12} \dots \dots \dots \text{persamaan 2.5}$$

dengan;

$$H = \text{Panjang sisi luar (mm)}.$$

$$I_{x1} = I_{y1} = I_1 = \text{Momen inersia persegi luar (mm}^4\text{)}.$$

*commit to user*

- Menghitung momen inersia persegi dalam.

$$I_{x2} = I_{y2} = I_2 = \frac{h^4}{12} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.6}$$

dengan;

$h$  = Panjang sisi dalam (mm).

$I_{x2} = I_{y2} = I_2$  = Momen inersia persegi dalam ( $\text{mm}^4$ ).

- Menghitung momen inersia profil *square tube*.

$$I_{tot} = I_1 - I_2 = \frac{H^4 - h^4}{12} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.7}$$

dengan;

$I_{tot}$  = Momen inersia profil *square tube* ( $\text{mm}^4$ ).

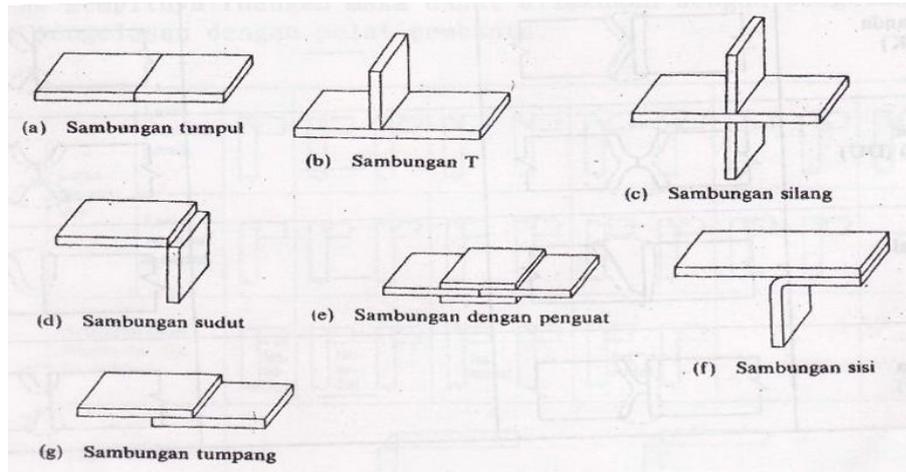
## 2.5 PENGELASAN

Pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom. Mengelas adalah cara menyambung logam dengan pengaruh panas, baik dipanasi sampai lunak baru dipukul-pukul untuk menyambung las (las tekan) maupun dipanasi sampai mencair (las cair).

Sambungan las tekan adalah sambungan dengan jenis sambungan tumpang dimana pelaksanaannya dapat berupa las ledakan, las gesekan, las ultrasonik las tekan dingin, las tekan panas, las resistansi yang meliputi las titik dan garis. Sedangkan sambungan las cair adalah yang paling banyak digunakan dalam konstruksi las. Las cair masih dibagi dalam elektroda terumpun las gas dengan mempergunakan panas pembakaran dari gas seperti oksiasetiline, las listrik terak yang mempergunakan panas resistansi terak cair, las busur elektron. Pengelasan ada dua macam yakni las karbit menggunakan gas asetilin dan gas oksigen sebagai sumber panas. Sambungan las mempunyai beberapa jenis sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya, meliputi:

- |                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| (a). Sambungan tumpul. | (e). Sambungan dengan penguat. |
| (b). Sambungan T.      | (f). Sambungan tumpang.        |
| (c). Sambungan silang. | (g). Sambungan sisi.           |
| (d). Sambungan Sudut.  |                                |

*commit to user*



**Gambar 2.15 Jenis-jenis sambungan dasar**

Sumber: Suharto, 1991

**1. Sambungan tumpul.**

Sambungan tumpul merupakan jenis sambung las yang paling efisien, yang terdiri dari dua kelompok yaitu sambung penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian.

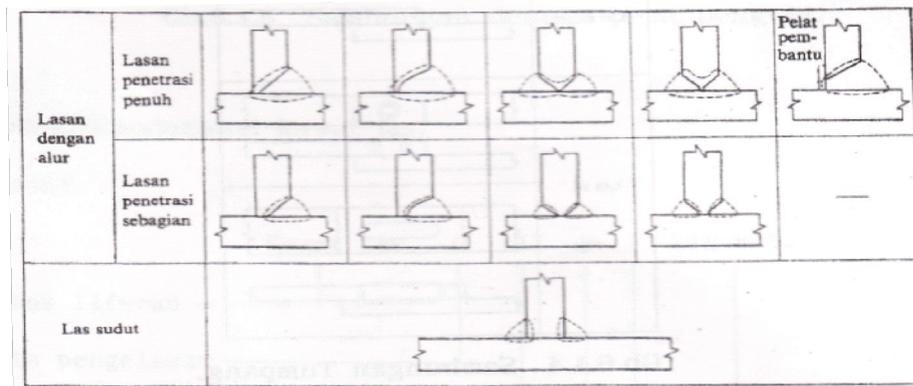
Jenis lasan	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Persegi (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (V)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (K)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
J tunggal (J)		—	
J ganda (DJ)		—	

**Gambar 2.16 Alur sambungan las tumpul**

Sumber: Suharto, 1991

**2. Sambungan bentuk T dan bentuk silang.**

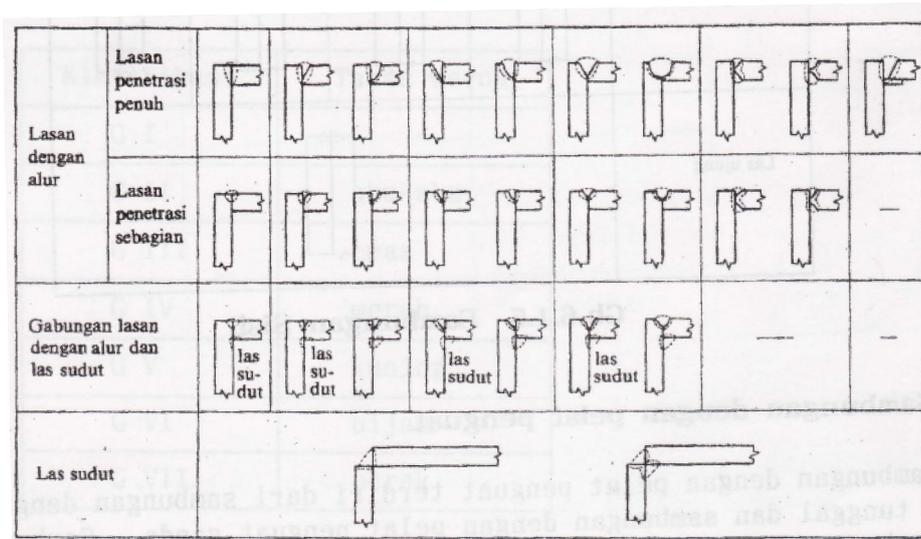
Sambungan bentuk T dan sambungan bentuk silang merupakan sambungan las dengan alur dan sambungan las sudut. Bila pada sambungan las ini terjadi sesuatu yang menghalangi proses pengelasannya, maka langkah yang dapat dilakukan adalah memperbesar sudut alur.



**Gambar 2.17 Alur sambungan T**  
 Sumber: Suharto, 1991

**3. Sambungan sudut.**

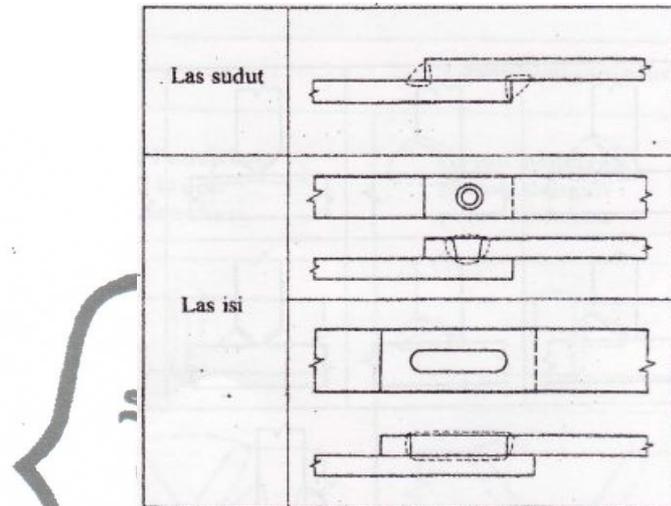
Pada sambungan sudut dapat terjadi penyusutan ke arah tebal pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dapat dihindari dengan membuat alur pada pelat tegak seperti yang terlihat pada gambar 2.17. Apabila pengelasan pada bagian dalam tidak dapat dilakukan dengan pengelasan tembus atau pengelasan dengan pelat pembantu.



**Gambar 2.18 Macam-macam sambungan sudut.**  
 Sumber: Suharto, 1991

#### 4. Sambungan tumpang.

Sambungan tumpang pada dasarnya dapat dilakukan dengan tiga cara seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Karena sambungan ini kurang efisien maka jarang sekali digunakan untuk sambungan kontruksi utama. Penyambungan tumpang biasanya dilakukan dengan las sudut atau las isi.

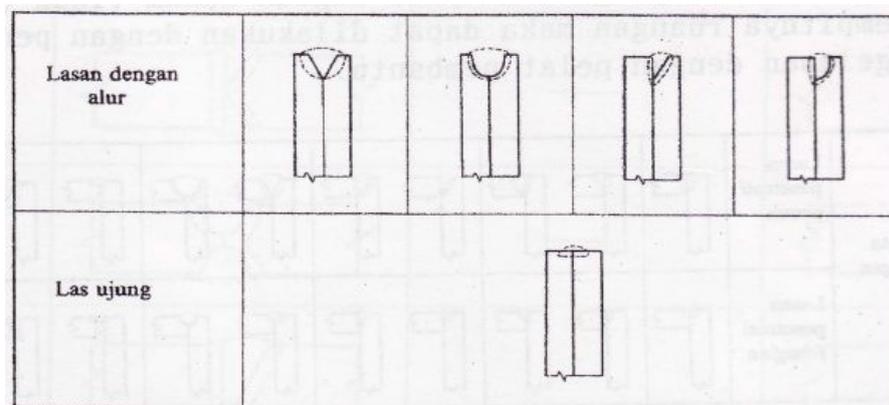


**Gambar 2.19 Sambungan tumpang.**

Sumber: Suharto, 1991

#### 5. Sambungan sisi.

Sambungan sisi terdiri dari sambungan dengan ujung beralur dan sambungan pada ujung tanpa alur. Pada sambungan dengan ujung beralur, pelat yang dilas dibuat alur sehingga hasil pengelasannya baik. Sedangkan, sambungan dengan ujung tanpa alur (pada ujung pelat tidak dibuat alur), hasil pengelasan kurang baik, kecuali pengelasannya dilakukan dalam posisi mendatar.



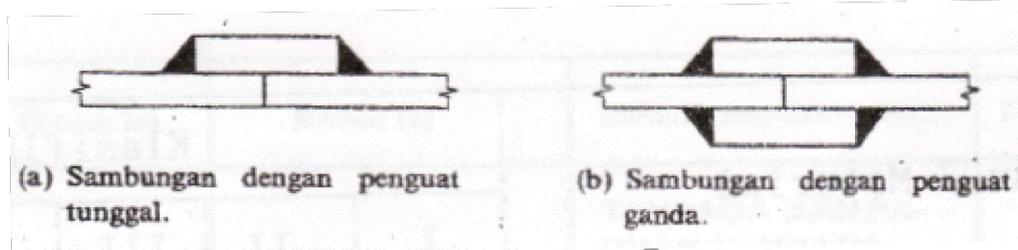
**Gambar 2.20 Sambungan sisi.**

Sumber: Suharto, 1991

*commit to user*

## 6. Sambungan dengan pelat penguat.

Jenis sambungan dengan pelat penguat terdiri dari sambungan dengan pelat penguat tunggal dan sambungan dengan pelat penguat ganda. Sambungan ini mirip sambungan tumpang, dan karena tidak begitu efisien maka sambungan ini jarang digunakan sebagai sambungan utama.



**Gambar 2.21 Sambungan dengan pelat penguat.**

Sumber: Suharto, 1991

Pengelasan yang baik terlihat dari kualitas dan kemudahan serta kecepatan pengelasan. Untuk memperoleh lebar kampuh yang ideal pada kekuatan sambungan maka ayunan tidak lebih dari tiga kali diameter elektroda.

- Pengaruh besar kecilnya arus pada las listrik.
  1. Apabila arus terlalu kecil.
    - Penyalaan busur listrik sukar
    - Busur listrik yang terjadi tidak stabil
    - Panas yang tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan benda kerja
    - Rigi-rigi las kecil dan tidak rata serta penembusannya dangkal
  2. Apabila arus terlalu besar.
    - Elektroda mencair terlalu cepat
    - Hasil permukaan las lebih besar
    - Penembusan terlalu dalam
- Ukuran elektroda.

Ukuran standar diameter kawat inti adalah 1,5 sampai 7 mm dengan panjang 350 sampai 450 mm. Jenis selaput terbuat selulosa, kaolin, kalium, titanium, oksida, kalium oksida mangan, oksida besi, tebal selaput berkisar antara 10% sampai 50% diameter elektroda. Pada waktu pengelasan selaput elektroda akan ikut mencair menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Cairan selaput yang disebut terak

akan mengapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas (kampuh).

- Kekuatan sambungan las.

Berdasarkan kekuatannya, maka sambungan las dapat dibedakan menjadi las kampuh (*butt joint*) dan las sudut (*fillet weld*).

### 1. Las kampuh (*butt joint*).

Tegangan tarik dirumuskan:

$$\sigma_t = \frac{F}{h \cdot l} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.8}$$

dengan;

$\sigma_t$  = tegangan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

F = gaya tarik (N)

h = tinggi/ukuran las (mm)

l = panjang las (mm)

### 2. Las sudut (*fillet weld*) dirumuskan:

$$\tau = \frac{0,707 \cdot F}{h \cdot l} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.9}$$

dengan;

$\tau$  = tegangan geser (N/mm<sup>2</sup>)

F = gaya geser (N)

h = tinggi/ukuran las (mm)

t = h · sin 45°

= 0,707 · h

l = panjang las (mm)

### 3. Tegangan lentur dirumuskan:

$$\sigma_b = \frac{1,414 \cdot F \cdot L}{h \cdot l \cdot b} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.10}$$

dengan;

$\sigma_b$  = tegangan lentur (N/mm<sup>2</sup>)

F = gaya yang diterima dari las (N)

L = jarak eksentrisitas (mm)

- h = tinggi/ukuran las (mm)
- l = panjang las (mm)
- b = lebar benda yang dilas (mm)

4. Tegangan kombinasi dirumuskan:

$$\sigma = \frac{F}{2 \cdot h \cdot l} \sqrt{\left(\frac{2 \cdot L}{b} + 1\right)^2 + 1,8 \left(\frac{2 \cdot L}{b} - 1\right)^2} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.11}$$

dengan;

$$\sigma = \text{tegangan kombinasi (N/mm}^2\text{)}$$

**2.6 GERAK HARMONIK PEGAS**

Setiap gerak yang terjadi secara berulang dalam selang waktu yang sama disebut gerak periodik. Karena gerak ini terjadi secara teratur maka disebut juga sebagai gerak harmonik atau harmonis. Apabila suatu partikel melakukan gerak periodik pada lintasan yang sama maka geraknya disebut gerak osilasi/getaran. Bentuk yang sederhana dari gerak periodik adalah benda yang berosilasi pada ujung pegas.

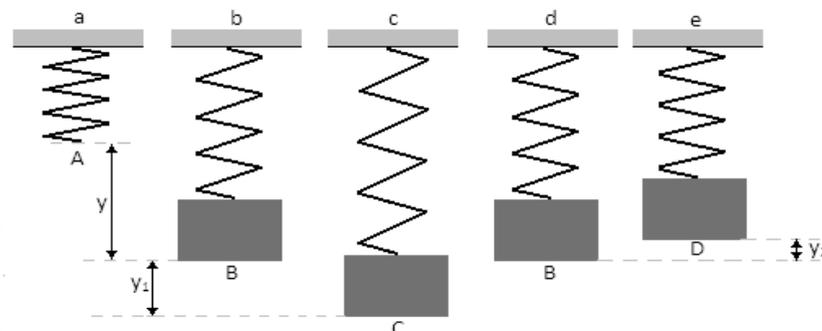
Pegas berfungsi menyatukan (menyambung) elemen-elemen mesin secara elastis (tidak kaku). Disamping itu, pegas kerap kali digunakan sebagai penyimpan energi maupun peradam gerakan atau benturan (*shock absorber*).



**Gambar 2.22 Variasi bentuk pegas**  
 Sumber: Herrie dan Sudiby, 2005

Bentuk dari pegas dapat divariasikan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.22. Pegas sesuai dengan fungsinya meliputi pegas tarik, pegas tekan, pegas

puntir, dan pegas lentur. Pegas sesuai dengan bentuknya meliputi pegas lilit, pegas piring, dan pegas daun. Pegas sesuai dengan bahannya meliputi pegas baja, dan pegas karet.

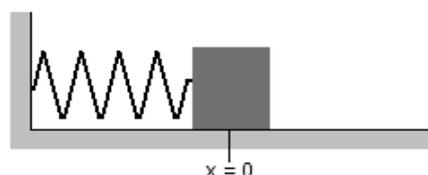


**Gambar 2.23 Perubahan pegas saat diberikan gaya luar**

Sumber: San, 2008

Semua pegas memiliki panjang alami sebagaimana tampak pada gambar 2.23 (a). Ketika sebuah benda dihubungkan ke ujung sebuah pegas, maka pegas meregang (bertambah panjang) sejauh  $y$ . Pegas mencapai titik kesetimbangan jika tidak diberikan gaya luar (ditarik atau digoyang), sebagaimana tampak pada gambar 2.23 (b). Jika beban ditarik ke bawah sejauh  $y_1$  dan dilepaskan gambar 2.23 (c), benda bergerak ke B, ke D lalu kembali ke B dan C. Gerakannya terjadi secara berulang dan periodik. Sekarang mari kita tinjau hubungan antara gaya dan simpangan yang dialami pegas.

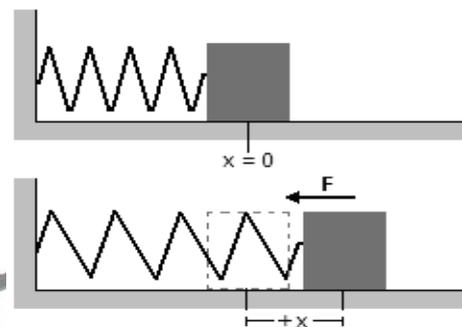
Kita tinjau pegas yang dipasang horisontal, di mana pada ujung pegas tersebut dikaitkan sebuah benda bermassa  $m$ . Massa benda kita abaikan, demikian juga dengan gaya gesekan, sehingga benda meluncur pada permukaan horisontal tanpa hambatan. Terlebih dahulu kita tetapkan arah positif ke kanan dan arah negatif ke kiri. Setiap pegas memiliki panjang alami, jika pada pegas tersebut tidak diberikan gaya. Pada keadaan ini, benda yang dikaitkan pada ujung pegas berada dalam posisi setimbang (lihat gambar 2.24).



