

TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK GETARAN PADA PIRINGAN GANDA YANG BERPUTAR AKIBAT JARAK SUSUN PIRINGAN

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

DAVID SONUDDIN HSB
1307230003



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : David Sonuddin Hsb
Tempat/Tanggal Lahir : Pulo Tengah / 14 Desember 1993
NPM : 1307230003
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“KARAKTERISTIK GETARAN PADA PIRINGAN GANDA YANG BERPUTAR AKIBAT JARAK SUSUN PIRINGAN”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Februari 2019

Saya yang menyatakan,



David Sonuddin Hsb
David Sonuddin Hsb

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

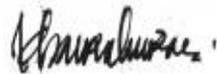
Nama : David Sonuddin Hsb
NPM : 1307230003
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Karakteristik Getaran Pada Piringan Ganda Yang Berputar
Akibat Jarak Susun Piringan
Bidang ilmu : Konstruksi Dan Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Februari 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji



Rahmatullah, S.T., M.Sc

Dosen Penguji



Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

Dosen Penguji



M Yani, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,




Affandi, S.T., M.T

ABSTRAK

Karakteristik getaran adalah kondisi suatu mesin dan masalah – masalah mekanis yang terjadi, dapat diketahui dengan mengukur karakteristik getaran pada mesin balancing. Adapun penelitian ini bertujuan untuk menganalisa karakteristik getaran pada piringan ganda yang berputar akibat jarak susun piringan. Adapun penelitian ini untuk menganalisa karakteristik getaran pada saat perpindahan, percepatan dan kecepatan dengan variasi putaran. Adapun cara penelitian ini digunakan pada mesin balancing sehingga dapat menganalisa karakteristik getaran pada piringan, adapun jarak yang digunakan untuk pengujian yaitu jarak 3 cm, 6 cm, dan 8 cm. Adapun variasi putaran yang digunakan yaitu 50 Hz, 60 Hz, dan 70 Hz sehingga menghasilkan putaran yang berbeda. Jadi dari setiap masing – masing jarak susun yang digunakan dengan variasi putaran banyak begitu perbedaan grafik pada getaran piringan.

Kata kunci : Karakteristik getaran pada piringan

ABSTRACT

Vibration characteristics are the condition of a machine and the mechanical problems that occur, can be seen by measuring the vibration characteristics of the balancing machine. The research aims to analyze the vibrational characteristics of a rotating double disk due to the distance of stacking the dish. The research is to analyze the vibration characteristics at the time of displacement, acceleration and speed with various variations. The method of this research is used in balancing machines so that they can analyze the vibration characteristics of the dish, while the distance used for testing is the distance of 3 cm, 6 cm, and 8 cm. The rotation variations used are 50 Hz, 60 Hz, and 70 Hz, resulting in a different round. So from each of the stacking distances used with many round variations, the difference in the graph of the disk vibration.

Keywords: Characteristics of vibration on the disk

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Karakteristik Getaran Pada Piringan Ganda Yang Berputar Akibat Jarak Susun Piringan” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng., Rakhmad Arief Siregar selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak M. Yani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan juga membantu penulis selama Tugas Akhir ini.

8. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Seluruh Bapak / Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis.
11. Kedua orang tua penulis, Ayahanda Maruli Hasibuan, dan Ibunda Suratmi yang telah banyak memberikan kasih sayang, nasehatnya, doanya, serta pengorbanan yang tidak dapat ternilai dengan apapun itu kepada penulis selaku anak yang di cintai dalam melakukan penulisan Tugas Akhir ini.
12. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
13. Seluruh rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin khususnya kelas A-1 pagi dan seluruh mahasiswa Fakultas Teknik.
14. Para sahabat tercinta dan keluarga dirumah yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis dengan memberikan masukan-masukan yang bermanfaat selama proses perkuliahan maupun dalam penulisan Tugas Sarjana ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, Februari 2019

David sonuddin Hsb

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Getaran	4
2.2 Jenis-jenis Penyebab Getaran	5
2.2.1 Getaran Karena Ketidak Seimbangan	5
2.2.2 Getaran Karena Ketidak Lurusan	5
2.2.3 Getaran Karena Eksentrisitas	6
2.2.4 Getaran Karena Kelongaran Mekanik	7
2.3 Karakteristik Getaran	7
2.3.1 Frekuensi Getaran	8
2.3.2 Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan	9
2.3.3 Phase Vibrasi	11
2.4 Metode Ballancing	11
2.5 Membuat Seimbang Massa – Massa Yang Berputar	13
2.5.1 Massa Berputar Tunggal	13
2.5.2 Beberapa Massa Berputar Dalam Bidang Melintang Yang Sama	14
2.6 Type Piringan	16
2.7 Two – Plane Balancing	16
2.8 Microcontroler	18
2.9 Sensor Yang Digunakan Pada Mesin Balancing	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	24
3.1.1. Tempat	24
3.1.2. Waktu Penelitian	24
3.2. Bahan dan Alat Penelitian	25
3.2.1. Bahan	25
3.2.2. Alat	26
3.3. Metode Penelitian	31
3.4. Prosedur Pengujian	32