**Gambar 2.24 Pegas posisi setimbang**

Sumber: San, 2008

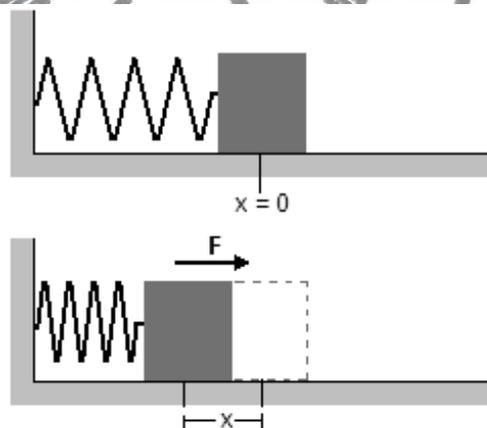
Apabila benda ditarik ke kanan sejauh  $+x$  (pegas diregangkan), pegas memberikan gaya pemulih pada benda tersebut yang arahnya ke kiri sehingga benda kembali ke posisi setimbangnya (gambar 2.25).



**Gambar 2.25 Pegas memberikan gaya pemulih**

Sumber: San, 2008

Sebaliknya, jika benda ditarik ke kiri sejauh  $-x$ , pegas juga memberikan gaya pemulih untuk mengembalikan benda tersebut ke kanan sehingga benda kembali ke posisi setimbang (gambar 2.26).



**Gambar 2.26 Pegas kembali ke posisi setimbang**

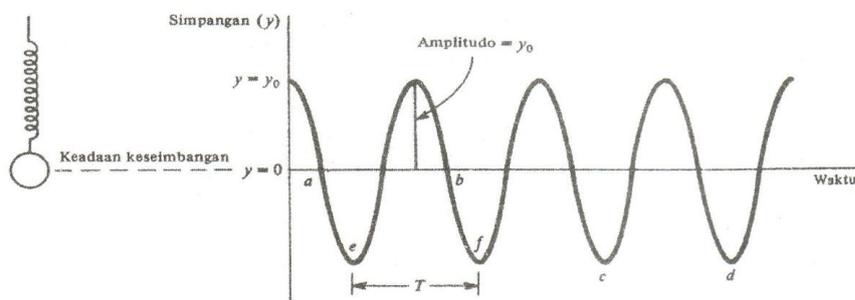
Sumber: San, 2008

Besar gaya pemulih  $F$  ternyata berbanding lurus dengan simpangan  $x$  dari pegas yang direntangkan atau ditekan dari posisi setimbang (posisi setimbang ketika  $x = 0$ ). Secara matematis ditulis :

$$F = -k \cdot x \dots\dots\dots \text{persamaan 2.12}$$

Persamaan ini sering dikenal sebagai hukum Hooke dan dicetuskan oleh paman Robert Hooke karena suatu sistem dikatakan memenuhi hukum Hooke jika

gaya pemulih sebanding dengan simpangan.  $k$  adalah konstanta dan  $x$  adalah simpangan. Hukum Hooke akurat jika pegas tidak ditekan sampai kumparan pegas bersentuhan atau diregangkan sampai batas elastisitas. Tanda negatif menunjukkan bahwa gaya pemulih  $F$  mempunyai arah berlawanan dengan simpangan  $x$ . Ketika kita menarik pegas ke kanan maka  $x$  bernilai positif, tetapi arah  $F$  ke kiri (berlawanan arah dengan simpangan  $x$ ). Sebaliknya jika pegas ditekan,  $x$  berarah ke kiri (negatif), sedangkan gaya  $F$  bekerja ke kanan. Jadi gaya  $F$  selalu bekerja berlawanan arah dengan arah simpangan  $x$ .  $k$  adalah konstanta pegas. Konstanta pegas berkaitan dengan kaku atau lembut sebuah pegas. Semakin besar konstanta pegas (semakin kaku sebuah pegas), semakin besar gaya yang diperlukan untuk menekan atau meregangkan pegas. Sebaliknya semakin lembut sebuah pegas (semakin kecil konstanta pegas), semakin kecil gaya yang diperlukan untuk meregangkan pegas. Untuk meregangkan pegas sejauh  $x$ , pegas diberikan gaya luar, yang besarnya sama dengan  $F = +kx$ . Pegas dapat bergerak jika terlebih dahulu diberikan gaya luar. Amati bahwa besarnya gaya bergantung juga pada besar  $x$  (simpangan).



**Gambar 2.27 Grafik gerak getaran**

Sumber: Herrie, 2005

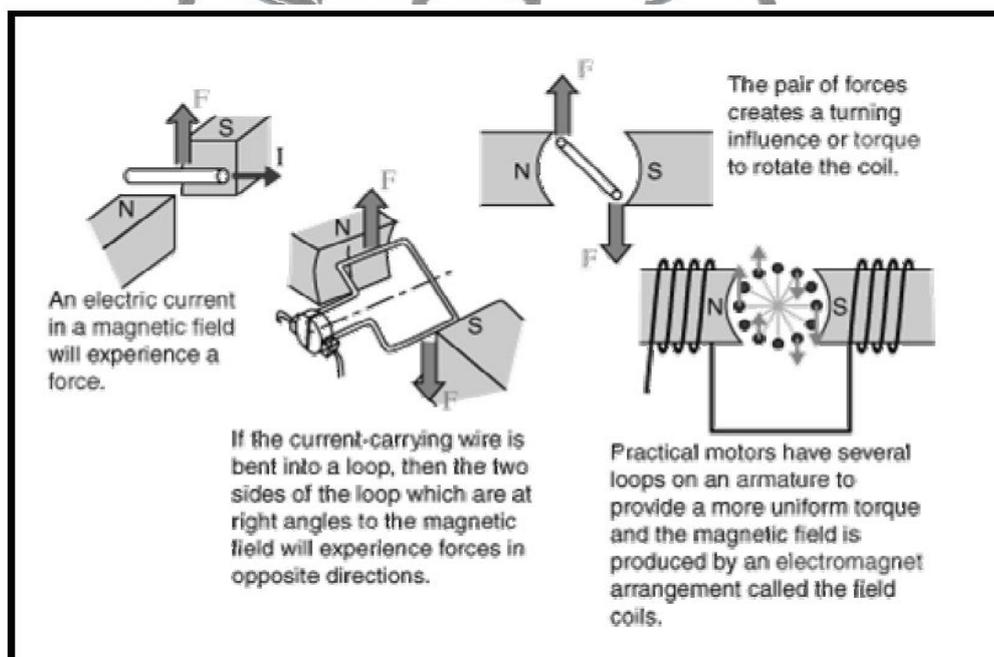
Simpangan (perpindahan) benda yang bergetar adalah jarak benda terhadap titik keseimbangannya, yakni titik pusat lintasan getaran. Simpangan maksimum disebut amplitudo. Periode ( $T$ ) adalah waktu yang diperlukan benda untuk melakukan satu getaran (disebut satu getaran jika benda bergerak dari titik di mana benda tersebut mulai bergerak dan kembali lagi ke titik tersebut). Satuan periode adalah sekon atau detik. Frekuensi ( $f$ ) adalah jumlah getaran yang dilakukan dalam waktu satu detik. Karena  $T$  adalah waktu untuk melakukan satu getaran, maka  $f = 1/T$ . Satu getaran per detik dinamakan satu *Hertz* (Hz).

## 2.7 MOTOR PENGGERAK

Pada sub bab ini membahas mengenai pengertian teori tentang motor penggerak, dan jenis klasifikasi motor listrik yang meliputi motor DC maupun motor AC.

### 2.7.1 Pengertian Motor

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.



**Gambar 2.28 Prinsip dasar dari motor**

Sumber: Nave, 2005

Mekanisme kerja motor listrik untuk seluruh jenis motor secara umum sama (gambar 2.28), yaitu:

1. Arus listrik dalam medan magnet memberikan gaya.
2. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/*loop*, maka kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.

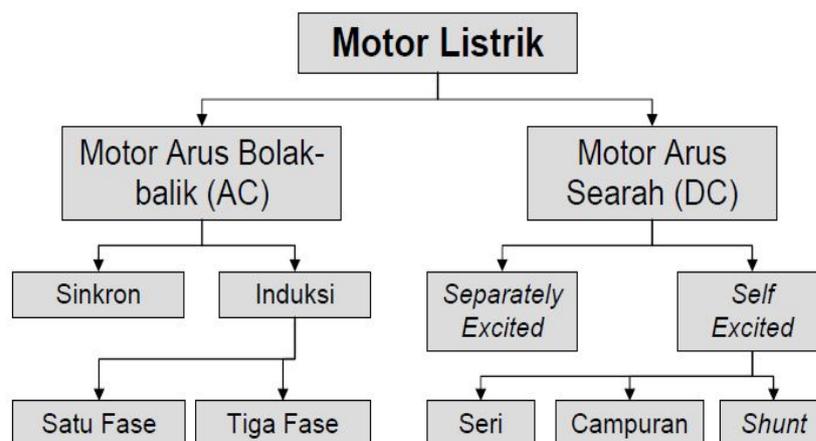
3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ *torque* untuk memutar kumparan.
4. Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/ *torque* sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok (BEE, 2005), yaitu:

1. **Beban *torque* konstan** adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun *torque* nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan *torque* konstan adalah *conveyors*, *rotary kilns*, dan pompa *displacement* konstan.
2. **Beban dengan variabel *torque*** adalah beban dengan *torque* yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel *torque* adalah pompa sentrifugal dan fan (*torque* bervariasi sebagai kuadrat kecepatan).
3. **Beban dengan energi konstan** adalah beban dengan permintaan *torque* yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

### 2.7.2 Jenis Motor Listrik

Motor listrik dapat diklasifikasikan sesuai dengan jenisnya. Motor listrik dibagi menjadi dua meliputi motor arus bolak-balik (AC) dan motor arus searah (DC), yang ditunjukkan pada gambar 2.29.



**Gambar 2.29** Klasifikasi jenis utama motor listrik

Sumber: UNEP, 2006

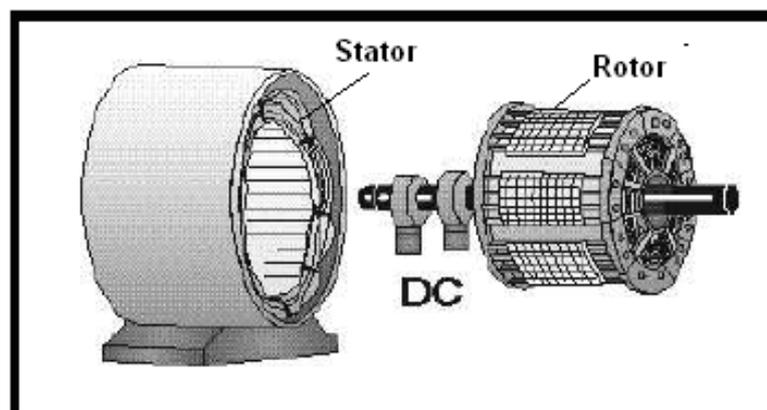
## 1. Motor AC

Motor arus bolak-balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik mempunyai dua buah bagian dasar listrik: “stator” dan “rotor” seperti ditunjukkan dalam gambar 2.30. Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor.

Motor induksi merupakan motor paling populer di industry karena kehandalannya dan lebih mudah perawatannya. Motor induksi AC cukup murah (harganya setengah atau kurang dari harga sebuah motor DC) dan memberikan rasio daya terhadap berat yang cukup tinggi (sekitar dua kali motor DC). Dalam mengatasi pengendalian kecepatan pada motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekuensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya.

### 1. Motor sinkron.

Motor sinkron adalah motor AC, bekerja pada kecepatan tetap pada sistem frekuensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki *torque* awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekuensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistem, sehingga digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik.



**Gambar 2.30 Motor sinkron**

Sumber: Direct Industry, 2005

*commit to user*

Komponen utama motor sinkron (BEE, 2005), yaitu:

- Rotor.

Perbedaan utama antara motor sinkron dengan motor induksi adalah bahwa rotor mesin sinkron berjalan pada kecepatan yang sama dengan perputaran medan magnet. Hal ini memungkinkan sebab medan magnet rotor tidak lagi terinduksi. Rotor memiliki magnet permanen atau arus DC-*excited*, yang dipaksa untuk mengunci pada posisi tertentu bila dihadapkan dengan medan magnet lainnya.

- Stator.

Stator menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan frekuensi yang dipasang.

Motor ini berputar pada kecepatan sinkron, yang diberikan oleh persamaan berikut (Parekh, 2003):

$$N_s = 120 f / P \quad \text{persamaan 2.13}$$

dengan;

$f$  = Frekuensi dari pasokan frekuensi.

$P$  = Jumlah kutub.

## 2. Motor induksi.

Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Popularitasnya karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC.

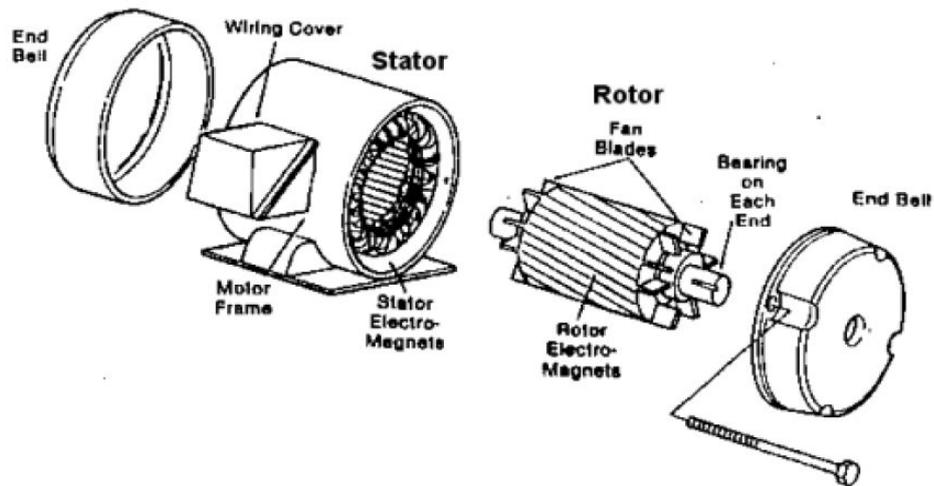
### a. Komponen.

Motor induksi memiliki dua komponen listrik utama gambar 2.31. (BEEI, 2005), yaitu:

- Motor induksi menggunakan dua jenis rotor.
  - Rotor kandang tupai terdiri dari batang penghantar tebal yang dilekatkan dalam petak-petak *slots* paralel. Batang-batang tersebut diberi hubungan pendek pada kedua ujungnya dengan alat cincin hubungan pendek.
  - Lingkaran rotor yang memiliki gulungan tiga fasa, lapisan ganda dan terdistribusi. Dibuat melingkar sebanyak kutub stator. Tiga fasa

digulungi kawat pada bagian dalamnya dan ujung yang lainnya dihubungkan ke cincin kecil yang dipasang pada batang as dengan sikat yang menempel padanya.

- Stator dibuat dari sejumlah *stampings* dengan *slots* untuk membawa gulungan tiga fasa. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub yang tertentu. Gulungan diberi spasi geometri sebesar 120 derajat.



**Gambar 2.31 Motor induksi**

Sumber: Direct Industry, 2005

b. Klasifikasi motor induksi.

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama (Parekh, 2003), yaitu:

- Motor induksi satu fasa. Motor ini hanya memiliki satu gulungan *stator*, beroperasi dengan pasokan daya satu fasa, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti fan angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.
- Motor induksi tiga fasa. Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fasa yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri

menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, *belt conveyor*, jaringan listrik, dan *grinder*. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp.

c. Kecepatan motor induksi.

Motor induksi bekerja sebagai berikut. Listrik dipasok ke stator yang menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar. Dalam prakteknya motor tidak pernah bekerja pada kecepatan sinkron namun pada “kecepatan dasar” yang lebih rendah. Terjadinya perbedaan antara dua kecepatan tersebut disebabkan adanya “*slip*/geseran” yang meningkat dengan meningkatnya beban. *Slip* hanya terjadi pada motor induksi. Untuk menghindari slip dapat dipasang sebuah cincin geser/ *slip ring*, dan motor tersebut dinamakan “motor cincin geser/ *slip ring motor*”. Persamaan yang digunakan untuk menghitung persentase *slip*/geseran (Parekh, 2003).

$$\% \text{ Slip} = \frac{N_s - N_b}{N_s} \times 100 \quad \text{.....persamaan 2.14}$$

dengan;

$N_s$  = kecepatan sinkron dalam RPM.

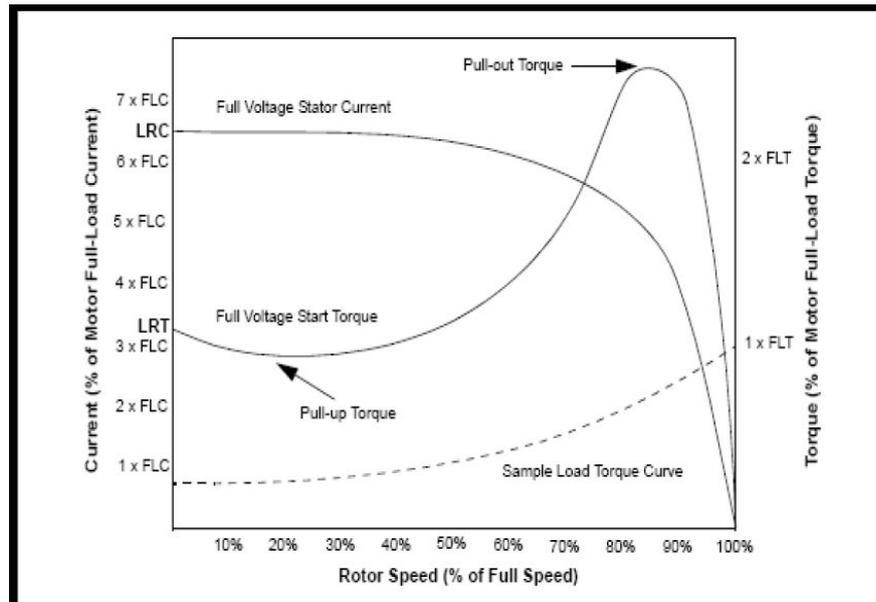
$N_b$  = kecepatan dasar dalam RPM.

d. Hubungan antara beban, kecepatan dan *torque*.

Gambar 2.32 menunjukkan grafik *torque*-kecepatan motor induksi AC tiga fasa dengan arus yang sudah ditetapkan. Bila motor (Parekh, 2003), yaitu:

- Mulai menyala ternyata terdapat arus nyala awal yang tinggi dan *torque* yang rendah (“*pull-up torque*”).
- Mencapai 80% kecepatan penuh, *torque* berada pada tingkat tertinggi (“*pull-out torque*”) dan arus mulai turun.
- Pada kecepatan penuh, atau kecepatan sinkron, arus *torque* dan *stator* turun ke nol.

*commit to user*

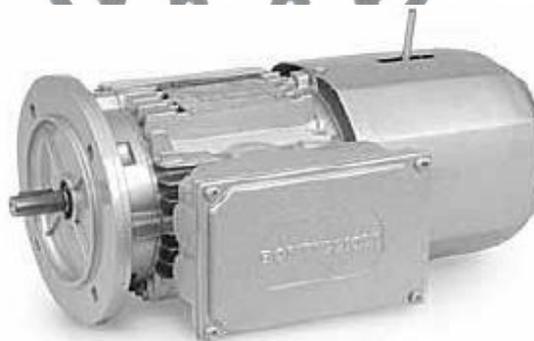


**Gambar 2.32 Grafik torque-kecepatan motor induksi AC 3-Fase**

Sumber: Parekh, 2003

## 2. Motor DC

Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaaan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.



**Gambar 2.33 Sebuah motor DC**

Sumber: Direct Industry, 2005

Gambar 2.33 memperlihatkan sebuah motor DC, yang memiliki tiga komponen utama (BEE India, 2005), yaitu:

- Kutub medan, secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada

ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

- Dinamo, bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.
- *Commutator*, komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

## 2.8 PENELITIAN PENUNJANG

Penelitian dari Farzad Naeim, Ph.D., S.E. (1991), yang berjudul “*Design Practice to Prevent Floor Vibrations*” menyatakan bahwa getaran lantai yang mengganggu disebabkan oleh kegiatan manusia atau mesin dari lantai dapat menyebabkan getaran lantai yang signifikan, jika tidak benar terisolasi, dapat menyebabkan masalah getaran serius. Peralatan dan kegiatan dari lantai yang dapat berkontribusi pada masalah getaran meliputi tanah atau lantai lalu lintas udara, pengeboran, dampak dari benda jatuh, dan kegiatan pembangunan lainnya yang terkait. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk memberikan desain dengan ulasan praktis berkriteria komprehensif dan metode yang tersedia untuk mencegah masalah lantai getaran.

Penelitian dari Allen, D.E. dan Pernica, G. (1998), yang berjudul “*Control of Floor Vibration*”, menyatakan bahwa getaran lantai yang berlebihan telah menjadi masalah yang lebih besar dalam aktivitas manusia, seperti aerobik. lantai getaran adalah gerak naik-turun yang disebabkan oleh kekuatan yang

diaplikasikan langsung ke lantai oleh manusia atau mesin, atau dengan getaran yang ditransmisikan melalui kolom bangunan dari lantai lain atau dari tanah. Tujuan penelitian ini adalah menggambarkan sifat getaran lantai dan menyediakan pilihan untuk menghindari melalui desain, atau dalam kasus bangunan yang ada, mengurangi atau menghilangkan melalui perubahan.

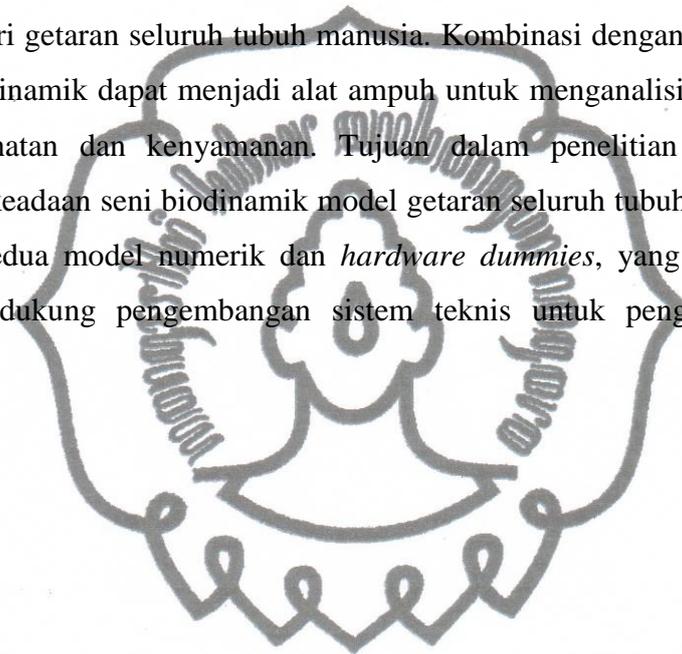
Penelitian dari Christopher H. Raebel, Linda M. Hanagan, dan Martin W. Trethewey. (2001), yang berjudul "*Development of An Experimental Protocol for Floor Vibration Assessment*", menyatakan bahwa lantai baja ringan yang dibingkai kadang memiliki tingkat getaran, yang disebabkan oleh pergerakan pejalan kaki, ini ditemukan untuk penghuni. Modal dari analisis teknik yang berguna untuk mengekstrak parameter eksperimental sistem lantai ini, dengan tujuan pemahaman yang lebih baik sifat-sifat dinamis dari lantai. Tujuan dari penelitian ini memberikan prosedur desain yang lebih baik yang dapat dikembangkan untuk membantu insinyur selama proses desain.

Penelitian dari Vibration Research Group di negara Canada (2005), yang berjudul "*Whole-Body-Vibration Exposure Experienced During The Operation of Small and Large Load-Haul-Dump Vehicles*", menyatakan bahwa getaran dengan frekuensi antara 1-20 Hz dapat memperlemah kondisi tubuh. Resonansi yang timbul dari getaran tersebut akan mempengaruhi tubuh pada bagian pinggul dan tulang belakang. Mempengaruhi juga kerusakan struktur pada tubuh seperti nyeri tulang belakang, degenerasi tulang belakang, gangguan pada *gastrointestinal*, gangguan tidur, pusing, kelainan pada sistem syaraf, dan gangguan pendengaran. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengukur tingkat *whole body vibration* terhadap tubuh saat berada di tempat duduk kendaraan, baik kendaraan *load-haul-dump* kecil maupun besar.

Penelitian dari Derek R. Smith dan Peter A. Leggat (2005), yang berjudul "*Whole Body Vibration (Health effects, measurement and minimization)*", menyatakan bahwa *Whole Body Vibration* (WBV) adalah getaran yang ditransmisikan ke seluruh tubuh seseorang melalui tubuhnya dengan menghubungkan pada sumber getaran. WBV merupakan masalah umum untuk pekerja di lingkungan yang terdapat getaran tinggi, terutama pada saat penting dari hari kerja, dan bukan hanya suatu peristiwa yang berselang. Tujuan penelitian

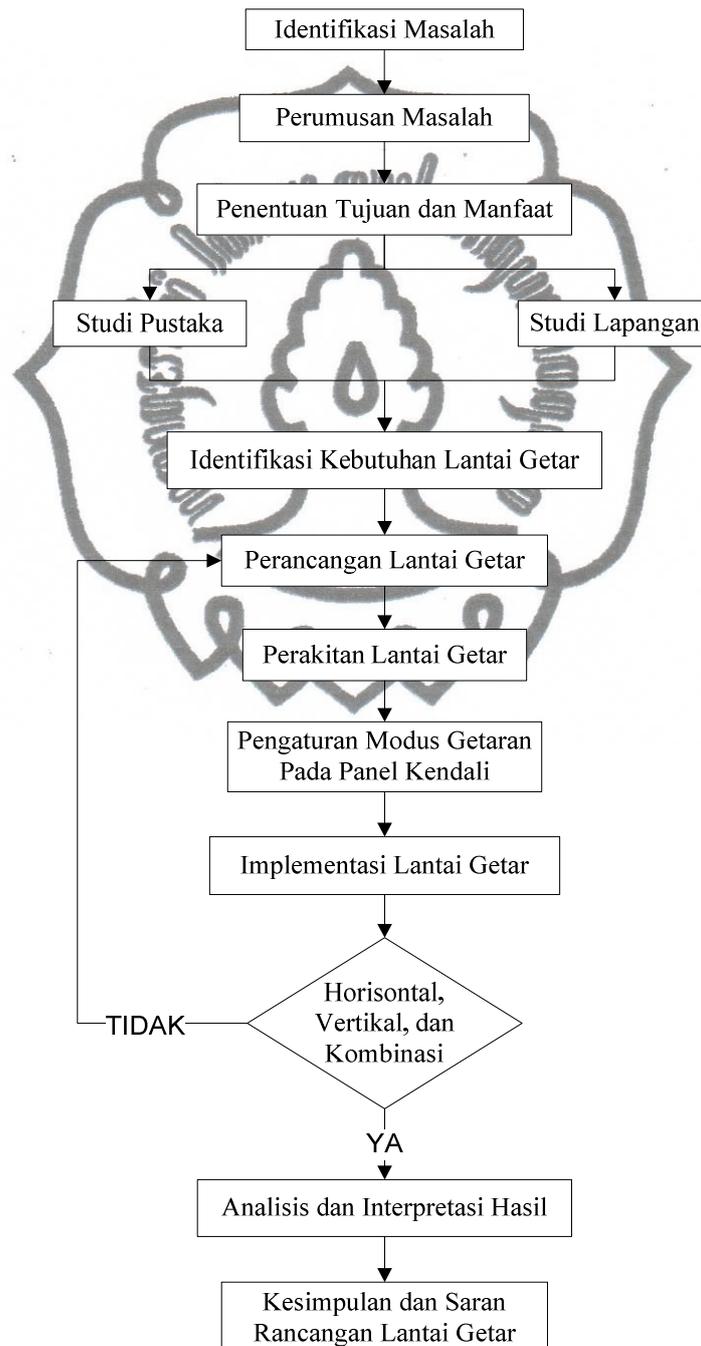
ini adalah pemahaman tentang getaran seluruh tubuh yang merupakan faktor resiko penting untuk penyakit kerja, yang membahas beberapa faktor yang meliputi biomekanik dari WBV, efek fisiologis, pengukuran WBV, standar internasional getaran, prediksi resiko WBV, dan meminimalkan resiko dari WBV.

Penelitian dari Horst Peter Wölfel (2006), Departemen Dinamika Struktural, Universitas Darmstadt Teknologi, Jerman, yang berjudul “*Numerical models and hardware dummies for simulating whole body vibration of human an overview*”, menyatakan bahwa model biodinamik adalah untuk mensimulasikan perilaku dari getaran seluruh tubuh manusia. Kombinasi dengan studi eksperimen model biodinamik dapat menjadi alat ampuh untuk menganalisis dampak getaran pada kesehatan dan kenyamanan. Tujuan dalam penelitian ini memberikan gambaran keadaan seni biodinamik model getaran seluruh tubuh manusia, dengan simulasi kedua model numerik dan *hardware dummies*, yang dapat membantu untuk mendukung pengembangan sistem teknis untuk pengurangan dampak getaran.



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini merupakan proses yang terkait satu sama lain secara sistematis dan berkesinambungan. Sistematis menunjukkan bahwa hasil dari tiap tahapan menjadi masukan pada tahap berikutnya. Metodologi penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



*commit to user*  
**Gambar 3.1 Metodologi penelitian**

### 3.1 IDENTIFIKASI MASALAH

Tahap ini diawali dari identifikasi masalah, perumusan masalah, penentuan tujuan dan manfaat penelitian, studi kepustakaan, dan studi lapangan. Langkah-langkah yang ada pada tahap ini dijelaskan di bawah ini, yaitu:

#### 1. Identifikasi masalah.

Pada tahap ini masalah penelitian yaitu belum adanya faktor penerapan getaran seluruh tubuh di ruang iklim. Untuk itu dilakukan studi pendahuluan tentang latar belakang perlunya perancangan rantai getar untuk mensimulasikan getaran pada rantai kerja di ruang iklim Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penjelasan latar belakang telah diuraikan pada bab 1.

#### 2. Perumusan masalah.

Berdasarkan latar belakang di atas maka perumusan masalahnya adalah bagaimana merancang rantai getar yang dapat mensimulasikan kondisi getaran dengan menggunakan mekanisme motor *unbalance*, agar diperoleh spesifikasi ukuran dimensi alat yang sesuai dan dapat dioperasikan di ruang iklim pada Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

#### 3. Penentuan tujuan dan manfaat penelitian.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu merancang rantai getar dengan menggunakan sistem kerja dari motor *unbalance* yang dapat diatur kecepatan getarannya. Manfaat dari penelitian ini yaitu rantai getar sebagai sarana simulasi kondisi getaran yang menghasilkan tingkat getaran yang diinginkan untuk mengenalkan lebih awal keadaan lingkungan kerja terhadap getaran.

#### 4. Studi pustaka.

Studi pustaka dilakukan berupa mencari, membaca, dan mengkaji permasalahan dengan referensi dan buku-buku yang menyangkut hubungannya dengan perancangan rantai getar, yang meliputi informasi pendukung yang diperlukan dalam penyusunan laporan penelitian, yakni mempelajari literatur standarisasi pengujian getaran, makalah, penelitian penunjang dan semua

*commit to user*

pelajaran yang berkaitan dengan masalah konsep perancangan sesuai standar yang telah dipilih dan disesuaikan.

#### 5. Studi lapangan.

Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk perancangan rantai getar. Informasi ini berupa data kualitatif dan data kuantitatif yang digunakan pada pengolahan data selanjutnya.

### 3.2 TAHAP PENGUMPULAN DATA

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang digunakan untuk perancangan rantai getar. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah deskripsi getaran rantai yang mengacu pada desain rantai getar berupa struktur konstruksi rantai getar, dan mekanisme sistem penggerak rantai getar, yaitu:

#### 1. Identifikasi kebutuhan rantai getar.

Identifikasi kebutuhan rantai getar dilakukan dengan mengamati alat-alat yang membuat efek getaran dalam pengaruhnya di lingkungan kerja, dan dari beberapa *literature* mengenai pengaruh tingkat getaran terhadap tubuh pekerja sesuai dengan standarnya yang kemudian diidentifikasi sebagai konsep perancangan rantai getar. Perancangan sesuai standar dalam menentukan desain rantai getar, struktur konstruksi rantai getar, dan proses manufaktur yang menyertainya dalam proses pembuatan rantai getar.

#### 2. Kebutuhan perancangan rantai getar.

Pada tahap ini diuraikan faktor-faktor yang menyusun kebutuhan perancangan rantai getar yang digambarkan dan diuraikan melalui diagram *fishbone*, sehingga dapat diketahui beberapa faktor pendukung dan kekurangan dalam perancangan rantai getar.

#### 3. *Bill of materials* rantai getar.

Tahapan perancangan rantai getar menyesuaikan tingkat frekuensi getaran dan dimensi ruang iklim di Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi Universitas Sebelas Maret Surakarta. Tingkat frekuensi getaran mengacu pada baku tingkat getaran untuk kenyamanan dan kesehatan tercantum pada keputusan Menteri Negara lingkungan hidup nomor KEP.49/MENLH/1996,

*commit to user*

perancangan rantai getar meliputi dimensi alat, spesifikasi alat dan *bill of material* (BOM) rantai getar.

### 3.3 TAHAP PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data dalam perancangan rantai getar merupakan kelanjutan dari tahap sebelumnya, terutama penurunan dari BOM. Pada tahap ini berisi mengenai pemilihan komponen yang memerlukan perhitungan struktur konstruksi rantai getar, pengoperasian rantai getar dan estimasi biaya, sebagai berikut:

1. Menentukan statika struktur rancangan rantai getar.

Pada sub bab ini berisi perhitungan mekanika teknik meliputi perhitungan kekuatan rangka untuk mengetahui kekuatan konstruksi hasil rancangan terhadap beban maksimal yang diterima, dan perhitungan komponen-komponen yang akan digunakan dalam perancangan rantai getar. Perhitungan-perhitungannya menggunakan rumusan pada persamaan 2.5 sampai dengan persamaan 2.7, sedangkan perhitungan pada pengelasan memakai persamaan 2.8 dan persamaan 2.9.

2. Motor penggerak rantai getar.

Pada sub bab ini dijabarkan perhitungan penentuan kapasitas tenaga dari motor *unbalance* yang didasari atas besarnya tingkat frekuensi yang dihasilkan sebagai acuannya. Perhitungan motor dan komponen yang mempengaruhi kerja dari motor, dilakukan dengan mempertimbangkan berat dan kemampuan energi yang diketahui dari motor tersebut.

3. Rangkaian pengendali dan kelistrikan rantai getar.

Rangkaian pengendali dan kelistrikan dalam perancangan rantai getar merupakan bagian penggunaan dari mekanisme penggerak sistem motor *unbalance* dalam kaitannya pada rancangan rantai getar. Rangkaian-rangkaian dijelaskan mengenai sistem kerja dari *controller* dan komponen-komponen yang didalamnya.

4. Implementasi rantai getar.

Implementasi dilakukan setelah rancangan selesai dari pembuatannya. Implementasi ini merupakan bagian dari simulasi rantai getar. Simulasi

*commit to user*

dilakukan melalui alur proses *setting* sistem kendali otomatis, pengaturan modus getaran, dan posisi tubuh ketika di atas bidang lantai getar.

5. Estimasi biaya,

Setelah diketahui bahan yang digunakan, maka dapat dihitung besarnya biaya yang dikeluarkan. Perhitungan biaya berdasarkan keperluan dari produk rancangan yang meliputi biaya membeli material, biaya perlengkapan pendukungnya, biaya pembuatan (proses) dan biaya tenaga kerjanya (jasa).

### 3.4 ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bagian ini dilakukan analisis lebih lanjut dan interpretasi hasil terhadap hasil pengumpulan dan pengolahan data pada bab sebelumnya. Pada tahap ini dibahas mengenai analisis terhadap hasil perhitungan ukuran rancangan sehingga dapat diketahui hasil perhitungan sudah sesuai dalam perancangan lantai getar. Selain itu, juga dibahas mengenai fungsi dan cara kerja tiap bagian perancangan lantai getar.

### 3.5 KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis hasil yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan mengenai hasil perancangan dari lantai getar untuk merancang alat penggetar pada lantai getar dengan menggunakan sistem kerja dari motor *unbalance* yang dapat diatur kecepatan getarannya sesuai dengan target pencapaian tujuan penelitian, dan saran masukan mengenai perbaikan pada rancangan lantai getar.

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini membahas proses pengumpulan data dan proses pengolahan data sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan dari penelitian ini. Bagian pertama membahas proses pengumpulan data dengan mendeskripsikan permasalahan dan kebutuhan rancangan. Bagian kedua membahas proses pengolahan data. Keduanya dilakukan sebagai dasar dalam memberikan analisis terhadap penyelesaian permasalahan yang dihadapi.

#### **4.1 DESKRIPSI PERMASALAHAN DAN KEBUTUHAN RANCANGAN**

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah identifikasi kebutuhan, data awal untuk pengukuran geometri dan konstruksi awal perancangan lantai getar yang menyesuaikan geometri ruangan di ruang iklim Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pada tahap-tahap pengumpulan data lebih lengkap dapat dilihat pada sub-bab selanjutnya.

##### **4.1.1 Identifikasi Kebutuhan Pada Lantai Getar**

Proses dalam mengetahui adanya getaran pada suatu bidang lantai dengan melakukan pengukuran besarnya tingkat getaran secara langsung pada bidang konstruksi bangunannya maupun alat yang bergetar disekitar lantai. Getaran yang terjadi tersebut sangat mempengaruhi tubuh pekerja yang beraktivitas di atas bidang lantai kerjanya. Peralatan yang dapat menggetarkan bidang lantai diidentifikasi dan dianalisis kebutuhan komponen alatnya merupakan pekerjaan yang mengacu pada hasil suatu perencanaan produk yang menghasilkan produk lengkap dengan analisa produk.