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Data Hasil Pengujian	35
4.2. Perhitungan Data Hasil Eksperimen	36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1. Kesimpulan	42
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik dan satuan getaran	15
Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	30
Tabel 4.2 Data nilai pengujian dengan jarak 3 cm dengan frekuensi 50 Hz, 60 Hz,dan 70 Hz	42
Tabel 4.3 Data nilai pengujian dengan jarak 6 cm dengan frekuensi 50 Hz, 60 Hz,dan 70 Hz	44
Tabel 4.4 Data nilai pengujian dengan jarak 8 cm dengan frekuensi 50 Hz, 60 Hz,dan 70 Hz	45
Tabel 4.5 Data nilai pengujian denan jarak 3 cm, 6 cm, dan 8 cm dengan frekuensi 50 Hz, 60 Hz, dan 70 Hz.	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Angular Misalignment	8
Gambar 2.2 Offset Misalignment	8
Gambar 2.3 Kombinasi	9
Gambar 2.4 Eksentrisitas	9
Gambar 2.5 Karakteristik Getaran	10
Gambar 2.6 Hubungan Antara Perpindahan, Kecepatan dan Percepatan Getaran	13
Gambar 2.7 Massa Berputar Tunggal	18
Gambar 2.8 Beberapa Massa Berputar Dalam Bidang Melintang Yang Sama	19
Gambar 2.9 Type Piringan	21
Gambar 2.10 Eksentrisitas	21
Gambar 2.11 Metode Perhitungan Sudut Fasa Dari Sinyal Getaran dan Trigger	22
Gambar 2.12 Skematik Two-plane Balancing	23
Gambar 2.13 Arduino Uno	24
Gambar 2.14 Vibration Sensor SW-420	25
Gambar 2.15 Sensor Kecepatan	27
Gambar 2.16 Sensor Proximity	27
Gambar 2.17 Output 2 kabel vdc	28
Gambar 2.18 Output 3 dan 4 kabel vdc	28
Gambar 2.19 Output 2 kabel vac	29
Gambar 2.20 Inverter	29
Gambar 3.1 Bantalan	31
Gambar 3.2 Poros	31
Gambar 3.3 Flange	32
Gambar 3.4 Alat Keseimbangan Dinamik	32
Gambar 3.5 Motor listrik AC	33
Gambar 3.6 Panel Listrik	33
Gambar 3.7 Arduino UNO	34
Gambar 3.8 Sensor Getaran	34
Gambar 3.9 Sensor Kecepatan	35
Gambar 3.10 Sensor Proximity	35
Gambar 3.11 Laptop	36
Gambar 3.12 Waterpass	36
Gambar 3.13 Timbangan neraca	36
Gambar 3.14 Diagram Alir	37
Gambar 3.15 Spesimen Uji	38
Gambar 3.16 Menimbang Massa	38
Gambar 3.17 Pemasangan Flange dan Cakram	38
Gambar 3.18 Set up alat uji balancing	39
Gambar 4.1 Grafik Getaran vs Putaran	43
Gambar 4.2 Grafik Putaran vs Waktu (ms)	43
Gambar 4.3 Grafik Getaran vs Putaran	44
Gambar 4.4 Grafik Putaran vs Waktu (ms)	45

Gambar 4.5 Grafik Getaran vs Putaran	46
Gambar 4.6 Grafik Putaran vs Waktu (ms)	46
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Getaran vs Putaran	47

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
x	Koordinat <i>end effector</i>	<i>deg</i>
y	Koordinat <i>end effector</i>	<i>deg</i>
d_2	Diameter	<i>cm</i>
ϕ	Jumlah besar sudut	<i>deg</i>
θ	Besar sudut	<i>deg</i>
γ	<i>Gamma</i>	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi industri terus berkembang dari waktu ke waktu. Perkembangan teknologi ini didorong oleh kebutuhan manusia yang terus meningkat yang diakibatkan oleh semakin meningkatnya jumlah penduduk dunia. Hal tersebut menyebabkan dibutuhkan teknologi-teknologi mampu untuk melakukan proses-proses sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Oleh sebab itu, Dalam skripsi ini produk yang dimaksud adalah karakteristik getaran pada piringan ganda yang berputar akibat perubahan jarak susun piringan.

Karakteristik getaran adalah Kondisi suatu mesin dan masalah-masalah mekanis yang terjadi, dapat diketahui dengan mengukur karakteristik getaran pada mesin balancing. Pada umumnya karakteristik getaran dapat diukur dengan frekuensi getaran. Dalam analisis getaran mesin, frekuensi lebih bermanfaat karena berhubungan dengan rpm (putaran) suatu mesin.

Adapun beberapa untuk mengukur analisis pada karakteristik getaran pada piringan ganda adalah sebagai berikut :

- a. Frekuensi getaran (Vibration Frequency)
- b. Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan
- c. Fasa (Phase)

Penyebab utama getaran adalah gaya yang berubah-ubah dalam arah dan besarnya. Karakteristik getaran yang dihasilkan bergantung pada cara bagaimana gaya penyebab getaran tersebut ditimbulkan (generated). Hal tersebut yang menjadi alasan mengapa setiap penyebab getaran mempunyai karakteristik tertentu.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengetahui

karakteristik getaran pada piringan ganda yang berputar akibat perubahan jarak susun piringan.

1.3. Batasan Masalah

Pada penulisan penelitian ini ada beberapa pembatasan masalah agar penelitian ini lebih terarah dan sistematis, antara lain :

1. Membahas tentang karakteristik getaran pada piringan ganda yang berputar akibat perubahan jarak susun piringan.
2. Mengetahui analisis karakteristik getaran pada piringan ganda yang berputar.

1.4. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari Karakteristik getaran pada piringan ganda akibat perubahan jarak susun piringan.

Tujuan Umum :

Untuk mengevaluasi karakteristik getaran pada piringan ganda akibat perubahan jarak susun piringan.

Tujuan Khusus :

1. Menganalisa karakteristik getaran pada piringan ganda akibat jarak susun 3 cm, 6 cm dan 8 cm dengan variasi putaran 50 Hz, 60 Hz dan 70 Hz
2. Menganalisa karakteristik getaran pada piringan ganda akibat jarak susun piringan pada saat perpindahan, percepatan dan kecepatan dengan variasi putaran.

1.5. Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mampu memberikan kontribusi dan pengembangan karakteristik getaran pada piringan ganda dalam dunia industri.
2. Dalam bidang ilmu pengetahuan dapat dijadikan perencanaan ini sebagai tambahan informasi dalam karakteristik getaran pada piringan ganda.

3. Manfaat bagi mahasiswa adalah sebagai referensi untuk membuat tugas yang berhubungan dengan karakteristik getaran.
4. Sebagai bahan perbandingan dan pembelajaran antara teori yang diperoleh dibangku perkuliahan dengan yang ada dilapangan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Getaran

Getaran adalah suatu gerak bolak-balik di sekitar kesetimbangan-kesetimbangan, di sini maksudnya adalah keadaan di mana suatu benda berada pada posisi diam atau tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut dalam gerakan kontinu, acak, atau periodik dari suatu objek yang disebabkan oleh pengeksitasi alami dari struktur dan kerusakan mekanis. Getaran tersebut mempunyai amplitudo (jarak simpangan terjauh dengan titik tengah) yang sama. (J.F.Gabriel, 1996:96)

Masalah-masalah yang sering menyebabkan getaran pada suatu mesin antara lain yaitu :

1. Ketidak seimbangan (*unbalance*)
2. Elemen rotasi
3. Ketidak lurusan (*misalignment*) pada kopling dan bearing
4. Eksentrisitas (*eccentricity*)
5. Cacat pada bantalan antrifikasi
6. Kerusakan pada bantalan
7. Kelonggaran mekanik
8. Buruknya sabuk penggerak
9. Kerusakan roda gigi
10. Masalah listrik
11. Resonansi
12. Gaya aerodinamika
13. Gesekan.

Ketidak seimbangan (*unbalance*) merupakan kondisi yang dialami poros putar sebagai akibat dari gaya sentrifugal, yang kemudian akan menimbulkan gaya getaran. Selanjutnya gerak poros dan gaya getaran diteruskan ke bantalan dan besarnya ketidak seimbangan (*unbalance*) ini juga dipengaruhi oleh putaran-putaran. Dalam suatu poros dapat mengalami ketidak seimbangan (*unbalance*), yang disebabkan oleh sifat bahan poros yang tidak homogen (lubang atau *void*

yang terjadi pada saat pembuatan poros), eksentrisitas poros, penambahan alur dan pasak pada poros, serta distorsi yang dapat berupa retakan (*crack*), bekas pengelasan, atau perubahan pada bentuk poros. Ketidak seimbangan (*Unbalance*) ini menyebabkan distribusi massa yang tidak seragam di sepanjang poros atau lebih dikenal sebagai massa *unbalance*.

2.2. Jenis – jenis penyebab Getaran

Penyebab utama getaran adalah gaya yang berubah - ubah dalam arah dan besarnya. Karakteristik getaran yang dihasilkan bergantung pada cara bagaimana gaya penyebab getaran tersebut ditimbulkan (*generated*). Hal tersebut yang menjadi alasan mengapa setiap penyebab getaran mempunyai karakteristik tertentu.

2.2.1. Getaran karena ketidak seimbangan (*unbalance*)

Getaran yang disebabkan oleh ketidak seimbangan (*unbalance*) terjadi pada (1X) rpm elemen yang mengalami *unbalance* dan amplitudo getaran sebanding dengan besarnya *unbalance* yang terjadi pada mesin dengan poros putar, amplitudo terbesar akan terukur pada arah radial. *Unbalance* dapat disebabkan oleh cacat coran, eksentrisitas, adanya alur pasak dan pasak, distorsi, korosi, dan aus. Bagian mesin yang tidak seimbang akan menghasilkan momen putar yang tidak sama besar selama benda berputar, sehingga akan menyebabkan getaran.

2.2.2. Getaran karena ketidak lurusan (*misalignment*)

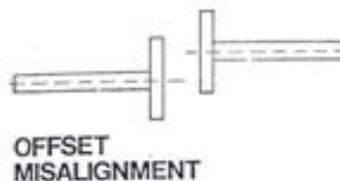
Sangat sulit meluruskan dua poros dan sambungannya sedemikian sehingga tidak ada gaya yang menyebabkan getaran. Ketidaklurusan ini biasanya terjadi pada kopling. Tipe ketidak lurusan pada kopling dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

1. *Angular misalignment* yaitu jika sumbu kedua poros membentuk sudut dengan besar tertentu seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Angular misalignment

2. *Offset misalignment* yaitu jika sumbu kedua poros paralel dan tidak berimpit satu sama lain seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Offset misalignment

3. Kombinasi yaitu jika terjadi ketidaklurusan *angular* dan *offset* secara bersamaan dalam satu sistem seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kombinasi

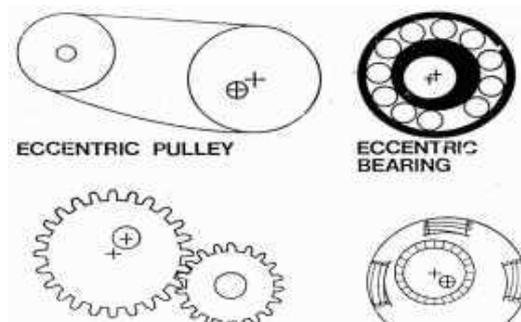
(www.vibrasiblog.blogspot.com)

Misalignment pada ballancing menghasilkan gaya dalam arah aksial dan radial, yang menyebabkan getaran dalam kedua arah tersebut. Gaya dan getaran yang dihasilkan bertambah dengan semakin besarnya *misalignment*.

2.2.3 Getaran karena eksentrisitas

Yang dimaksud eksentrisitas dalam kasus getaran adalah bahwa pusat putaran poros tidak sama dengan pusat putaran rotor. Eksentrisitas merupakan

sumber dari *unbalance* dimana pada waktu berputar, berat benda di satu sisi berbeda dengan di sisi lain terhadap sumbu putar. Kasus eksentrisitas dapat terjadi pada *bearing*, *gear*, puli, dan *armature motor* seperti pada gambar 2.4.



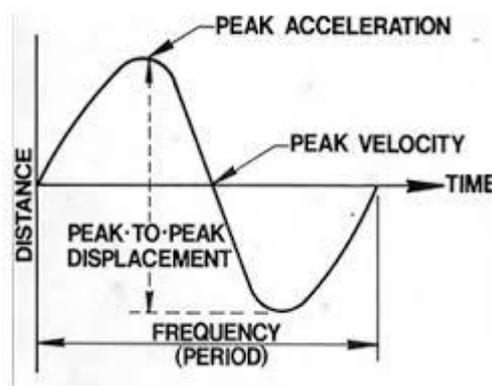
Gambar 2.4 Eksentrisitas

2.2.4 Getaran karena kelonggaran mekanik

Getaran tersebut bisa terjadi akibat baut kendur, kelonggaran *bearing* berlebih atau retak pada struktur *bearing*.