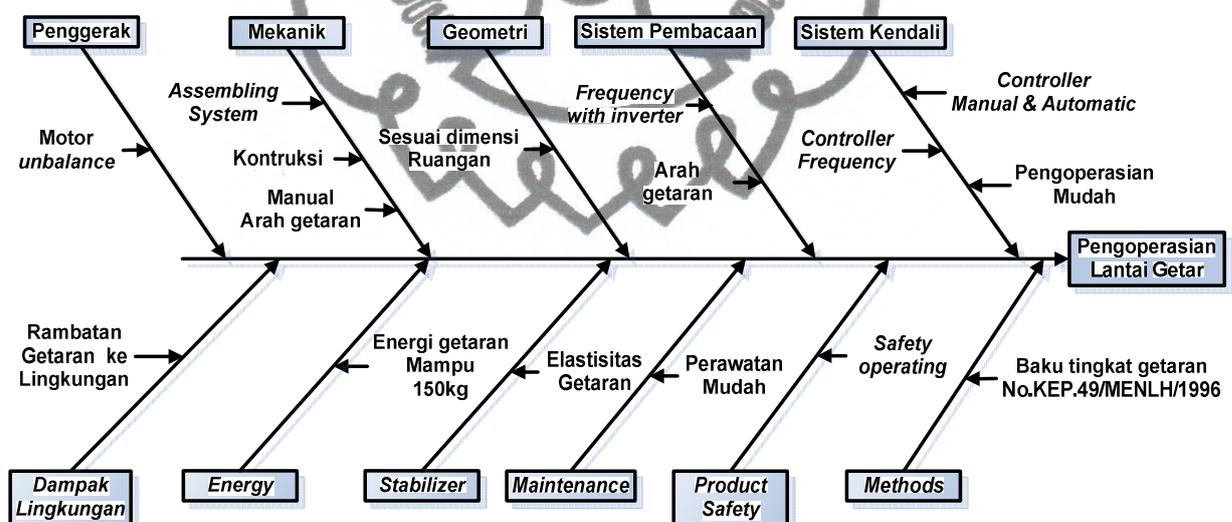
Prinsip dasar pengadaan alat merupakan identifikasi produk dengan menerapkan sistem berkala dengan penerapan sesuai standar dan acuan yang dijadikan fungsi dari alat itu. Contoh identifikasi perancangan lantai getar yang dapat mengukur produktivitas pekerja ketika berada pada lingkungan kerja sambil duduk atau sedang berdiri tetapi landasannya (lantai) terdapat getaran saat pekerja melakukan aktivitasnya. Identifikasi komponen yang menjadi dasar dalam

penentuan langkah penelitian dengan mendeskripsikan komponen pada desain awal dan menentukan komponen yang dipilih untuk digunakan dalam rancangan lantai getar disesuaikan dengan tuntutan dan kebutuhan sesuai standar bakunya.

### 4.1.2 Kebutuhan Perancangan Lantai Getar

Dalam merancang sesuatu produk harus mengetahui pemahaman konsep awal mengenai kebutuhan dalam perancangan produk atau perlu dilakukannya perbaikan terhadap perkembangan suatu produk, sehingga hasil yang akan diperoleh akan maksimal. Lantai getar merupakan alat yang digunakan untuk mensimulasikan getaran pada lantai terhadap pengaruh produktivitas pekerja dalam kaitannya dengan kenyamanan dan kesehatan.

Diagram *fishbone* atau diagram tulang ikan merupakan langkah untuk mengetahui hal apa saja yang dibutuhkan dalam perencanaan perancangan lantai getar. Variabel diperoleh dari kelompok kebutuhan lantai getar.



Gambar 4.1 Fishbone diagram kebutuhan rancangan lantai getar

*Fishbone diagram* kebutuhan rancangan lantai getar dapat dilihat bahwa faktor-faktor yang menyusun dalam ketersediaan perancangan lantai getar yang diuraikan, sebagai berikut:

1. Faktor penggerak, mekanisme penggerak sistem motor *unbalance* merupakan solusi inti dari keperluan pembuatan getaran yang mampu menghasilkan energi getaran hingga 150 kg.

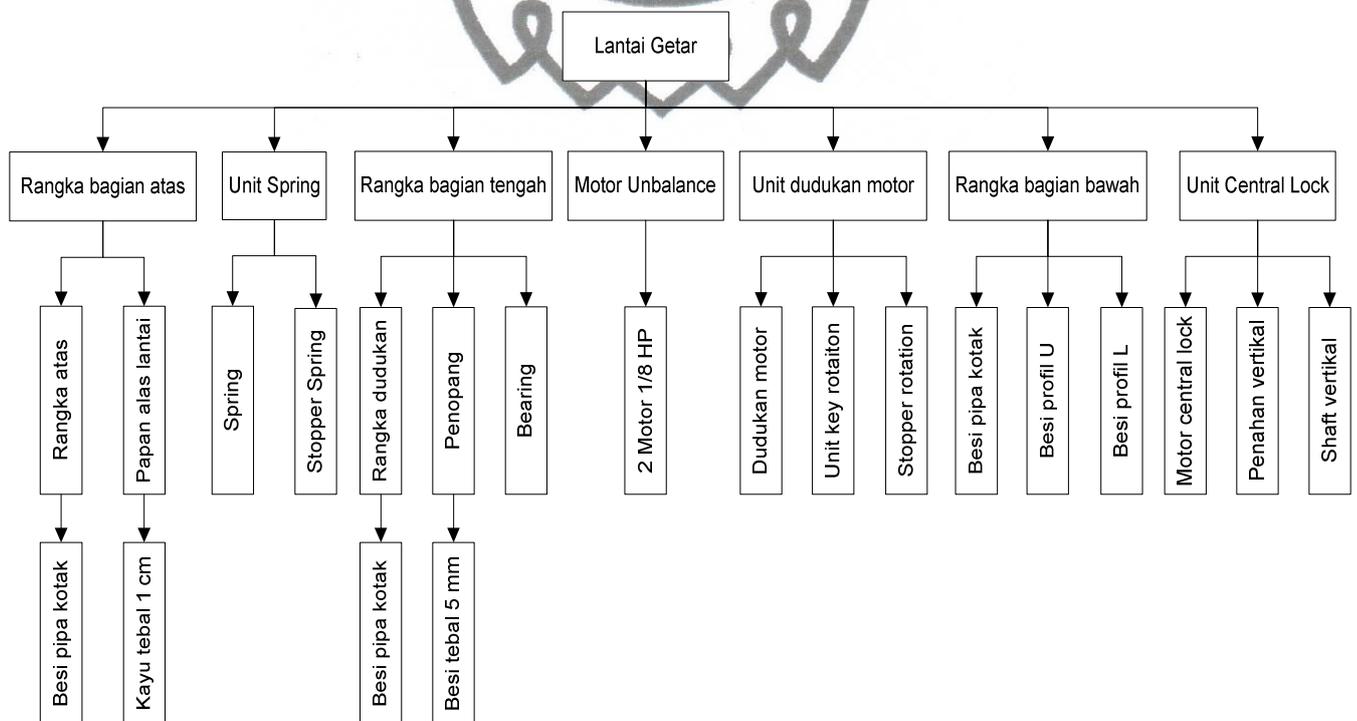
2. Faktor mekanik, dasar kebutuhan pada konstruksi rantai getar dan memberikan kemudahan dalam perakitan konstruksi rantai getar.
3. Faktor geometri, rancangan rantai getar memiliki dimensi yang sesuai dengan geometri tempat di ruang iklim Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi Teknik Industri Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Faktor sistem pembacaan, pembacaan frekuensi getaran pada rantai getar sesuai dengan yang ditampilkan pada inverter. Pada pengaturan arah getaran pada rantai getar dilakukan dengan cara memutar posisi motor *unbalance* secara manual oleh operator.
5. Faktor sistem kendali, dalam sistem perakitan rantai getar dimudahkan dengan terdiri dari beberapa item rantai getar, sehingga mudah dirakit dan dipindahkan sesuai tempatnya. Alat ini menggunakan sistem kendali berupa *panel box* yang dapat mempermudah operator mengendalikannya.
6. Faktor dampak lingkungan, getaran sering mempengaruhi lingkungan sekitarnya dengan efek dari rambatan getaran, namun perancangan rantai getar ini dapat meminimalkan pengaruh rambatan getaran pada lingkungan sekitarnya.
7. Faktor energi, kemampuan dalam memberikan getaran pada rantai yang menggetarkan beban hingga mampu pada beban 100 kg.
8. Faktor *stabilizer*, berpengaruh pada kestabilan dari perancangan produk rantai getar, misalnya untuk menghasilkan getaran pada bidang rantai yang elastis maka dibutuhkan elastisitas dari pegas tekan.
9. Faktor *maintenance*, perawatan yang mudah dengan cukup dibersihkan permukaan rantai getar dan mengecek *panel box* dengan mematikan tombol yang terdapat didalamnya setelah rantai getar selesai dioperasikan.
10. Faktor *safety product*, rantai getar yang dirancang memiliki tingkat keamanan yang tinggi terutama pada komponen yang dapat membahayakan baik operator maupun penggunaannya.
11. Faktor *methods*, metode pengujian rantai getar sesuai dengan standar baku tingkat getaran untuk kenyamanan dan kesehatan tercantum pada keputusan Menteri Negara lingkungan hidup nomor KEP.49/MENLH/1996. Metode tersebut meliputi besarnya tingkat frekuensi getaran yang mempengaruhi

pekerja yang terdiri dari tingkat getaran tidak mengganggu, tingkat getaran mengganggu, tingkat getaran tidak nyaman, dan tingkat getaran menyakitkan.

### 4.1.3 Bill Of Materials Pada Lantai Getar

Pada perancangan lantai getar tahapan dari perancangan lantai getar menyesuaikan standar baku tingkat getaran. *Bill of material* (BOM) merupakan daftar dari semua material, *parts*, dan *subassemblies*, serta kuantitas dari masing-masing yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk atau *parent assembly*. Spesifikasi lantai getar dan komponen penyusunnya dijelaskan melalui *bill of material* (BOM). BOM juga didefinisikan sebagai cara komponen itu bergabung ke dalam suatu produk selama proses produksi.

Rancangan lantai getar bekerja secara vertikal dan horisontal. Sistem penggerak menggunakan tenaga motor *unbalance*, pengendalian arah getaran menggunakan unit *key rotation* dengan dilengkapi tumpuan pemutarnya memakai *bearing*. Gambar 4.2 menjelaskan rancangan lantai getar tersusun dari beberapa komponen rakitan.

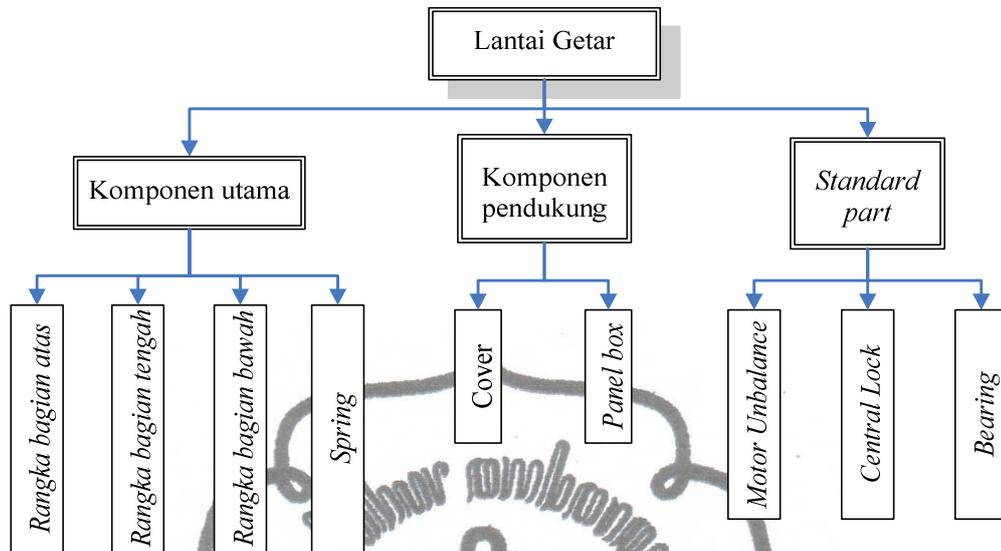


Gambar 4.2 Bill of material pada lantai getar

Gambar 4.2 *bill of material* pada rantai getar dijelaskan dari setiap komponen penyusun beserta fungsinya, yaitu:

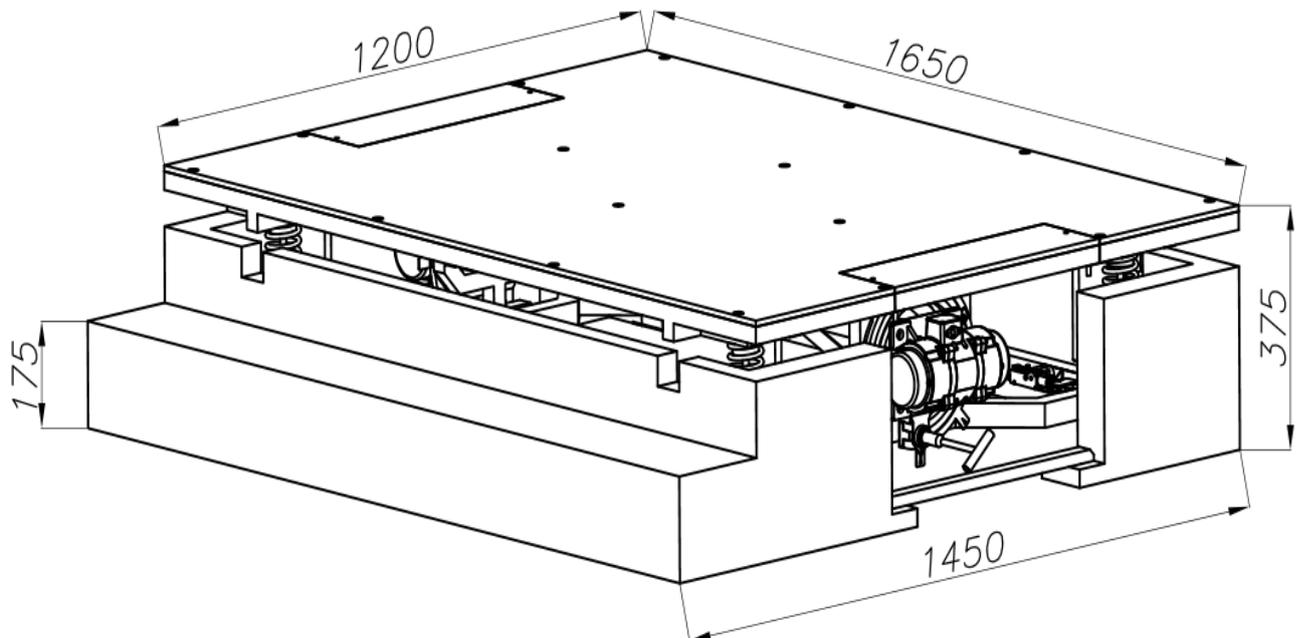
1. Rantai getar, serangkaian gabungan beberapa komponen-komponen penyusun yang dapat dirakit menjadi produk rantai getar.
2. Rangka bagian atas, berfungsi untuk penyangga bagian atas dari rantai getar, bagian ini terdiri dari rangka dari besi pipa kotak, dan papan alas terbuat dari kayu setebal 1 cm. *Bill of material* komponen rangka bagian atas dapat dilihat pada gambar 4.2.
3. Unit *Spring*, meliputi *spring* dan *stopper spring*. *Spring* berfungsi sebagai penyangga yang elastis pada rantai getar, dan *stopper spring* sebagai pengunci *spring* diantara rangka bagian atas dan rangka bagian bawah.
4. Rangka bagian tengah, terdiri dari rangka dudukan, penampang, dan *bearing*. Berfungsi sebagai tempat pemasangan dari dudukan motor *unbalance* dan penggerak untuk mengganti arah gaya putar motor baik dalam posisi horisontal, vertikal, maupun miring.
5. Motor *unbalance*, motor 1/8 HP ini berfungsi sebagai sistem penggerak rantai getar yang mampu memberikan efek getaran hingga energinya sebesar 150 kg, dan getaran yang ditimbulkan secara manual dapat diatur frekuensi getarannya.
6. Unit dudukan motor, terdiri dari dudukan motor, unit *key rotation*, dan *stopper rotation*. Dudukan motor *unbalance* yang dihubungkan dengan *bearing* dari rangka bagian tengah, untuk memutar arah posisi motor yang sesuai keinginan pengguna. unit *key rotation*, dan *stopper rotation* sebagai bagian dari pengunci arah posisi motor yang ditempatkan pada rangka bagian tengah.
7. Rangka bagian bawah, merupakan komponen *fix* pada produk rantai getar yang berfungsi sebagai penyangga dari rangka bagian atas dengan *spring* dan rangka terdiri dari besi pipa kotak ( $\square$ ), besi siku ( $\perp$ ), dan besi profil U yang proses pembuatannya digabungkan dengan proses pengelasan.
8. Unit *central lock*, meliputi motor *central lock*, penahan vertikal, dan *shaft* vertikal. Unit *central lock* berfungsi sebagai pengunci gerak arah vertikal, untuk menghasilkan getaran di rantai getar yang arahnya horisontal.

*commit to user*



**Gambar 4.3 Bill of material parts pada lantai getar**

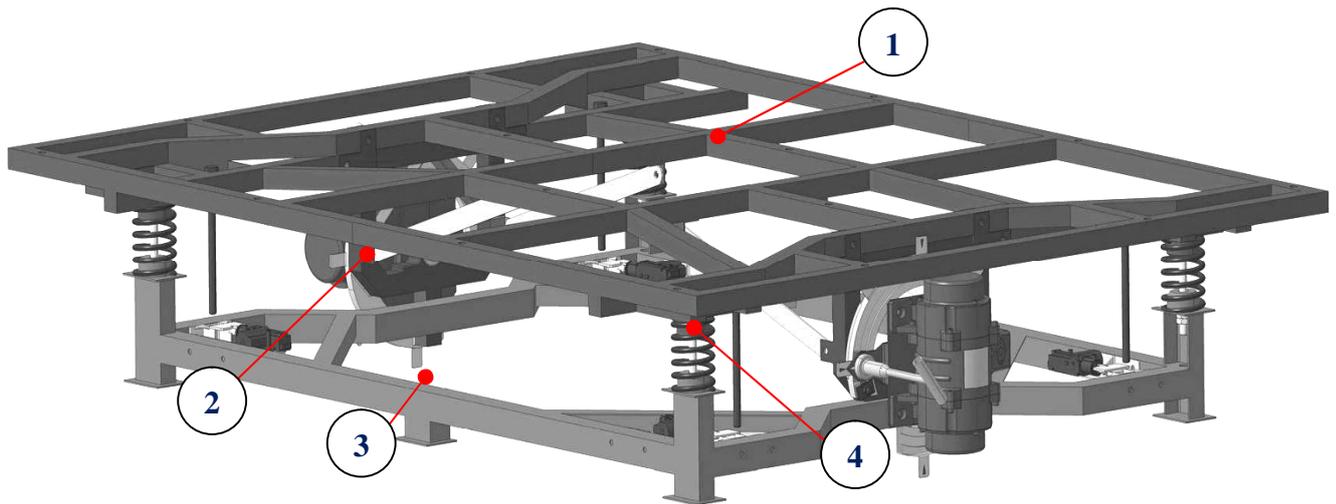
BOM lantai getar meliputi 3 komponen yaitu: komponen utama, komponen pendukung, dan *standard part*. Gambar konsep rancangan lantai getar dapat dilihat pada gambar 4.4, dan penjelasan tiap-tiap komponen penyusun lantai getar, sebagai berikut:



**Gambar 4.4 Rancangan lantai getar**

1. Komponen utama penyusun rantai getar.

Komponen ini merupakan bagian rantai getar yang berhubungan langsung dengan bidang yang digetarkan dan di uji keseragaman frekuensi getarannya disetiap titik pada bidang alas yang bergetar.