2.3 Karakteristik Getaran

Kondisi mesin dan kerusakan mekanis dapat diketahui dengan mempelajari karakteristik getarannya. Pada suatu sistem pegas-massa, karakteristik getaran dapat dipelajari dengan membuat grafik pergerakan beban terhadap waktu seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Karakteristik getaran

Gerak beban dari posisi netralnya ke batas atas kemudian kembali ke posisi netral atau kesetimbangan dan bergerak lagi ke batas bawah kemudian

kembali keposisi kesetimbangan, menunjukkan gerakan satu siklus. Waktu untuk melakukan gerak satu siklus ini disebut *periode*, sedangkan jumlah siklus yang dihasilkan dalam satu interval waktu tertentu disebut *frekuensi*. Dalam analisis getaran mesin, frekuensi lebih bermanfaat karena berhubungan dengan rpm (putaran) suatu mesin.

2.3.1 Frekuensi getaran

Frekuensi adalah jumlah siklus pada tiap satuan waktu yang besarnya dapat dinyatakan dengan siklus perdetik *cycles per second (cps)* atau siklus per menit *cycles per minute (cpm)*. Frekuensi getaran penting diketahui dalam analisis getaran mesin untuk menunjukkan masalah yang terjadi pada mesin tersebut. Dengan mengetahui frekuensi getaran, akan memungkinkan untuk dapat mengidentifikasi bagian mesin yang salah (*fault*) dan masalah yang terjadi, gaya yang menyebabkan getaran dihasilkan dari gerak berputar elemen mesin. Gaya tersebut berubah dalam besar dan arahnya sebagai mana elemen putar berubah posisinya terhadap titik netral. Akibatnya, getaran yang dihasilkan akan mempunyai frekuensi yang bergantung pada putaran elemen yang telah mengalami *trouble*. Oleh karena itu, dengan mengetahui frekuensi getaran akan dapat diidentifikasi bagian dari mesin yang bermasalah. Frekuensi pribadi merupakan "frekuensi kesukaan benda/sistem untuk bergetar". Bila suatu sistem digetarkan dengan gaya pengeksitasi yang memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi pribadi sistem tersebut, maka amplitudo getaran yang terjadi akan besar.

Hal ini disebabkan karena :

1. Mesin yang berputar selalu memiliki ketidak seimbangan (walaupun telah diseimbangkan).
2. Frekuensi eksitasi yang disebabkan oleh ketidak seimbangan yang berputar nilainya sama dengan frekuensi putar (frekuensi eksitasi akibat *unbalance* yang berputar).
3. Ketidak seimbangan adalah penyebab utama getaran yang terjadi pada kebanyakan mesin, maka fenomena resonansi (terjadi amplitudo getaran yang besar) akan terjadi ketika frekuensi putar = frekuensi eksitasi (putaran / 60).

4. Semakin dekat putaran mesin terhadap frekuensi ke-n, maka semakin besar kemungkinan mendapatkan masalah berupa getaran yang besar.

Pada mesin-mesin rotasi biasa ditemukan fenomena meningkatnya amplitudo getaran pada putaran tertentu yang biasa disebut sebagai putaran kritis (*critical speed*) dan akan berulang pada putaran selanjutnya dalam hal ini dapat kita tulis dengan rumus :

$$n = \frac{120 \times F}{p} \quad (2.1)$$

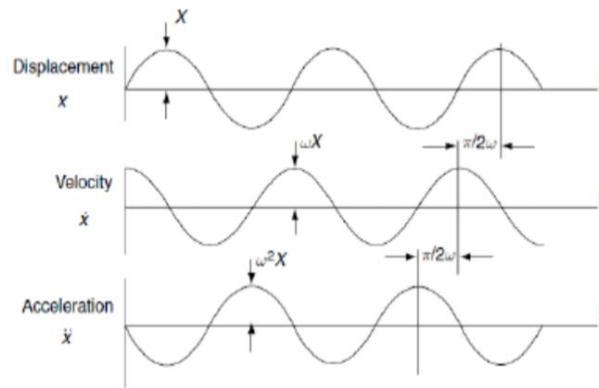
Dimana kecepatan putaran (Rpm) biasa juga dituliskan dengan huruf (n) dan dimana besar Rpm ini ditentukan oleh seberapa besar Frekuensi (F) listrik yang digunakan dikali dengan Phase (120) dibagi dengan jumlah kutup glungan (pole). Frekuensi putar akan mengakibatkan amplitudo getaran yang paling besar secara matematik dituliskan dengan rumus :

$$n_c = 60 \times f_n \quad (2.2)$$

Mesin-mesin putar dalam pengoperasiannya harus menghindari semua frekuensi. Misalkan putaran maksimum mesin pompa yang disambungkan dengan sistem perpipaan yang telah diketahui frekuensi-frekuensi pribadinya (f_{n1} s/d f_n) adalah 3000 rpm dan gaya eksitasi mesin pompa hanya disebabkan ketidakseimbangan (*unbalance*), maka frekuensi pribadi yang harus diperhatikan adalah frekuensi pribadi yang nilainya di bawah $3000/60 = 50$ Hz. Namun bila masalah *misalignment* juga timbul karena penggunaan kopling yang menyebabkan frekuensi eksitasi sebesar $2X$ *running speed*, maka frekuensi pribadi yang harus diperhatikan adalah yang nilainya di bawah $2 \times 3000/60 = 100$ Hz.

2.3.2 Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan

Perpindahan (*displacement*), kecepatan(*velocity*), dan percepatan (*acceleration*) diukur untuk menentukan besar dan kerasnya suatu getaran dan biasanya diwakili dengan pengukuran amplitudo getaran. Perpindahan (*displacement*) adalah gerakan suatu titik dari suatu tempat ke tempat lain yang mengacu pada suatu titik tertentu yang tidak bergerak tetap, ini menggambarkan tingkat getar, hubungan karakteristik ini dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Hubungan antara perpindahan, kecepatan dan percepatan getaran. (www.vibrasiblog.blogspot.com)

Dalam pengukuran getaran mesin sebagai standar digunakan jarak perpindahan puncak ke puncak (*peak to peak displacement*), Contohnya adalah perpindahan poros karena gerak putarnya. Jika perpindahan poros terlalu besar sampai melebihi batas “*clearance*” bantalan akan mengakibatkan rusaknya bantalan. Kecepatan (*velocity*) merupakan perubahan jarak per satuan waktu. Kecepatan gerak mesin selalu dinyatakan dalam kecepatan puncak (*peak velocity*). Kecepatan puncak gerakan terjadi pada simpul gelombang. Dalam getaran, kecepatan merupakan parameter penting dan efektif, karena dari data kecepatan akan dapat diketahui tingkat getaran yang terjadi. Sedangkan percepatan (*acceleration*) adalah perubahan kecepatan per satuan waktu. Percepatan berhubungan erat dengan gaya. Gaya yang menyebabkan getaran pada bantalan mesin atau bagian-bagian lain dapat ditentukan dari besarnya getaran.

Periode berhubungan erat sekali dengan frekuensi. Periode didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 buah getaran (gelombang/putaran/perulangan). Satuan periode adalah detik, dengan symbol untuk periode adalah T.

Amplitudo adalah pengukuran scalar yang non negative dari besar suatu gelombang. Amplitudo juga dapat didefinisikan sebagai jarak/simpangan terjauh dari titik kesetimbangan dalam gelombang sinusoide yang kita pelajari pada mata pelajaran fisika dan matematika geometri. Amplitudo dalam sistem internasional bisa disimbolkan dengan (A) dan memiliki satuan.

Satuan yang digunakan tiap karakteristik dapat dilihat pada tabel 2.1. Untuk keperluan program *preventive maintenance*, kecepatan getar adalah karakteristik yang penting diukur.

Tabel 2.1. Karakteristik dan satuan getaran.

Karakteristik Getaran	Satuan	
	Metrik	British
Perpindahan	Microns peak to peak (1 μm = 0.01 mm)	Mils peak to peak (0.001)
Kecepatan	Mm/sG	In/s
Percepatan	($I_g = 980 \text{ cm/s}^2$)	($I_g = 5386 \text{ in/s}^2$)
Frekuensi	Cpm, cps, Hz	Cpm, cps, Hz

2.2.3 Phase Vibrasi

Phase adalah penggambaran akhir dari karakteristik suatu getaran atau vibrasi yang terjadi pada suatu mesin. Phase adalah perpindahan atau perubahan atau perubahan posisi pada bagian-bagian yang bergetar secara relatif untuk menentukan titik referensi atau titik awal pada bagian lain yang bergetar.

2.4 Metode Balancing

Tujuan *balancing* adalah menyeimbangkan mesin putar, yang pada akhirnya akan mengurangi getaran. Getaran yang rendah (*low vibration*) pada mesin akan :

- 1) Mengurangi kebisingan.
- 2) Menyebabkan bantalan lebih awet dipakai.
- 3) Mengurangi kelelahan (*fatigue*) pada struktur rangka mesin.
- 4) Mengurangi kelelahan dan stress pada operator mesin.
- 5) Menaikkan efisiensi mesin.
- 6) Mengurangi biaya perawatan mesin.

Sebelum tahun 1850 hanya dikenal *static balancing*. Mesin-mesin pada waktu itu merupakan mesin dengan putaran rendah sekitar 600 rpm. Setelah ditemukan motor listrik pada pertengahan abad 19, poros dapat berputar pada

putaran 900 rpm, 1200rpm, 1800 rpm, dan 3600 rpm. Pada putaran ini gaya sentrifugal mempengaruhi kotruksi mesin secara keseluruhan.

Saat ini *balancing* merupakan aspek yang sangat penting dari desain dan operasi semua mesin yang menggunakan poros putar. Pada umumnya *balancing* dilakukan setelah tahap akhir proses *assembling* sistem, tetapi pada beberapa sistem seperti fan untuk pabrik, rangkaian roda gigi dan penggerak, *balancing* dilakukan segera setelah dilakukan perbaikan, *rebuild* dan perawatan. Sistem poros putar jarang sekali yang dapat diseimbangkan secara sempurna tetapi hanya derajat balance tertentu yang diperlukan agar mesin dapat bekerja dengan baik.

Metode *balancing* yang sering dilakukan didalam laboratorium adalah *single-plane balancing* dan *two-plane balancing*. Tiap metode ini menggunakan beban uji (*trial weight*) dan pengukuran beda fasa.

Balancing biasanya dilakukan untuk putaran poros tertentu. Untuk poros kaku, *balancing* yang dilakukan di bawah putaran kritis I (*bending*) dapat efektif untuk setiap putaran poros (Structures/Motion Lab, 2003). Sedangkan untuk poros *flexible* yakni poros dengan perbandingan panjang terhadap diameter poros yang besar, maka *balancing* hanya akan efektif pada putaran poros yang tertentu saat dilakukan *balancing*.

Balancing yang dilakukan dekat dengan putaran kritis kebanyakan dihindari. Meskipun *balancing* yang dilakukan jauh dari putaran kritis akan menghasilkan respon getaran yang kecil sehingga lebih sulit diukur, akan tetapi ketika *balancing* dilakukan dekat dengan putaran kritis akan menghasilkan respon getaran yang besar sehingga lebih mudah diukur, namun dengan perubahan putaran sedikit saja dapat mempengaruhi pembacaan amplitudo dan fasa.