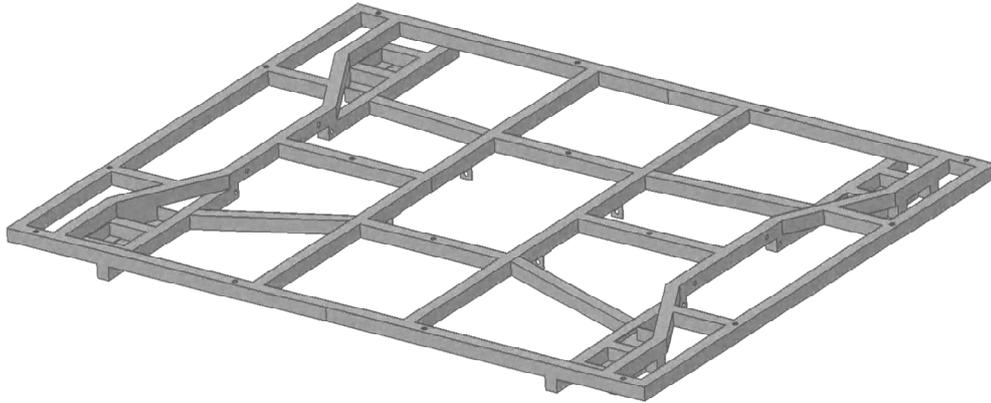
**Gambar 4.5 Rancangan kerangka rantai getar**

Gambar 4.5 menjelaskan gambaran dari rancangan kerangka rantai getar yang digunakan sebagai komponen utama penyusun rantai getar. Rancangan tersebut memiliki beberapa *part*, sebagai berikut:

a. Rangka bagian atas.

Rangka bagian atas salah satu *part* atau item yang termasuk dalam *assembling* rancangan rantai getar yang berfungsi sebagai bagian atas rantai getar dan sekaligus menjadi bidang penggetar. *Part* ini secara geometris mempunyai dimensi panjang 1650 mm, lebar 1200 mm, dan tinggi 95 mm. Material yang dipilih untuk digunakan adalah A513, profil baja tipe *square tube* ukuran 30 mm x 30 mm x 2 mm dengan  $\sigma_{ijin} = 52000$  psi (358,5 N/mm<sup>2</sup>) dan  $\tau_{ijin} = 38000$  psi (262 N/mm<sup>2</sup>). Nilai dari  $\sigma_{ijin}$  dan  $\tau_{ijin}$  tersebut merupakan minimal dari sifat mekanik material A513.

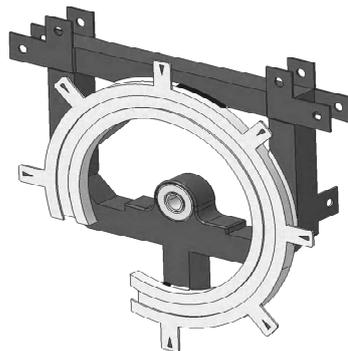
*commit to user*



**Gambar 4.6 Rangka bagian atas**

b. Rangka bagian tengah.

Rangka ini berfungsi sebagai bagian tengah rantai getar yang berhubungan langsung terhadap gerak dari motor *unbalance*. Part ini secara geometris mempunyai dimensi panjang 370 mm, lebar 75 mm, dan tinggi 360 mm. Material yang dipilih untuk digunakan adalah A513, profil baja tipe *square tube* ukuran 30 mm x 30 mm x 2 mm dengan  $\sigma_{ijin} = 52000$  psi (358,5 N/mm<sup>2</sup>) dan  $\tau_{ijin} = 38000$  psi (262 N/mm<sup>2</sup>). Nilai dari  $\sigma_{ijin}$  dan  $\tau_{ijin}$  tersebut merupakan minimal dari sifat mekanik material A513.

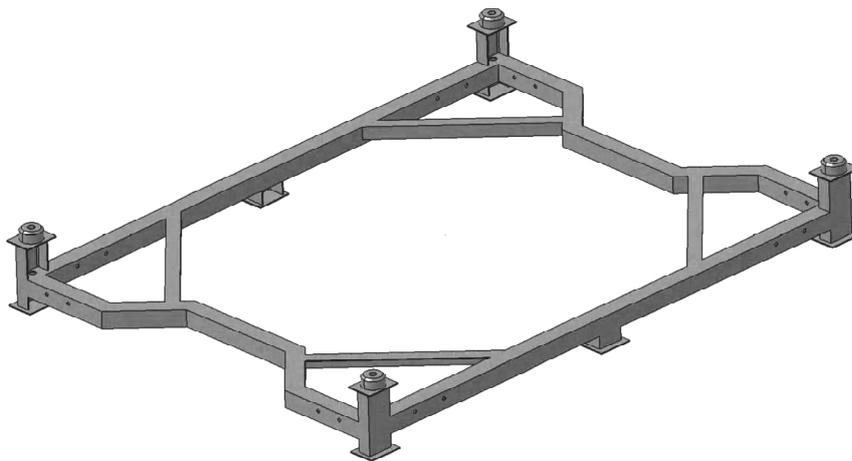


**Gambar 4.7 Rangka bagian tengah**

c. Rangka bagian bawah.

Rangka ini berfungsi sebagai bagian dasar pembentuk *assembly* rancangan rantai getar yang berada paling bawah diantara *part-part* yang lainnya. Rangka ini memiliki kaki tambahan yang berfungsi sebagai

peredam lendutan rangka saat terjadinya getaran. *Part* ini secara geometris mempunyai dimensi panjang 1350 mm, lebar 1000 mm, dan tinggi 180 mm. Material yang dipilih untuk digunakan adalah A513, profil baja tipe *square tube* ukuran 40 mm x 40 mm x 2 mm dengan  $\sigma_{ijin} = 52000$  psi (358,5 N/mm<sup>2</sup>) dan  $\tau_{ijin} = 38000$  psi (262 N/mm<sup>2</sup>). Nilai dari  $\sigma_{ijin}$  dan  $\tau_{ijin}$  tersebut merupakan minimal dari sifat mekanik material A513.



**Gambar 4.8 Rangka bagian bawah**

d. Spring (pegas).

*Spring* (pegas) berfungsi sebagai penopang yang elastis pada rangka bagian atas, dan memberikan efek getaran yang semakin elastis guna menstabilkan keseragaman frekuensi yang terjadi ketika getaran tersebut terjadi. Jumlah pegas sesuai dengan kaki-kaki dari rangka bagian bawah yaitu berjumlah 4 buah. Kekuatan dari pegas ini mampu menahan berat hingga 150 kg dan tetap bekerja sesuai dengan keelastisannya.



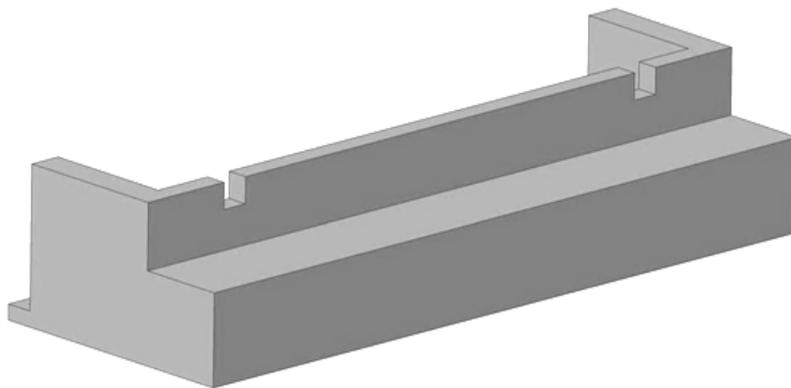
**Gambar 4.9 Spring**

## 2. Komponen pendukung rantai getar.

Rancangan rantai getar diperlukan komponen pendukung yang merupakan komponen untuk mendukung kerja dari rancangan ini sehingga didapatkan rancangan yang memenuhi keperluan hasil sesuai dengan tujuan penelitian ini. Komponen pendukung terbagi menjadi beberapa bagian, sebagai berikut:

### a. Cover.

Berfungsi sebagai komponen pendukung tambahan yaitu penutup kerangka dari rancangan rantai getar atau dapat disebut sebagai *performance* dari alat ini. Cover dirancang dengan menggunakan material kayu atau sejenisnya dengan memperhatikan dan menyesuaikan dimensi dari ruang iklim di Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret Surakarta.



**Gambar 4.10 Cover**

### b. *Panel box*.

*Panel box* merupakan tempat disusunnya seluruh komponen elektrik yang berfungsi sebagai pengatur kendali pengoperasian rantai getar. *Panel box* berbahan dasar plat besi tebal 1 mm dengan dimensi panjang 400 mm, lebar 300 mm, dan tebal 150 mm. Penyusunan komponen terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian depan (gambar 4.11) dan bagian dalam (gambar 4.12).

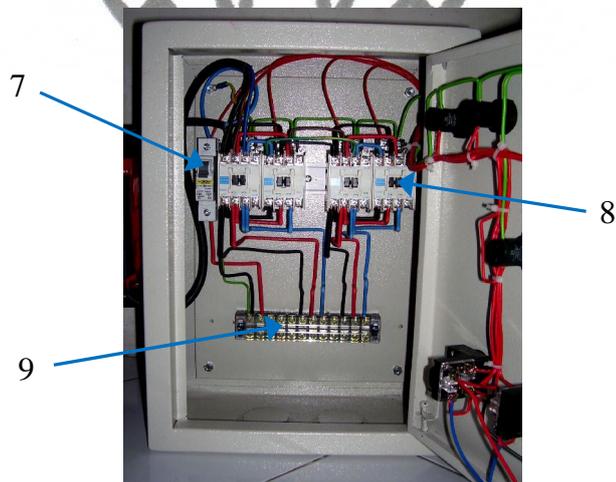
*commit to user*



**Gambar 4.11 Sisi depan panel box**

keterangan:

- 1. *Indicator Lights Power*
- 2. *Indicator Lights Left*
- 3. *Indicator Lights Right*
- 4. *Manual Switch (On/Off)*
- 5. *Inverter*
- 6. *Automatic Controller*



**Gambar 4.12 Sisi dalam panel box**

keterangan:

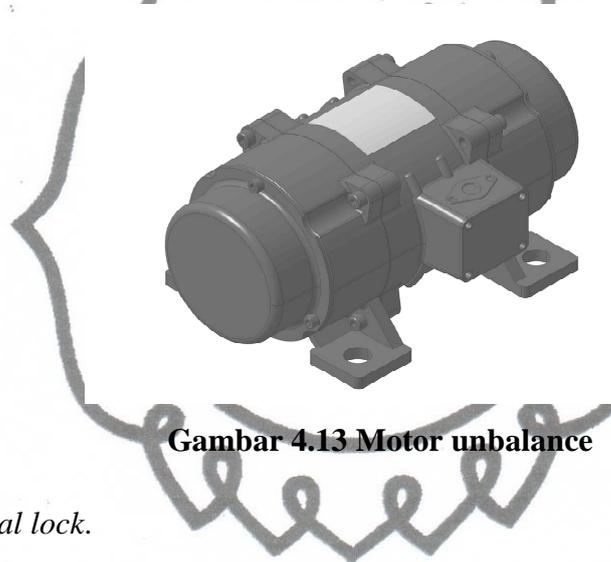
- 7. MCB
- 8. Kontaktor
- 9. Terminal

*commit to user*

3. *Standard part* pendukung rantai getar.

a. *Motor unbalance*.

*Motor unbalance* merupakan sistem penggerak dari rancangan rantai getar. Sistem penggerak bekerja dengan menggunakan massa *unbalance* yang membuat gerak berupa getaran hingga energi getar yang dihasilkan mampu bekerja sampai beban seberat 150 kg. Motor dengan input 3 phase ini telah disederhanakan dengan menggunakan *inverter* yang bekerja di input power 220 volt, sehingga lebih mudah digunakannya.



**Gambar 4.13 Motor unbalance**

b. *Central lock*.

*Central lock* merupakan *standard part* yang berfungsi di rancangan rantai getar ini sebagai pengunci arah getaran secara vertikal, dan digunakan pada arah getaran secara horisontal saja. Cara kerjanya sangat sederhana, jika mengunci maka *central lock* mendorong plat penutupnya dan sebaliknya.

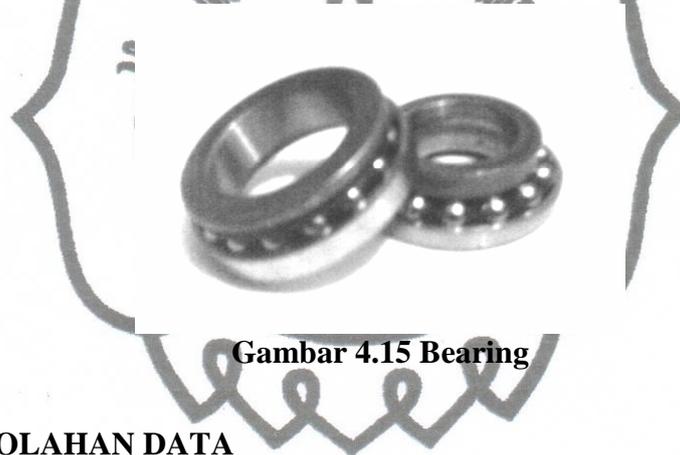


**Gambar 4.14 Central lock**

*commit to user*

c. *Bearing*.

*Bearing* atau bantalan gelinding merupakan bantalan yang digunakan atau disebut juga dengan bantalan anti gesek. Bantalan atau *bearing* merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Namun *bearing* disini berfungsi sebagai penumpu poros dari dudukan motor *unbalance* dan juga sebagai penerima gaya langsung dari berat motor statis dan energi getar yang ditimbulkan dari motor tersebut.



**Gambar 4.15 Bearing**

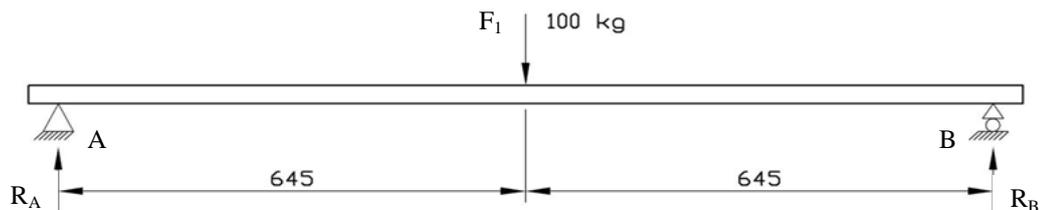
## **4.2 PENGOLAHAN DATA**

Tahap pengolahan data ini meliputi perhitungan-perhitungan data untuk menentukan keperluan baik material yang digunakan pada rangka-rangka penyusun rantai getar, momen yang terjadi pada rantai getar, dan perhitungan-perhitungan yang mempengaruhi pada rancangan rantai getar. Tahapan-tahapan dalam pengolahan data diuraikan dalam sub bab di bawah ini.

### **4.2.1 Menentukan Rangka Rantai Getar**

Konstruksi rancangan rantai getar yang dibuat digunakan sebagai alat simulasi getaran pada rantai dikondisikan pada lingkungan rantai pada tempat kerja. Getaran yang terjadi pada rancangan rantai getar berasal dari motor *unbalance*, dan getaran dapat dirasakan jika pengguna berada diatas rantai getar ini. Dimana sesuai asumsi awal, bahwa beban yang diterima pada rantai adalah sebesar 100 kg, beban tersebut diasumsikan sebagai beban yang terpusat, sehingga

beban 100 kg berada di tengah-tengah lantai getar. Maka dapat dihitung tegangan geser yang terjadi pada rangka dan tegangan geser yang terjadi pada baja profil □ (*Square Tube*), dengan menggunakan ukuran-ukuran rangka sesuai dengan desain yang ditunjukkan pada gambar 4.16.



**Gambar 4.16** Beban konstruksi rangka

Beban maksimal yang harus ditahan rangka adalah 100 kg. Perhitungan teknik berat rangka dan bagian lain di atas rangka tidak masuk dalam perhitungan teknik.

1. Perhitungan teknik pada rangka.

$$\begin{aligned} F_1 &= \text{beban maksimal} \times \text{gravitasi} \\ &= 100 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 981 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$F_1 \cdot 645 - R_B \cdot 1290 = 0$$

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{981 \times 645}{1290} \\ &= 490,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat setimbang} \rightarrow R_A + R_B = F_1$$

$$\begin{aligned} R_A &= F_1 - R_B \\ &= 981 - 490,5 \\ &= 490,5 \text{ N} \end{aligned}$$

*commit to user*

$$M_A = - F_1 \cdot 645 + R_B \cdot 1290$$

$$= -981 \cdot 645 + 490,5 \cdot 1290$$

$$= 0 \text{ Nmm}$$

$$M_{F_1} = R_A \cdot 645$$

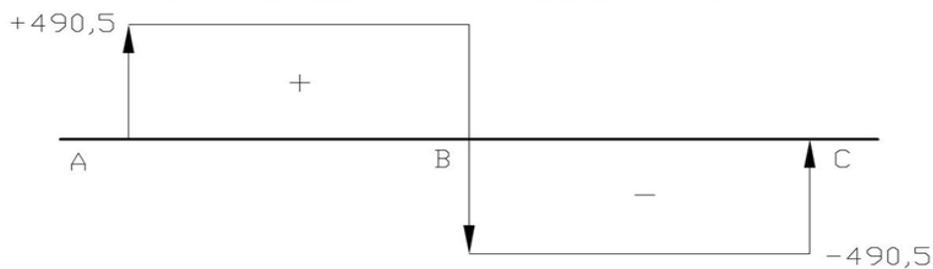
$$= 490,5 \cdot 645$$

$$= 316372,5 \text{ Nmm}$$

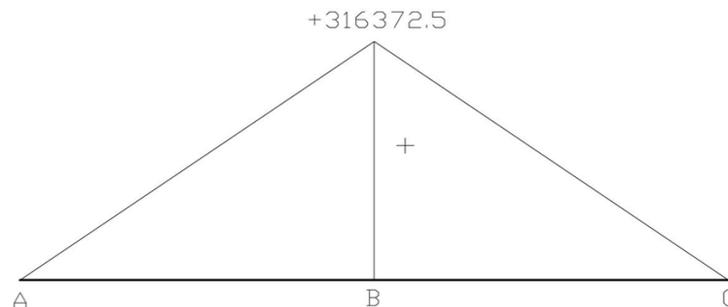
$$M_B = F_1 \cdot 645 - R_A \cdot 1290$$

$$= 981 \cdot 645 - 490,5 \cdot 1290$$

$$= 0 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.17 Diagram momen lentur rangka



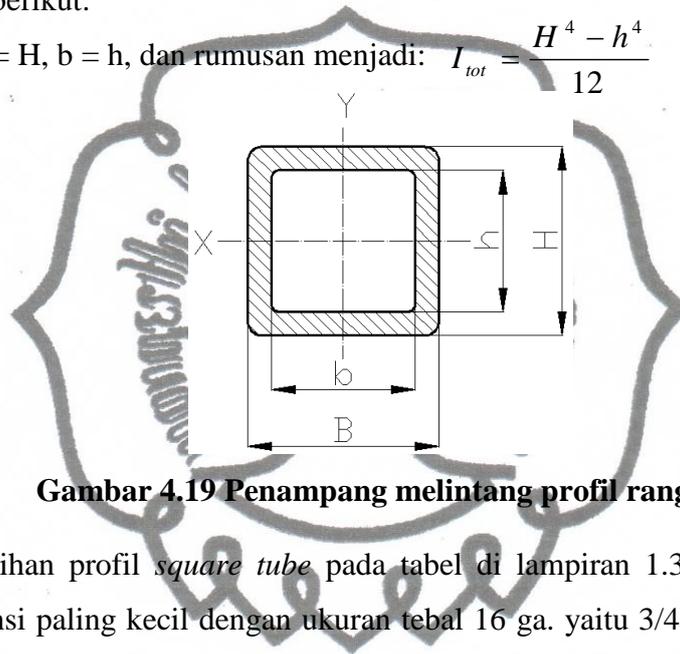
Gambar 4.18 Diagram gaya geser rangka

## 2. Pemilihan profil dan dimensi rangka.

Material yang dipakai pada profil konstruksi baja adalah A513 dengan  $\sigma_{ijin} = 52000 \text{ psi}$  ( $358,5 \text{ N/mm}^2$ ) dan  $\tau_{ijin} = 38000 \text{ psi}$  ( $262 \text{ N/mm}^2$ ). Nilai dari  $\sigma_{ijin}$  dan  $\tau_{ijin}$  tersebut merupakan minimal dari sifat mekanik material A513. Momen maksimal ( $M_{max}$ ) pada rangka (pada titik  $F_1$ ) sebesar  $316372,5 \text{ Nmm}$  dan gaya vertikal ( $V_{max}$ ) maksimal yang diterima sebesar  $981 \text{ N}$ .