Fleksibilitas pada rotor dicapai tidak secara tiba-tiba, tetapi secara bertahap dengan bertambahnya putaran, dan meningkat secara kuadratis ketika dekat dengan resonansi atau putaran kritis. Pada kenyataannya banyak rotor akan menjadi fleksibel jika dipercepat ke putaran tinggi. Secara umum, rotor yang beroperasi di bawah 70% dari putaran kritisnya adalah masih dalam kondisi kaku (*rigid rotor*), sedangkan rotor yang dioperasikan di atas 70% dari putaran kritisnya akan mengalami lendutan yang disebabkan gaya *unbalance*, selanjutnya disebut sebagai rotor fleksibel (*flexible rotor*). Pada proses *balancing* yang

dilakukan mendekati putaran kritis sistem, akan sering muncul 'harmonik', yaitu ketika sistem diputar mendekati putrankritis akan terjadi getaran yang besar, akibatnya sistem berperilaku sebagai sistem tak linier sehingga respon yang terjadi tidak lagi *sinusoidal*. Hal ini berarti selain frekuensi dasarnya, akan muncul frekuensi-frekuensi lain yang lebih tinggi.

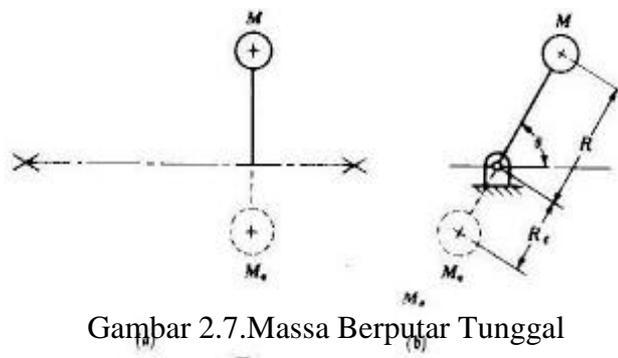
2.5 Membuat Seimbang Massa – Massa Yang Berputar

Kita telah mempelajari gaya kelembaman dalam berbagai mekanisme - mekanisme efek dari gaya kelembaman yang mengakibatkan gaya getar pada suatu struktur juga dibahas. Pernyataannya sekarang adalah apa yang dapat diperbuat oleh gaya getar tersebut adalah mungkin untuk membuat keseimbangan keseluruhan atau sebagian saja gaya kelembaman dalam suatu sistem, yaitu dengan memberikan massa tambahan yang melakukan aksi terhadap gaya aslinya. Prosedur ini dipakai pada dua macam persoalan yang berbeda yaitu:

1. sistem massa berputar seperti, dilukiskan oleh roda-roda mobil atau poros engkol dari mobil.
2. suatu sistem dari massa yang bolak-balik seperti dilukiskan oleh mekanisme engkol peluncur.

2.5.1 Massa Berputar Tunggal

Untuk melukiskan prinsip-prinsip yang terlibat, kita mulai dengan memperhatikan Gambar 2.7



Gambar 2.7. Massa Berputar Tunggal

Di mana suatu poros mendukung sebuah massa terpusat tunggal M dengan jari-jari R , Misalkanlah M_e adalah massa yang harus ditambahkan pada suatu jari-jari R_e untuk menghasilkan keseimbangan.

- a. Keseimbangan statis akan dihasilkan jika jumlah momen dari gaya gravitasi terhadap sumbu Putaran adalah nol:

$$MgR\cos\theta + M_e g R_e \cos\theta = 0$$

$$\text{Atau } M_e R_e = MR \quad (2.3)$$

Jika harga dari R_e dipilih secara sembarang, maka harga M_e dapat ditentukan dengan persamaan (2.2). Pada waktu keseimbangan statis terjadi, porosnya tidak akan mempunyai kecenderungan untuk berputar pada bantalannya, tidak peduli ke posisi mana ia berputar.

- b. Keseimbangan dinamis membutuhkan bahwa jumlah gaya kelembaman dalam Gambar 1 adalah nol. Jadi jika kecepatan sudutnya adalah ω ,

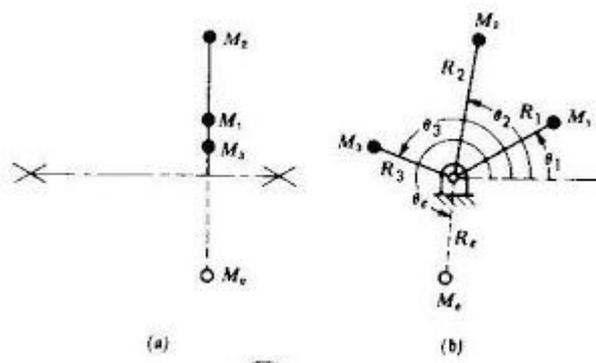
$$MR\omega^2 - M_e R_e \omega^2 = 0 \quad (2.4)$$

$$M_e R_e = MR$$

Dari persamaan-persamaan (2.2) dan (2.3) kita lihat bahwa keseimbangan statis dan dinamis akan dicapai jika kita membuat $M_e R_e = MR$.

2.5.2 Beberapa Massa Berputar Dalam Bidang Melintang Yang Sama

Dalam Gambar 2.8 dibawah ini M_1 , M_2 dan M_3 adalah massa terpusat semuanya terletak dalam bidang putaran yang sama.



Gambar 2.8. Beberapa Massa berputar dalam bidang melintang yang sama

M_e menyatakan massa yang harus ditambahkan pada suatu jari-jari R_e dan posisi menyudut θ_2 untuk menghasilkan keadaan seimbang.