Spesifikasi profil baja dari lampiran 1.3, maka profil baja yang dipilih adalah tipe *square tube*. Tipe *square tube* jika dibandingkan dengan profil pejal memiliki keunggulan berat yang jauh lebih ringan, tetapi dari segi nilai kekuatan hanya sedikit dibawah profil pejal. Tipe baja profil *square tube* dapat diketahui panjang (B) dan lebar (H) adalah sama dan ukuran lubang panjang (b) sama dengan lebarnya (h). Maka, dirumuskan sama dengan persamaan 2.7, sebagai berikut:

$$B = H, b = h, \text{ dan rumusan menjadi: } I_{tot} = \frac{H^4 - h^4}{12}$$



Gambar 4.19 Penampang melintang profil rangka

- Pemilihan profil *square tube* pada tabel di lampiran 1.3, dimulai dengan dimensi paling kecil dengan ukuran tebal 16 ga. yaitu 3/4 in. x 3/4 in. x 16 ga. Mempermudah perhitungan maka satuan inchi (in.) dan satuan gauge (ga.) dikonversi menjadi milimeter (mm), dimensi menjadi (19,05 x 19,05 x 1,2) mm.

- Tegangan lentur di batang

$$I_{tot} = \frac{H^4 - h^4}{12} = \frac{19,05^4 - 16,65^4}{12} = 4570,493 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} \sigma_{beban} &= \frac{M_{max}}{I_{tot}} \times c \\ &= \frac{316372,5}{4570,493} \times \left( \frac{19,05}{2} \right) \\ &= 659,327 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Karena  $\sigma_{beban} > \sigma_{ijin}$ , maka desain tidak aman.

*commit to user*

- Tegangan tekan di batang

$$\begin{aligned}\tau_{\text{beban}} &= \frac{V_{\text{max}}}{A} \\ &= \frac{981}{(19,05 \times 19,05) - (16,65 \times 16,65)} \\ &= 11,450 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Karena  $\tau_{\text{beban}} < \tau_{\text{ijin}}$ , maka desain aman.

- b. Pemilihan yang kedua dari profil *square tube* dikarenakan  $\sigma_{\text{beban}} > \sigma_{\text{ijin}}$  yaitu  $659,327 \text{ N/mm}^2 > 358,5 \text{ N/mm}^2$ , maka desain tidak aman dengan dimensi profil tersebut. Pemilihan profil *square tube* kembali dilakukan dengan dimensi profil yaitu 1 in. x 1 in. x 14 ga. Mempermudah perhitungan maka satuan inchi (in.) dan satuan gauge (ga.) dikonversi menjadi milimeter (mm), dimensi menjadi ( 25,4 x 25,4 x 1,6) mm.

- Tegangan lentur di batang

$$\begin{aligned}I_{\text{tot}} &= \frac{H^4 - h^4}{12} = \frac{25,4^4 - 22,2^4}{12} = 14445,013 \text{ mm}^4 \\ \sigma_{\text{beban}} &= \frac{M_{\text{max}}}{I_{\text{tot}}} \times c \\ &= \frac{316372,5}{14445,013} \times \left( \frac{25,4}{2} \right) \\ &= 278,153 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Karena  $\sigma_{\text{beban}} < \sigma_{\text{ijin}}$ , maka desain aman.

- Tegangan tekan di batang

$$\begin{aligned}\tau_{\text{beban}} &= \frac{V_{\text{max}}}{A} \\ &= \frac{981}{(25,4 \times 25,4) - (22,2 \times 22,2)} \\ &= 6,44 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Karena  $\tau_{\text{beban}} < \tau_{\text{ijin}}$ , maka desain aman.

*commit to user*

Setelah menentukan kekuatan material di atas, maka profil tersebut dicocokkan dengan yang banyak beredar di pasaran. Maka dipilih profil yang dimensinya paling mendekati dari dimensi baja profil di atas. Didapat baja profil *square tube* dengan dimensi 30 x 30 x 1,8 mm.

$$\begin{aligned} I_{tot} &= \frac{H^4 - h^4}{12} \\ &= \frac{30^4 - 26,4^4}{12} \\ &= 27020,563 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Tegangan lentur di batang

$$\begin{aligned} \sigma_{beban} &= \frac{M_{max}}{I_{tot}} \times c \\ &= \frac{316372,5}{27020,563} \times \left(\frac{30}{2}\right) \\ &= 175,629 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Karena  $\sigma_{beban} < \sigma_{ijin}$ , maka desain aman.

- Tegangan tekan di batang

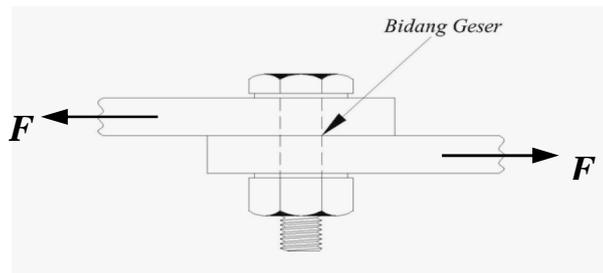
$$\begin{aligned} \tau_{beban} &= \frac{V_{max}}{A} \\ &= \frac{981}{(30 \times 30) - (26,4 \times 26,4)} \\ &= 4,832 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Karena  $\tau_{beban} < \tau_{ijin}$ , maka desain aman.

### 3. Perhitungan baut dan mur.

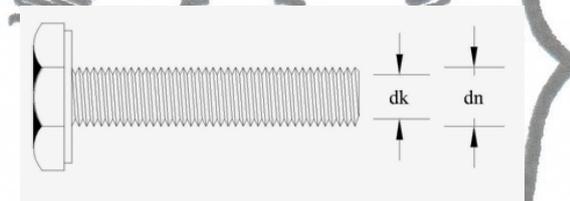
Baut dan mur adalah salah satu alat penyambung profil baja, selain paku keling dan las. Komponen ini menjadi bagian dari rancangan lantai getar, karena memudahkan proses perakitan terutama pada rangka-rangkanya.

*commit to user*



**Gambar 4.20 Pembebanan pada baut**

Baut digunakan pada rangka antara bagian atas dan tengah akan diberikan setiap rangka sebanyak 4 baut dengan diameter masing-masing baut 10 mm. Baut ini akan diletakkan pada ujung rangka tengah. Adapun perhitungan kekuatan baut dan mur pada rangka.



**Gambar 4.21 Dimensi baut**

dengan;

- Material dari baut adalah Baja dengan kadar karbon 0,2%.
- $\sigma_{ijin} = 165 \text{ MPa} = 165 \text{ N/mm}^2$
- $\tau_{ijin} = 100 \text{ MPa} = 100 \text{ N/mm}^2$
- Diameter inti ( $d_k$ ) = 8,376 mm
- Diameter luar ( $d_n$ ) = 10 mm
- $F_{beban} = (\text{Energi dari motor} + \text{Berat motor}) \times \text{Gravitasi}$   
 $= (150 + 12,5) \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$   
 $= 1594,125 \text{ N}$

$$A_{baut} = \frac{\pi}{4} (d_k)^2$$

$$= \frac{\pi}{4} (8,376)^2$$

$$= 55,101 \text{ mm}^2$$

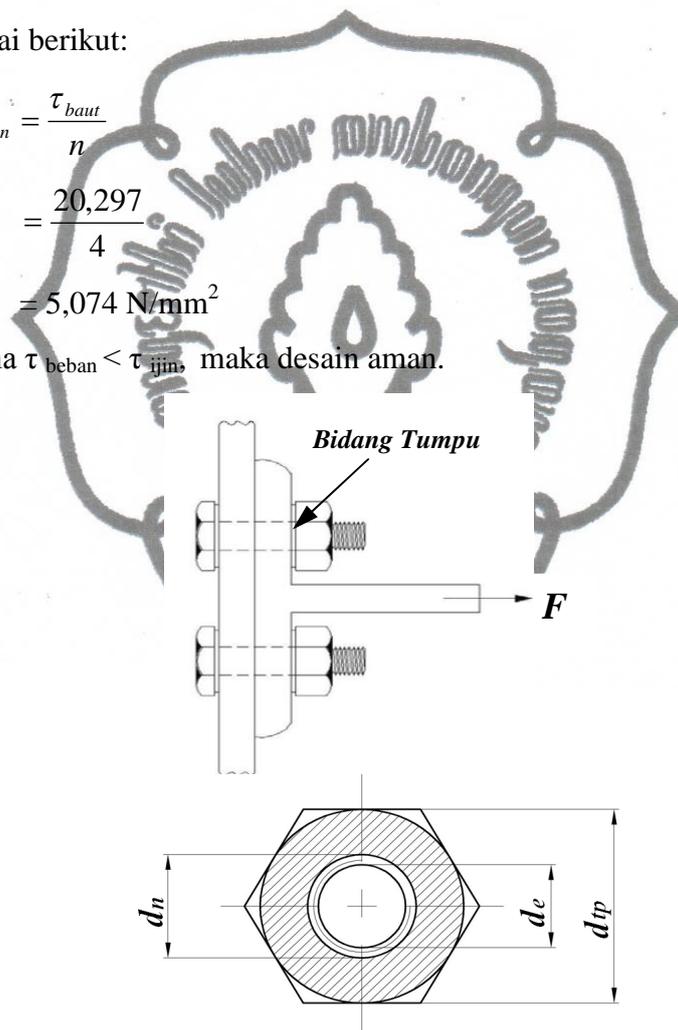
*commit to user*

$$\begin{aligned}\tau_{baut} &= \frac{F_{beban}}{A_{baut}} \\ &= \frac{1594,125}{55,101} \\ &= 28,931 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

- Bilamana, jumlah baut yang digunakan 4 buah untuk setiap pembebanan, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\tau_{beban} &= \frac{\tau_{baut}}{n} \\ &= \frac{20,297}{4} \\ &= 5,074 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Karena  $\tau_{beban} < \tau_{ijin}$ , maka desain aman.



**Gambar 4.22 Mur yang dibebani sejajar dengan sumbu**

dengan;

- Material dari mur adalah Baja dengan kadar karbon 0,2%.
- $\sigma_{ijin} = 165 \text{ MPa} = 165 \text{ N/mm}^2$
- $\tau_{ijin} = 100 \text{ MPa} = 100 \text{ N/mm}^2$

- Diameter luar ( $d_n$ ) = 10 mm
- Diameter efektif ( $d_e$ ) = 9,026 mm
- Diameter tumpu ( $d_{tp}$ ) = 17 mm
- $F_{beban} = (\text{Energi dari motor} + \text{Berat motor}) \times \text{Gravitasi}$   
 $= (150 + 12,5) \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$   
 $= 1594,125 \text{ N}$

$$A_{mur} = \frac{\pi}{4} (d_{tp}^2 - d_n^2)$$

$$= \frac{\pi}{4} (17^2 - 10^2)$$

$$= 148,44 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{mur} = \frac{F_{beban}}{A_{mur}}$$

$$= \frac{1594,125}{148,44}$$

$$= 10,739 \text{ N/mm}^2$$

- Jika dihitung dengan jumlah 4 mur di setiap pembebanannya, maka perhitungannya sebagai berikut:

$$\sigma_{beban} = \frac{\sigma_{mur}}{n}$$

$$= \frac{10,739}{4}$$

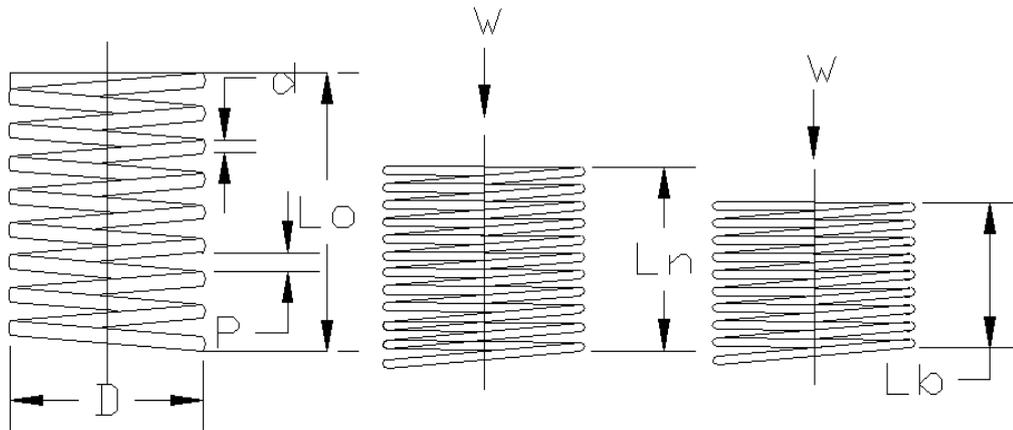
$$= 2,685 \text{ N/mm}^2$$

Karena  $\sigma_{beban} < \sigma_{ijin}$ , maka desain aman.

#### 4.2.2 Menentukan Kekuatan Pegas

Pegas merupakan bentuk dari gerak harmonis yang diberi gaya/beban. Apabila suatu partikel melakukan gerak periodik pada lintasan yang sama maka geraknya disebut gerak osilasi/getaran. Bentuk yang sederhana dari gerak periodik adalah benda yang berosilasi pada ujung pegas. Pegas berfungsi menyatukan (menyambung) elemen-elemen mesin secara elastis (tidak kaku). Pegas disini

sebagai penyangga yang elastis pada lantai getar, dan pembagi rata tekanan dari rangka bagian atas. Adapun perhitungan pegas tersebut, sebagai berikut:



Gambar 4.23 Pegas tekan

dengan;

- $L_0$  = panjang bebas
- $L_n$  = panjang tekan normal
- $L_b$  = panjang tekan total
- $d$  = diameter rata pegas
- $D$  = diameter kawat pegas
- $P$  = pitch
- $W$  = beban tekan

- Berdasarkan pegas yang digunakan, dapat diambil data-data sebagai berikut:

- $d$  = 8 mm
- $D$  = 65 mm
- $P$  = 12,5 mm
- $L_0$  = 165 mm
- $L_b$  = 125 mm
- $L_n$  = 100 mm

Jumlah lilitan pegas ( $N$ ) = 8

- Gaya tekan pegas maksimum sama dengan tegangan tarik ( $\tau$ ) sebesar:

$$\begin{aligned}
 F = \tau t &= \text{beban maksimal} \times \text{gravitasi} \\
 &= 100 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 &= 981 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Beban tekan ( $W$ ) yang diterima pegas:

$$\begin{aligned} W &= 0,1 \cdot \tau t \\ &= 0,1 \cdot 981 \\ &= 98,1 \text{ N} \end{aligned}$$

- Besarnya momen puntir yang dialami pegas:

$$T = \left(\frac{D}{2}\right)W$$

$$\begin{aligned} T &= \left(\frac{65}{2}\right)98,1 \\ &= 3188,25 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Besarnya momen tahanan puntir kawat pegas:

$$\begin{aligned} Z_p &= \left(\frac{\pi}{16}\right)d^3 \\ Z_p &= \left(\frac{\pi}{16}\right)8^3 \\ &= 100,531 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

- Besarnya tahanan geser pegas dapat dihitung dari:

$$\begin{aligned} T_g &= \frac{T}{Z_p} \\ T_g &= \frac{3188,25}{100,531} \\ &= 31,714 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- Besarnya faktor tegangan ( $K$ ) dapat dicari dengan:

$$K = \frac{4c-1}{4c-4} + \frac{0,615}{c}$$

- Besarnya  $c$  dapat dicari dengan rumus:

$$\begin{aligned} c &= \frac{D}{d} \\ c &= \frac{65}{8} \\ &= 8,125 \end{aligned}$$

*commit to user*

- Sehingga besarnya  $K$ :

$$\begin{aligned} K &= \frac{(4 \cdot 8,125) - 1}{(4 \cdot 8,125) - 4} + \frac{0,615}{8,125} \\ &= 1,105 + 0,076 \\ &= 1,181 \end{aligned}$$

- Besarnya tegangan geser yang diijinkan:

$$\begin{aligned} \overline{\tau}_g &= K \cdot \tau_g \\ \overline{\tau}_g &= 1,181 \cdot 31,714 \\ &= 37,454 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah lilitan aktif pegas:

$$\begin{aligned} n &= N - (1,5 \text{ sampai } 2) \\ &= N - 2 \\ &= 8 - 2 \\ &= 6 \end{aligned}$$

- Lendutan pegas dapat dicari dengan:

$$\delta = \frac{8 \cdot n \cdot D^3 \cdot W}{d^4 \cdot G}$$

bahan pegas adalah baja, berdasarkan harga  $G$  pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Harga modulus geser  $G$**

Bahan	Lambang	Nilai $G$ ( $\text{kg/mm}^2$ )
Baja pegas	SUP	$8 \times 10^3$
Kawat baja keras	SW	$8 \times 10^3$
Kawat piano	SWP	$8 \times 10^3$
Kawat ditemper dengan minyak	---	$8 \times 10^3$
Kawat baja tahan karat (SUS 27, 32, 40)	SUS	$7,5 \times 10^3$
Kawat kuningan	BsW	$4 \times 10^3$
Kawat perak nikel	NSWS	$4 \times 10^3$
Kawat perunggu fosfor	PBW	$4,5 \times 10^3$
Kawat tembaga berilium	BeCuW	$5 \times 10^3$

Sumber: Sularso dan Suga, 2004

*commit to user*

$$G = 8 \times 10^3 \text{ Kg/mm}^2 = 78480 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta = \frac{8 \cdot 6 \cdot (65)^3 \cdot 98,1}{(8)^4 \cdot 78480}$$

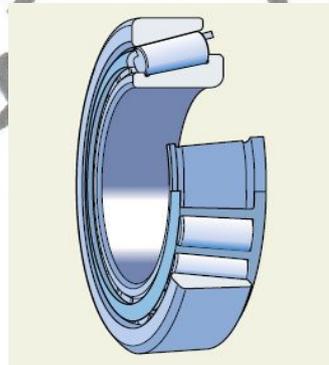
$$= 4,023 \text{ mm}$$

- Karena pegas penyangga ada 4 buah, jadi lendutan pegas sebesar:  
 $4,023/4 = 1,006 \text{ mm} \approx 1 \text{ mm}$

### 4.2.3 Bearing

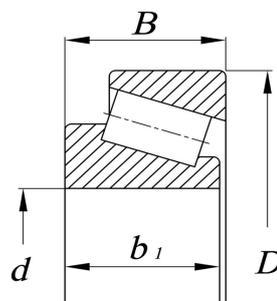
Pemilihan bearing mengacu pada arah gaya-gaya yang terjadi dalam proses pembebanan pada *bearing*. Sesuai dengan besarnya dimensi poros pada dudukan motor *unbalance*, dan gaya-gaya akibat getaran yang dihasilkan dari motor, maka dipilih *bearing* dengan tipe 30303 (*taper roller bearings*) yang mampu menahan beban radial maupun beban aksial dan juga sebagai penahan poros dudukan motor yang dibebani berat dari motor *unbalance*.

1. Adapun perhitungan dari *bearing* tipe tersebut, sebagai berikut:



**Gambar 4.24 Taper roller bearings**

Sumber: General Catalogue SKF, 2003



**Gambar 4.25 Penampang bearing**

Sumber: Sudibyo, 1986

Dimensi utama *bearing*:

$$D = 47 \text{ mm}; d = 17 \text{ mm}; b_1 = 14 \text{ mm}; B = 15,25 \text{ mm}$$

$$C = 24,5 \text{ kN}; C_o = 16,3 \text{ kN.}$$

dengan;

$D$  = Diameter luar bearing

$d$  = Diameter dalam bearing

$b_1$  = lebar ring dalam bearing

$B$  = lebar luar bearing

$C$  = Batas beban nominal dinamik

$C_o$  = Batas beban nominal statik

- Beban ekuivalen statik  $P_o$ :

$$P_o = x_o \cdot Fr + y_o \cdot Fa$$

$P_o$  = beban ekuivalen statik (N)

$Fr$  = beban radial statik (N)

$Fa$  = beban aksial statik (N)

$x_o$  = faktor radial statik

$y_o$  = faktor aksial statik

- Perhitungan batas beban nominal statik:

$$C_o = P_o \times F_s$$

$F_s$  = angka keamanan topang statik

- Beban statik maksimum yang diterima bearing:

$$Fa = (\text{Energi dari motor} + \text{Berat motor}) \times \text{Gravitasi}$$

$$= (150 + 12,5) \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 1594,125 \text{ N}$$

$$Fr = \text{Berat motor} \times \text{Gravitasi}$$

$$= 12,5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 122,625 \text{ N}$$

- Mencari nilai  $x_o$  dan  $y_o$ , dapat diketahui pada tabel 4.2.

*commit to user*

**Tabel 4.2 Nilai patokan  $x_o$  dan  $y_o$  dalam perhitungan bearing.**

Jenis Bantalan	Baris Tunggal				$e$	Baris Ganda				$e$
	$Fa/Fr \leq e$		$Fa/Fr > e$			$Fa/Fr \leq e$		$Fa/Fr > e$		
	$x_o$	$y_o$	$x_o$	$y_o$		$x_o$	$y_o$	$x_o$	$y_o$	
Bantalan bola alur dalam	1	0	0,6	0,5	0,8	1	0	0,6	0,5	0,8
Bantalan bola kontak sudut	1	0	0,5	0,26	1,9	$x_o = 1$		$y_o = 0,58$		-
Bantalan bola mapan sendiri	-	-	-	-	-	$x_o = 1$		$y_o = 0,68 \cdot y^{**})$		-
Bantalan rol mapan sendiri	-	-	-	-	-	$x_o = 1$		$y_o = 0,68 \cdot y^{**})$		-
Bantalan rol kerucut	1	0	0,5	0,5	$0,5 \cdot y^{**})$			---		-

Sumber: Sudiby, 1986

Keterangan: \*\*) nilai  $y$  diambil dari kolom  $Fa/Fr \geq e$  dalam tabel TJ.2 di lampiran 2.3.

**Tabel 4.3 Nilai patokan  $x$  dan  $y$  dari tabel TJ.2**

Jenis bantalan		$Fa/Fr \leq e$		$Fa/Fr \geq e$		$e$
		$x$	$y$	$x$	$y$	
Bantalan rol kerucut	urutan 302				1,5	0,4
	303				1,9	0,32
	322	1	0	0,4	1,5	0,4
	313				0,7	0,83
	323				1,7	0,35

Sumber: Sudiby, 1986

- Nilai  $x_o$  dan  $y_o$  diambil dari tabel dengan jenis bantalan bola kontak sudut pada baris ganda.

$$\begin{aligned} \frac{Fa}{Fr} &= \frac{1594,125}{122,625} \\ &= 13 \end{aligned}$$

$$e = 0,5 \cdot y$$

$$= 0,5 \cdot 1,9$$

$$= 0,95 \rightarrow \text{maka, } x_o \text{ dan } y_o \text{ yang dipakai dari } Fa/Fr > e \text{ (tabel 4.2).}$$

*commit to user*

$$\begin{aligned}
 P_o &= x_o \cdot F_r + y_o \cdot F_a \\
 &= 0,5 \cdot 122,625 + 0,5 \cdot 1594,125 \\
 &= 858,375 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.4 Nilai  $f_s$  (angka keamanan).**

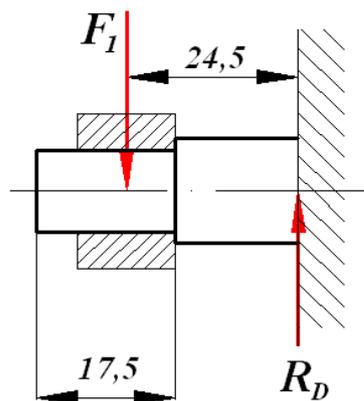
Tuntutan keperluan	$f_s$
Beban kejut / Goncangan Kepresisian berputar Memakai bantalan rol mapan sendiri (aksial)	$\geq 2$
Operasi / kerja normal	1
Tenang dan tanpa goncangan	0,5...1

Sumber: Sudibyo, 1986

$$\begin{aligned}
 C_o \text{ beban} &= P_o \times f_s \\
 &= 858,375 \times 2 \\
 &= 1716,75 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena  $C_o \text{ beban} < C_o \text{ ijin}$ , maka pemilihan *bearing* sudah sesuai.

2. Perhitungan poros pada *bearing*.



**Gambar 4.26 Pembebanan pada poros bearing**

Diketahui material yang dipakai pada poros adalah Baja paduan A 36 dengan  $\sigma_{ijin} = 450 \text{ N/mm}^2$  dan  $\tau_{ijin} = 235 \text{ N/mm}^2$ , maka perhitungan pada poros, sebagai berikut:

*commit to user*

$$F_1 = R_D = \text{Energi dari motor} \times \text{Gravitasi}$$

$$= 150 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 1471,5 \text{ N}$$

$$M_1 = F_1 \times 24,5$$

$$= 1471,5 \times 24,5$$

$$= 36051,75 \text{ Nmm}$$

- Tegangan lentur di poros

Diameter minimal yang dibutuhkan untuk poros pejal.

$$\sigma_{ijin} = \frac{M}{W}$$

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M \cdot 32}{\pi \cdot \sigma_{ijin}}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{36051,75 \cdot 32}{\pi \cdot 450}}$$

$$= 9,345 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$$

- Tegangan geser di poros

Diameter minimal yang dibutuhkan untuk poros pejal.

$$\tau_{ijin} = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{\tau_{ijin}}$$

$$= \frac{1471,5}{235}$$

$$= 6,262 \text{ mm}^2$$

$$A = \left( \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \right)$$

$$6,262 = \left( \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \right)$$

*commit to user*

$$d = \sqrt{\frac{6,262 \cdot 4}{\pi}}$$

$$= 2,824 \text{ mm} \approx 3 \text{ mm}$$

Karena tuntutan dari dimensi *bearing* yang telah dipilih tipe 30303 (*taper roller bearings*) dengan dimensi utama  $D = 40 \text{ mm}$ ;  $d = 17 \text{ mm}$ ; dan  $b_1 = 17,5 \text{ mm}$ , maka ukuran diameter poros *bearing* menyesuaikan diameter dalam *bearing*, yaitu  $d = 17 \text{ mm}$ .

- Tegangan lentur di poros untuk  $D = 17 \text{ mm}$

$$\sigma_{\text{beban}} = \frac{M}{W}$$

$$= \frac{36051,75}{\left(\frac{\pi \cdot d^3}{32}\right)}$$

$$= \frac{36051,75}{\left(\frac{\pi \cdot 17^3}{32}\right)}$$

$$= 74,745 \text{ N/mm}^2$$

Karena  $\sigma_{\text{beban}} < \sigma_{\text{ijin}}$  maka desain aman.

- Tegangan geser di poros untuk  $D = 17 \text{ mm}$

$$\tau_{\text{beban}} = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{F}{\left(\frac{1}{4} \pi \cdot d^2\right)}$$

$$= \frac{1471,5}{\left(\frac{1}{4} \pi \cdot 17^2\right)}$$

$$= 6,483 \text{ N/mm}^2$$

Karena  $\tau_{\text{beban}} < \tau_{\text{ijin}}$  maka desain aman.

*commit to user*

#### 4.2.4 Menentukan Kekuatan Las

Data-data yang diperoleh dari tabel standarisasi las dan data sebenarnya (panjang pengelasan).

Tebal las ( h ) : 5 mm

Panjang las ( l ) : 48 mm

Panjang pengelasan ( L ) : 40 mm

Gaya dibebankan ( F ) : (Beban maksimal + (2 x Energi dari motor)) x Gravitasi  
 : (100 kg + (2 x 150 kg)) x 9,81 m/s<sup>2</sup>  
 : 3924 N

##### 1. Perhitungan tegangan geser.

Untuk menghitung tegangan geser yang terjadi pada hasil pengelasan dapat menggunakan perhitungan, sebagai berikut:

$$\tau = \frac{0,707 \cdot F}{h \cdot l}$$

$$\tau = \frac{0,707 \cdot 3924}{5 \cdot 48}$$

$$\tau = 11,559 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 1,178 \text{ kg/mm}^2$$

##### 2. Perhitungan tegangan lentur.

Untuk menghitung tegangan lentur yang terjadi pada hasil pengelasan.

$$\sigma_b = \frac{0,707 \cdot F \cdot L}{h \cdot l^2}$$

$$\sigma_b = \frac{0,707 \cdot 3924 \cdot 40}{5 \cdot 48^2}$$

$$\sigma_b = 9,633 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = 0,982 \text{ kg/mm}^2$$

##### 3. Perhitungan tegangan kombinasi.

Sedangkan untuk menghitung tegangan kombinasi yang terjadi pada hasil pengelasan.

$$\sigma = \frac{3 \cdot F \cdot L}{h \cdot l^2}$$

*commit to user*

$$\sigma = \frac{3 \cdot 3924 \cdot 40}{5 \cdot 48^2}$$

$$\sigma = 40,875 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 4,167 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel AWS A5. 1-64 T (pemakaian elektroda) dapat diketahui besarnya kekuatan tarik dan kekuatan luluh pemakaian elektroda seperti tabel 4.5.

**Tabel 4.5 Pemakaian elektroda**

Jenis Elektroda	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan luluh (kg/mm <sup>2</sup> )
E6011	43,6	35,2

Sumber: Tabel AWS A5. 1-64 T, 2008

Elektroda yang digunakan : E6011

Kekuatan tarik ( $\sigma_t$ ) : 43,6 kg/mm<sup>2</sup>

Kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ) : 35,2 kg/mm<sup>2</sup>

Jadi, tegangan yang terjadi pada pengelasan masih dibawah tegangan luluh yang diijinkan ( $4,167 \text{ kg/mm}^2 < 35,2 \text{ kg/mm}^2$ ), dengan demikian pengelasan dikatakan aman.

#### 4.2.5 Sistem Penggerak Lantai Getar

Motor merupakan mekanisme penggerak yang sering digunakan dalam perancangan mekanik. Sistem penggerak dirancangan lantai getar ini adalah motor *unbalance*. Motor ini sering digunakan untuk keperluan industri kecil maupun besar sebagai alat penggetarnya. Dirancangan lantai getar ini, motor *unbalance* digunakan sebagai alat penggetar manusia.

**Tabel 4.6 Spesifikasi motor unbalance**

Tipe \ Size	Vibration Energy (kg)	Output	Voltage (V)	Rpm
2P-11	150	0,1 kW (1/8 HP)	220	3450

Sumber: Katalog motor Sung Hsin, 2010

Berdasarkan tabel 4.6 di atas, gaya sentrifugal, massa *unbalance*, gaya yang dihasilkan, momen gaya, usaha, torsi, keluaran mekanis motor, daya yang dihasilkan oleh motor, dan kerugian daya pada motor dapat diketahui dengan menggunakan persamaan, sebagai berikut:

1. Mencari gaya sentrifugal dari motor ( $F_s$ ).

Diketahui jika energi getar ( $m_e$ ) dan koefisien gravitasi ( $g$ ), dapat dihitung besar gaya sentrifugal ( $F_s$ ) menggunakan persamaan, sebagai berikut:

$$F_s = m_e \times g$$

$$\begin{aligned} F_s &= 150 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 1472,5 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh hasil gaya sentrifugal ( $F_s$ ) sebesar 1472,5 Newton.

2. Mencari massa *unbalance* dari motor ( $m_u$ ).

Diketahui jika gaya sentrifugal ( $F_s$ ), kecepatan putaran per detik ( $\omega$ ), dan jari-jari massa *unbalance* ( $r_m$ ) dapat dihitung besar massa *unbalance* ( $m_u$ ).

$$D_m = 113 ; \text{ maka } r_m = 56,5 \text{ mm}$$

$$F_s = m_u \cdot \omega^2 \cdot r_m$$

$$\begin{aligned} m_u &= \frac{F_s}{\omega^2 \cdot r_m} \\ &= \frac{1472,5}{\left(\frac{3450 \cdot 2\pi}{60}\right)^2 \cdot 0,0565} \\ &= 0,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena 1 poros motor dibebani 2 massa *unbalance*, sehingga diperoleh hasil massa *unbalance* ( $m_u$ ) sebesar  $2 \text{ kg} \times 2 = 0,4 \text{ kg}$ .

3. Mencari gaya pada motor ( $F$ ).

Diketahui jika massa *unbalance* ( $m_u$ ) dan koefisien gravitasi ( $g$ ), dapat dihitung besar gaya ( $F$ ).

$$F = m_u \times g$$

$$\begin{aligned} F &= 0,4 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 3,924 \text{ N} \end{aligned}$$

*commit to user*

Sehingga diperoleh hasil gaya ( $F$ ) sebesar 3,924 Newton.

4. Mencari usaha yang dihasilkan motor ( $W$ ).

Diketahui jika gaya ( $F$ ) dan jarak pemindahan ( $d$ ), dapat dihitung besar usaha ( $W$ ).

$$\begin{aligned} W &= F \times d \\ W &= 3,924 \text{ N} \times 0,645 \text{ m} \\ &= 2,531 \text{ J} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh hasil usaha ( $W$ ) sebesar 2,531 Joule.

5. Mencari torsi yang dihasilkan motor ( $T$ )

Diketahui jika gaya ( $F$ ) dan jari-jari massa *unbalance* ( $r_m$ ), dapat dihitung besar torsi ( $T$ ).

$$\begin{aligned} T &= F \times r_m \\ T &= 3,924 \text{ N} \times 0,0565 \\ &= 0,222 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh hasil torsi ( $T$ ) sebesar 0,222 Nm.

6. Mencari keluaran mekanis motor ( $P_o$ ).

Diketahui jika torsi ( $T$ ), usaha ( $W$ ) dan jumlah putaran per detik ( $N$ ), dapat dihitung besarnya keluaran mekanis ( $P_o$ ).

$$\begin{aligned} P_o &= 2 \cdot \pi \cdot N \cdot T \cdot W \\ P_o &= 2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{3450}{60} \right) \cdot 0,222 \cdot 1,265 \\ &= 101,459 \text{ W} \approx 0,1 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh keluaran mekanis motor sebesar 101,459 W  $\approx$  0,1 kW, maka hasil keluaran motor sama dengan spesifikasi motor *unbalance*.

7. Mencari daya yang hilang pada motor ( $Ph$ ).

Diketahui jika diambil nilai efisiensi kerja ( $\eta$ ) sebesar = 85 %, dan daya sesungguhnya ( $P_i$ ), dapat dihitung besarnya daya yang hilang pada motor ( $Ph$ ).

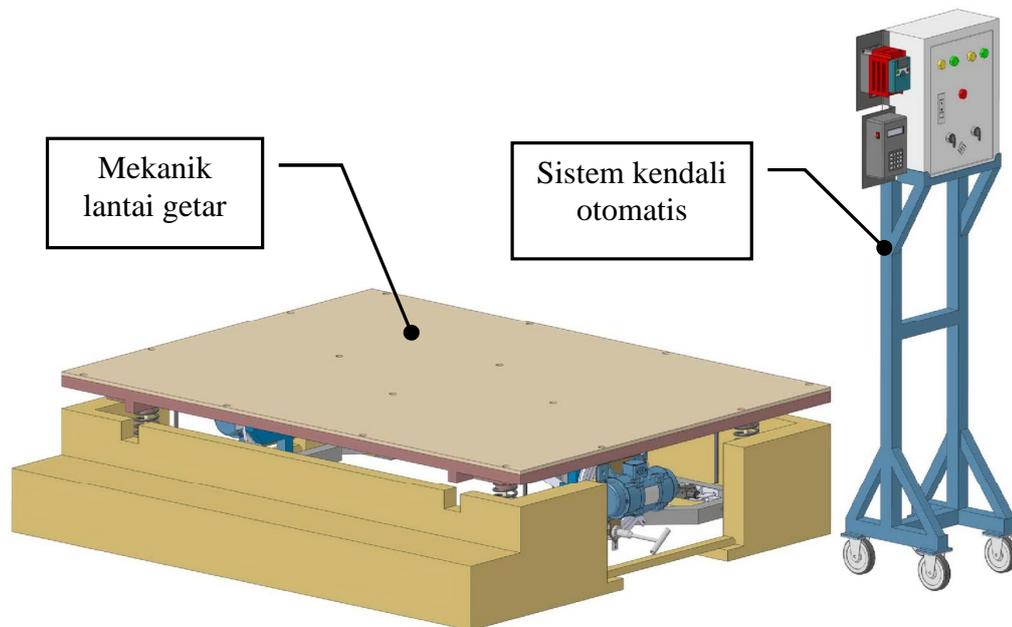
$$\begin{aligned} P_i &= \frac{P_o}{\eta} \\ P_i &= \frac{101,459 \text{ W}}{0,85} = 119,364 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ph &= P_i - P_o \\
 &= 119,364 - 101,459 \\
 &= 17,905 \text{ W} \approx 0,018 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Sehingga kerugian daya pada motor sebesar  $17,905 \text{ W} \approx 0,018 \text{ kW}$ .