- a. Untuk keseimbangan statis jumlah momen dari gaya gravitasi yang disebabkan oleh massa orisinilnya dan massa yang ditambahkan M_e terhadap sumbu putaran haruslah = 0

$$\begin{aligned} \Sigma M g R \cos \theta + M_e g R_e \cos \theta_e &= 0 \\ \Sigma M R \cos \theta + M_e R_e \cos \theta_e &= 0 \end{aligned} \quad (2.5)$$

- b. Untuk keseimbangan dinamis gaya kelebamannya harus dalam keadaan seimbang, oleh karena itu jumlah dari komponen :

1. Horisontalnya harus = 0, jadi

$$\Sigma M R \omega^2 \cos \theta + M_e R_e \omega^2 \cos \theta_e = 0 \quad (2.6)$$

2. vertikalnya harus sama dengan nol; jadi

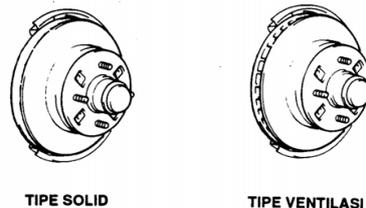
$$\Sigma M R \omega^2 \sin \theta + M_e R_e \omega^2 \sin \theta_e = 0 \quad (2.7)$$

Jika kita bagi persamaan (4) dan (5) dengan ω^2 , kita peroleh :

$$\begin{aligned} \Sigma M R \cos \theta + M_e R_e \cos \theta_e &= 0 \\ \Sigma M R \sin \theta + M_e R_e \sin \theta_e &= 0 \end{aligned} \quad (2.8)$$

2.6. Type Piringan

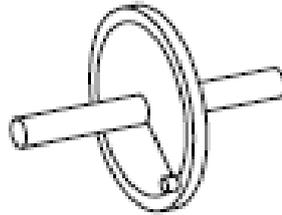
Piringan (*Disc Rotor*) terbuat dari besi tuang dalam bentuk *solid* (biasa) dan berlubang-lubang untuk ventilasi. Tipe ventilasi digunakan untuk menjamin pendinginan yang baik untuk mencegah *fading* (koefisien gesek berkurang). Dapat kita lihat pada gambar 2.9 type piringan:



Gambar 2.9 Type piringan

2.7 Two-Plane Balancing

Secara teoritis *unbalance* yang disebabkan adanya eksentrisitas antara sumbu poros dengan titik berat massa yang berputar akan menimbulkan getaran yang cukup besar. Amplitudo getaran yang timbul karena berputarnya poros adalah berbanding secara kuadratis dengan putaran poros tersebut. Eksentrisitas digambarkan sebagai sistem titik massa yang berputar dengan jari-jari putar sebesar e dari titik putar seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Eksentrisitas.

Pada massa *unbalance* terletak jarak radial yang tertentu terhadap sumbu poros yang berputar dengan frekuensi putar yang sesuai dengan putaran kerja poros. Gaya sentrifugal yang dihasilkan berupa vektor gaya dengan amplitudo sebesar $\mu e \omega^2$ (massa *unbalance* x jarak massa *unbalance* ke sumbu poros x kuadrat putaran poros). Jika sepanjang poros tersebut terdapat beberapa massa *unbalance* maka gaya sentrifugal yang ditimbulkannya akan menyebabkan *momenunbalance*.

Agar piringan berputar tersebut dapat mendekati keseimbangan (*balance*) diusahakan untuk membuat sekecil mungkin eksentrisitas yang ada dengan cara menambah atau mengurangi massa benda yang berputar tersebut. Pada umumnya penambahan massa lebih mudah dilakukan, dan tidak merusak bentuk benda.

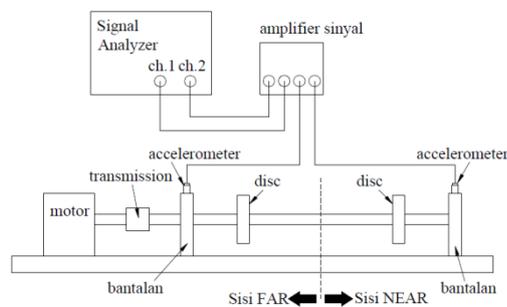
Supaya sistem berputar dapat diseimbangkan, terlebih dahulu harus dapat diketahui posisi vektor gaya yang tidak seimbang. Besarnya massa yang ditambahkan atau dikurangi dapat diperoleh dari pengukuran dan perhitungan. Untuk dapat mengetahui vektor gaya yang tidak seimbang, digunakan instrumen pengukuran yang konfigurasiya tergantung pada metode yang dipakai untuk mengetahui *unbalance* suatu sistem rotari.

Pada penelitian ini digunakan metode vektor dimana sinyal yang dihasilkan *proximity sensor* berupa sinyal pemicu (*trigger*), sehingga untuk

pengukuran beda fasa dilakukan dengan metode *trigger-sensor*. Dalam metode ini sudut fasa ditentukan positif jika berlawanan dengan arah putaran poros atau sudut adalah negatif jika searah dengan arah putaran poros seperti pada gambar 2.11.

Gambar 2.11 Metode perhitungan sudut fasa dari sinyal getaran dan *trigger*.

Metode *trigger-sensor* digunakan untuk menentukan beda fasa. Yang membedakan fasa akan dinyatakan dengan Φ , variabel t_1 menyatakan waktu pada saat terjadi puncak pada gelombang respon getaran (gelombang sudah difilter untuk frekuensi putaran poros). Sedangkan t_0 adalah waktu yang mulai/referensi dari sinyal yang dihasilkan oleh *proximity sensor* dan T adalah waktu total sinyal yang merupakan waktu putaran poros.



Gambar 2.12 Skematik *two-plane balancing*

Apabila pengukuran beda fasa dapat dilakukan, maka selanjutnya dilakukan *balancing* menggunakan metode vektor dengan fasa. *Balancing* dilakukan untuk *two-plane balancing* seperti pada gambar 2.13. Secara garis besar prosedur *two-plane balancing* untuk sistem poros-piringan adalah sebagai berikut:

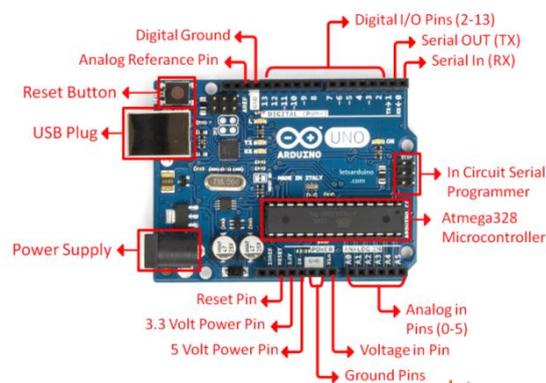
- Poros-piringan yang berputar yang mana sebelumnya tidak diseimbangkan akan menimbulkan suatu amplitudo getaran. Amplitudo getaran di kedua ujung berbeda dan saling mempengaruhi. Sehingga diperlukan pendeteksian bergantian diantara kedua ujung poros tersebut. Amplitudo getaran yang timbul tersebut digambarkan sebagai vektor N dan F (N : *NEAR end* dan F : *FAR end*). N dan F disebut juga efek getaran dari *unbalance* awal.