#### 4.2.6 Pengoperasian Lantai Getar

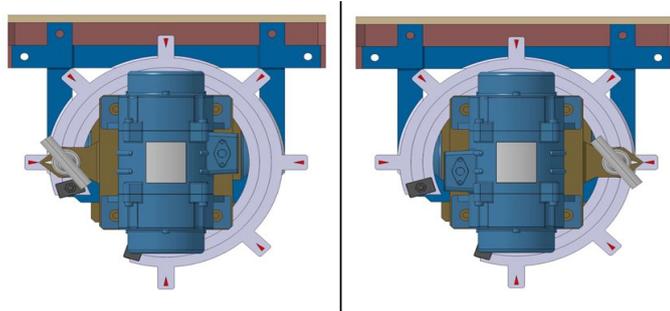
Penelitian ini menghasilkan sistem mekanik lantai getar yang merupakan simulasi getaran yang terjadi pada lantai kerja yang menggunakan mesin besar. Lantai getar secara keseluruhan terdiri dari dua bagian, yaitu mekanik lantai getar dan sistem kendali otomatis. Dua bagian tersebut dapat dilihat pada gambar 4.27.



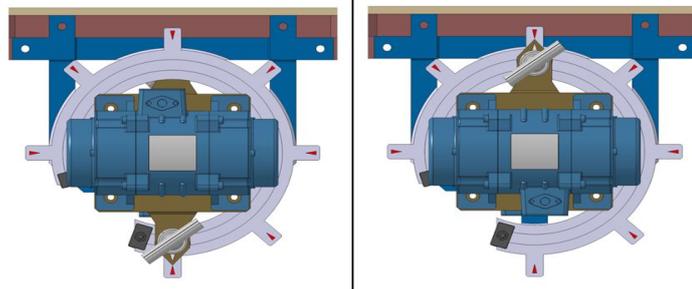
**Gambar 4.27 Lantai getar**

Lantai getar mampu menghasilkan tiga modus pergerakan lantai getar yaitu horisontal, vertikal dan kombinasi. Tiga modus pergerakan dihasilkan dengan mengubah posisi motor vibrator secara manual. Pada modus horisontal digunakan *central lock* sebagai pengunci sistem pergerakan lantai getar, sedangkan untuk modus vertikal dan kombinasi motor *central lock* tidak digunakan. Modus tersebut dapat dilihat pada gambar 4.28, 4.29, dan 4.30.

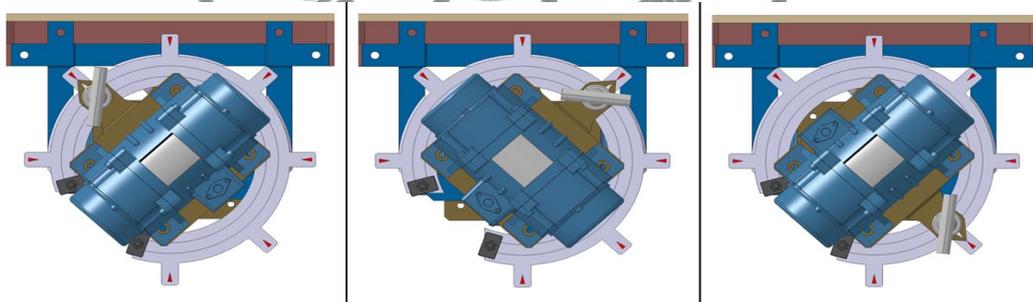
*commit to user*



**Gambar 4.28 Modus horisontal**



**Gambar 4.29 Modus vertikal**



**Gambar 4.30 Modus kombinasi**

Getaran diperoleh dari 2 motor vibrator yang terintegrasi dengan sistem mekanik rantai getar. Pengaturan mekanisme rantai getar dimulai dengan mengatur frekuensi pada inverter dengan *range* 1 – 50 Hz guna didapatkan getaran yang diinginkan.



*commit to user*

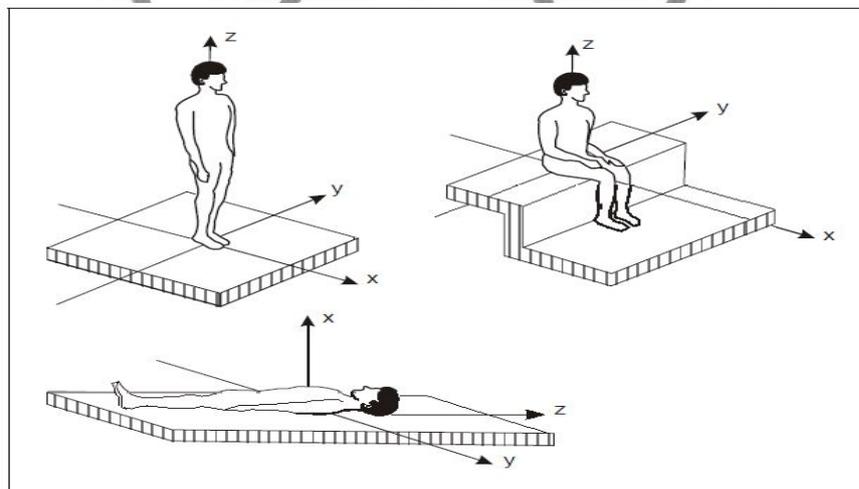
**Gambar 4.31 Inverter**

Untuk menentukan modus pergerakan lantai getar dan pengaturan waktu proses pengoperasian lantai getar digunakan sistem kendali otomatis, yang ditunjukkan pada gambar 4.32.



**Gambar 4.32 Automatic controller**

Getaran yang dirasakan pengguna lantai getar baik dalam posisi duduk, berdiri dan terlentang merupakan getaran seluruh tubuh. Bidang lantai yang bergetar kemudian terjadi getaran yang dapat dirambatkan melalui telapak kaki ketika pengguna berdiri, melalui telapak kaki dan bokong ketika pengguna duduk, dan bagian belakang tubuh ketika pengguna terlentang. Posisi pengguna dapat dilihat pada gambar 4.33.



**Gambar 4.33 Posisi tubuh dan standar sistem koordinat untuk getaran seluruh tubuh**

Sumber: ISO 2631-2, 2003

### 4.3 ESTIMASI BIAYA

Biaya rancangan lantai getar merupakan biaya yang diperlukan untuk membeli material dan perlengkapan pendukung yang diperlukan dalam membuat

*commit to user*

lantai getar dan biaya tenaga kerja yang digunakan dalam pembuatannya. Biaya pembuatan lantai getar dijelaskan pada tabel 4.7.

**Tabel 4.7 Biaya pembuatan lantai getar**

No	Bahan yang dibutuhkan	Ukuran	Keperluan	Satuan	Harga Satuan(Rp)	Biaya(Rp)
1	Motor Vibrator 3 Phase	( $\phi$ 94x211x136) mm	2	pcs	4.250.000	8.500.000
2	Inverter Toshiba	1 hp, 1 to 3 phase	1	pcs	1.950.000	1.950.000
3	Panel Box	(40 x 30 x 15) cm	1	pcs	415.000	415.000
4	Kontaktor	Mitsubshi (SN-10)	4	pcs	207.500	830.000
5	MCB	6A, 220V	1	pcs	35.000	35.000
6	Manual Switch (Saklar)	2	4	pcs	20.000	80.000
7	Indicator Lights	-	5	pcs	15.000	75.000
8	Terminal Kabel	12 pin	1	pcs	15.000	15.000
9	Kabel 3 Phase	$\phi$ 10 mm	15	meter	12.500	187.500
10	Centrallock 3	-	3	pcs	30.000	90.000
11	Centrallock 1	-	1	pcs	27.500	27.500
12	Adaptor Switching	2A	2	pcs	47.500	95.000
13	Box Sky	-	1	pcs	8.000	8.000
14	Stop Kontak	2 lb	1	pcs	7.000	7.000
15	Kabel Turito	2x32	40	meter	1.250	50.000
16	Kabel Engkel	0,8 mm	2	rol	7.500	15.000
17	Mikro Switch	-	14	pcs	2.000	28.000
18	Steker	5p x e 164	2	pcs	45.000	90.000
19	Kabel Federal	3 x 1.5	14	meter	4.500	63.000
20	Isolasi Kabel	42	1	pcs	3.500	3.500
21	Termi spk 4p	-	2	pcs	850	1.700
22	Baut + Mur	M5&M6	1	pcs	2.000	2.000
23	Jack DC Paking	-	1	pcs	4.000	4.000
24	Mata Bor	1 mm	1	pcs	1.000	1.000
25	Contra Jeck DC	1 pin	2	pcs	1.750	3.500
26	Triplek/Papan kayu	tebal 1 cm	1	pcs	100.000	100.000
27	Cover (Penutup)	depan-belakang	1	pcs	175.000	175.000
28	Automatic Controller	-	1	pcs	1.500.000	1.500.000
29	Spring (Pegas)	$\phi$ 50 mm	4	pcs	75.000	300.000
30	Besi Profil Kotak	(4 x 4) cm, tebal 3 mm	3	lonjor(6m)	212.500	637.500
31	Besi Profil Kotak	(3 x 3) cm, tebal 1,8 mm	7	lonjor(6m)	195.000	1.365.000
32	Besi Profil U	(6 x 4) cm, tebal 2 mm	1	lonjor(6m)	227.500	227.500
33	Material Plat	A36	1	pcs	450.000	450.000
34	Material AS (Poros)	A36	1	pcs	225.000	225.000
35	Material Nyllon	-	1	pcs	110.000	110.000
36	Roda Trolley	-	1	set	135.000	135.000
37	Bearing	$d = 17$ mm (30303)	4	pcs	112.250	449.000
38	All Baut + Mur	M8,M10&M12	all	-	155.000	155.000
39	Cat & Tiner	-	all	-	150.000	150.000
40	Proses Pembuatan+Jasa	all process	all	-	1.250.000	1.250.000
					<b>TOTAL BIAYA :</b>	<b>19.805.700</b>

Berdasarkan tabel di atas biaya yang dibutuhkan untuk membeli material, biaya membeli perlengkapan pendukungnya, biaya pembuatan dan biaya tenaga kerja, dengan total biaya pembuatan lantai getar sebesar Rp 19.805.700,00.

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL**

Pada bab ini membahas tentang analisis hasil penelitian yang telah dikumpulkan dan diolah pada bab sebelumnya. Pada bab ini diuraikan mengenai analisis perancangan rantai getar. Analisis hasil tersebut diuraikan dalam sub bab dibawah ini.

#### **5.1 ANALISIS LANTAI GETAR**

Analisis hasil penelitian rantai getar perlu dilakukan untuk menelaah hasil yang telah diperoleh dari penelitian. Pada sub bab ini diuraikan mengenai analisis terhadap hasil pengumpulan dan pengolahan data penelitian.

##### **5.1.1 Analisis Kebutuhan Perancangan Rantai Getar**

Proses perancangan rantai getar didapat dari penjabaran kebutuhan dan harapan pengguna rantai getar pada Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Hasil dari wawancara dengan pengguna rantai getar didapat keputusan untuk merancang dan membuat rantai getar yang dapat memberikan kontribusi mensimulasikan getaran pada rantai kerja di lingkungan kerja dan untuk mengenalkan lebih awal bahaya akibat getaran terhadap keselamatan pekerja khususnya dalam bidang kesehatan.

Dalam proses produksi, pembuatan rantai getar dibuat sesuai rancangan 3D desain konsep menggunakan *software Catia V5 R19*. Penggunaan *software Catia V5 R19* untuk melakukan pembuat desain rantai getar hingga proses perakitan di *Catia V5 R19*, sehingga jika terjadi ketidaksesuaian dalam perakitannya maupun kendala teknis lain dapat diketahui lebih awal tanpa harus menunggu proses produksi. Hal tersebut membantu mengurangi resiko kesalahan proses produksi. Proses pembuatan komponen rantai getar tidak mengalami banyak perubahan dalam keseluruhan konstruksi yang direncanakan lewat *software* tersebut, pemilihan komponen maupun dimensi karena sudah menggunakan komponen yang standar yang ada dipasaran disesuaikan berdasar pemilihan catalog komponen standar yang digunakan. Komponen-komponen tersebut hanya

*commit to user*

mengalami proses *improvement* sesuai dimensi yang dibutuhkan dan proses perakitan.

Proses setting awal rantai getar ini bertujuan untuk mengatur rantai sesuai standar baku dan frekuensi getaran yang sesuai dengan keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor KEP.49/MNLH/1996 tentang “Baku Tingkat Getaran untuk Kenyamanan dan Kesehatan”. Proses ini diawali dari pembuatan rangka bagian bawah yang berguna sebagai penyangga dari rangka bagian atas dengan dilengkapi *spring* (pegas). Langkah selanjutnya yakni pembuatan unit *spring* sebagai penyangga elastis pada rantai getar. Sedangkan pada tempat pemasangan dari dudukan motor *unbalance* dan penggerak mengganti arah gaya putar motor, maka langkah selanjutnya dibuat rangka bagian tengah. Untuk memutar arah posisi motor, maka rantai getar ini dipasang unit dudukan motor dan sebagai sistem penggerak rantai getar dipasang motor *unbalance*. Rantai getar ini juga dilengkapi unit *central lock* yang berfungsi sebagai pengunci getaran modus vertikal.

### 5.1.2 Analisis Bahan Penyusun Rantai Getar

Material yang digunakan sebagai penyusun *part* rantai getar ditentukan melalui *Bill of Material* (BOM). *Part* penyusun rantai getar terdiri dari tiga komponen, yaitu *Standard part*, komponen pendukung, dan komponen utama. Komponen utama penyusun rantai getar terdiri dari rangka bagian atas, rangka bagian tengah, rangka bagian bawah dan *spring* yang secara umum merupakan bagian rantai getar yang berhubungan langsung dengan bidang yang digetarkan.

Untuk komponen pendukung rantai getar ini berupa *cover* dan *panel box*. *Cover* dalam komponen ini sebenarnya berfungsi sebagai komponen pendukung tambahan yang menutup kerangka dari rancangan rantai getar (*performance*) dengan memperhatikan dan menyesuaikan dimensi dari ruang iklim, dan *panel box* disusun oleh komponen elektrik yang berfungsi sebagai kendali pengoperasian rantai getar yang terdiri dari dua bagian, kendali secara manual dan kendali secara otomatis.

*Standard part* pendukung rantai getar terdiri dari tiga bagian yaitu motor *unbalance*, *central lock* dan *bearing*. Motor *unbalance* pada rantai getar berfungsi

sebagai sistem penggerak yang bekerja dengan menggunakan massa *unbalance* sebagai pembuat getaran dan energi getar. *Central lock* merupakan *standard part* yang berfungsi sebagai pengunci getaran dengan modus vertikal dan bekerja sangat sederhana yakni mendorong plat penutup untuk mengunci modus getaran tersebut. *Bearing* atau bantalan gelinding merupakan bantalan anti gesek yang berperan penting dalam rantai getar, karena berfungsi untuk menumpu poros guna dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan dan sebagai penerima gaya langsung dari berat motor statis.

Bahan penyusun rantai getar ini terdiri dari baja tipe *square tube* (A513) ukuran 30 mm x 30 mm x 2 mm pada rangka bagian atas dan tengah, untuk bagian rangka bagian bawah di gunakan baja tipe *square tube* (A513) ukuran 40 mm x 40 mm x 2 mm, pegas yang mampu bekerja sesuai keperluan, material kayu sebagai *cover*, dan pada *panel box* berbahan dasar plat besi setebal 1 mm dengan dimensi panjang 400 mm, lebar 300 mm, dan tebal 150 mm. Pada *standard part*, bagian *bearing* dipilih bearing dengan tipe 30303 (*taper roller bearings*) dan poros bearing dipakai baja paduan A36.

Proses pembuatan *part* rantai getar meliputi pemotongan material sesuai dimensi konstruksi, proses permesinan, dan proses perakitan konstruksi.

1. Pemotongan material sesuai dimensi konstruksi.

Proses pemotongan material rantai getar rata-rata menggunakan *handsaw* untuk mendapatkan ukuran *raw* material paling efisien. Namun pada *part* rangka bagian tengah yang sebagai penggerak modus getaran, proses pemotongan materialnya menggunakan *bender* las dikarenakan melubangi material sesuai desain rancangannya sehingga terdapat beberapa kerusakan pada sisi tepi material yang tidak dapat hilang setelah proses permesinan.

2. Proses permesinan.

Pembuatan keseluruhan *part* rantai getar melalui proses permesinan konvensional sehingga ada kemungkinan terjadi *human error* pada saat proses permesinan.

3. Proses perakitan konstruksi.

Proses perakitan rantai getar dilakukan secara manual. Pada saat proses perakitan rantai getar masih ditemukan beberapa permasalahan diantaranya

ketidaksesuaian *part* rantai getar. Hal ini terjadi dikarenakan *part* rantai getar dibuat menggunakan mesin konvensional dan dilakukan oleh operator yang berbeda-beda, sehingga *performance* yang direncanakan kurang sesuai keperluan dari rantai getar.

## 5.2 INTERPRETASI HASIL

Hasil perancangan rantai getar untuk memberikan kontribusi mensimulasikan getaran pada rantai kerja di lingkungan kerja dan untuk mengenalkan lebih awal bahaya akibat getaran terhadap keselamatan pekerja khususnya dalam bidang kesehatan. Pada proses perancangan rantai getar ini, tidak terlalu membutuhkan konstruksi yang rumit dikarenakan garis besar desain dan bentuk rantai getar telah ditetapkan oleh standar dari Menteri Negara Lingkungan Hidup pada keputusan nomor KEP.49/MENLH/11/1996, tanggal 25 November 1996. Biaya pembuatan rantai getar secara keseluruhan adalah sebesar Rp 19.805.700,00. Biaya pembuatan rantai getar ini merupakan harga yang paling minimum dengan perancangan yang sesuai keperluan dan pencapaian target pada penelitian ini.

Interpretasi hasil perancangan rantai getar berdasar biaya pembuatan menunjukkan bahwa tingkat hasil getaran pada rantai getar menunjukkan hasil yang baik.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan mengenai hasil perancangan lantai getar untuk merancang lantai getar dengan menggunakan sistem kerja dari motor *unbalance* yang dapat dikendalikan kecepatannya secara manual dan otomatis. Sedangkan saran berisi tentang hal-hal yang harus dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya agar diperoleh perancangan lantai getar yang dapat mensimulasikan getaran yang lebih baik.

#### 6.1 KESIMPULAN

Bagian kesimpulan ini merupakan jawaban atas tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya, berdasarkan hasil pengumpulan, pengolahan, dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut:

1. Alat yang dirancang dan dibuat dalam penelitian ini adalah lantai getar dengan menggunakan sistem kerja dari motor *unbalance* yang dapat diatur kecepatannya secara manual dan otomatis.
2. Modus getaran yang diperlukan sesuai, dengan modus getarannya arah vertikal, horisontal, dan kombinasi.
3. Perhitungan mekanika konstruksi menunjukkan bahwa konstruksi sangat aman.
4. Getaran hasil dari lantai getar terintegrasi keseluruhan tubuh pengguna.

#### 6.2 SARAN

Saran yang disampaikan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut, sebagai berikut:

1. Desain rancangan lantai getar dapat dikembangkan pada sistem peredaman dari konstruksi rancangan guna tidak mempengaruhi lingkungan disekitar ketika proses simulasi dijalankan.
2. Pembuatan tempat duduk menyesuaikan alas lantai getar, sebagai sarana pendukung posisi getaran seluruh tubuh (berdiri, duduk, dan terlentang).
3. Penelitian selanjutnya, hasil dari perancangan lantai getar dapat menampilkan tingkat getaran pada lantai getar melalui *interface* computer, dilengkapi sensor dekteksi getaran, dan dapat tampilan grafik sehingga dapat terlihat hasilnya.

*commit to user*