- Sebuah massa yang diketahui beratnya diletakkan pada posisi sembarang pada sisi N akan menimbulkan amplitudo getaran baru yang dinyatakan sebagai vektor N_2 dan F_2 . Kedua vektor ini mempunyai arah yang berbeda dari vektor N dan F , karena beda fasa yang ditimbulkan juga berbeda. Vektor N_2 dan F_2 ini adalah efek dari *unbalance* awal dan akibat dari massa yang ditambahkan.

2.8 *Microcontroller*

Microcontroller adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah *chip*. didalamnya terkandung sebuah inti *prosesor*, memori (sejumlah kecil *RAM*, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input output*. *Microcontroller* digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, *remote controls*, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat dan mainan. *Microcontroller* membuat kontroler elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis.

Pada studi eksperimental ini *microcontroller* yang digunakan yaitu *Arduino UNO*. *Arduino UNO* adalah sebuah *board microcontroller* yang didasarkan pada ATmega328 (*data sheet*). *Arduino UNO* mempunyai 14 pin *digital input/output* (6 diantaranya dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 *input analog*, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah *ICSP header*, dan sebuah tombol reset.



Gambar 2.13 *Arduino UNO*

Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang *microcontroller*, mudah menghubungkan ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau

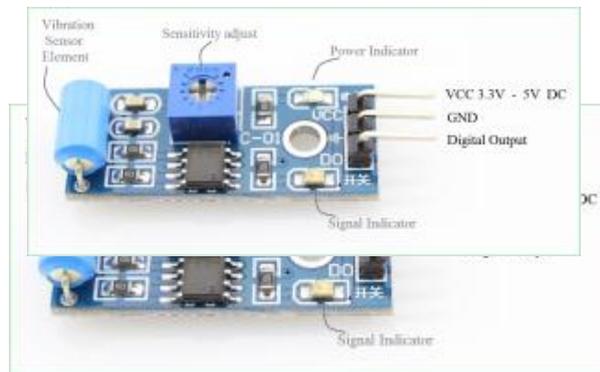
menggunakan baterai untuk memulainya. *Arduino UNO* dapat dilihat pada gambar 2.13.

2.9 Sensor Yang Digunakan Pada Mesin *Balancing*

Adapun beberapa macam sensor yang digunakan pada mesin *balancing* yaitu sebagai berikut :

1. Sensor getaran (*vibration sensor SW-420*)

Sensor getaran adalah sensor untuk mendeteksi getaran/*shock*, dimana cara kerja sensor ini adalah dengan menggunakan 1 buah pelampung logam yang akan bergetar didalam tabung yang berisi 2 elektroda ketika modul sensor menerima getaran/*shock*. Dapat digunakan untuk aplikasi robotika, sensor keamanan (dipasang di jendela), sensor tabrakan, dan lain sebagainya. Sangat cocok untuk dikoneksikan ke *Arduino* atau *minsys* lainnya. *Vibration sensor SW-420* dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. *Vibration Sensor SW-420*

Modul sensor digital ini akan menghasilkan keluaran logika *HIGH* pada saat mendeteksi vibrasi/getaran, dapat diaplikasikan pada sistem keamanan, deteksi gempa, pendeteksi malfungsi pada sistem mekanik, analisa struktur konstruksi berdasarkan vibrasi, pengukuran kekuatan tumbukan secara tidak langsung disebut.

Inti dari modul ini adalah komponen pendeteksi getaran *SW-420* yang bereaksi terhadap getaran dari berbagai sudut. Pada kondisi statis / tanpa getaran, komponen elektronika ini berfungsi seperti saklar yang berada pada kondisi menutup (*normally closed*) dan bersifat konduktif, sebaliknya pada kondisi

terguncang (terpapar getaran) saklar akan membuka / menutup dengan kecepatan pengalihan (*switching frequency*) proporsional dengan kekerapan guncangan. Pengalihan bergantian secara cepat ini mirip seperti cara kerja PWM (*pulse width modulation*) yang merupakan sinyal pseduo-analog berupa tingkat tegangan yang kemudian dibandingkan oleh sirkuit terpadu LM393 (*Voltage Comparator IC*) dengan besar nilai ambang batas (*threshold*) tegangan pembanding diatur oleh sebuah resistor eksternal. Dengan demikian, tingkat sensitivitas pendeteksian dapat dikalibrasi / diatur cukup dengan memutar potensiometer (*variable resistor*) yang terpasang di modul ini.

2. Sensor kecepatan

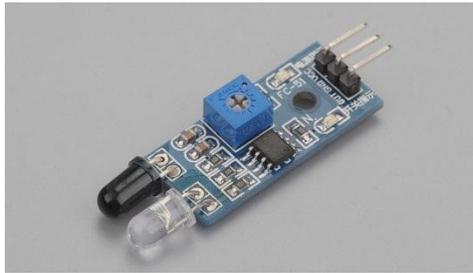
Sensor kecepatan adalah jenis celah *opto-coupler* yang akan menghasilkan sinyal *output high* TTL ketika sebuah objek terdeteksi pada celah. Yang berfungsi sebagai pendeteksi kecepatan pada motor dan sebagainya. Sensor kecepatan yang banyak digunakan pada pendeteksi kecepatan motor, RPM, pengukuran putaran, *tachometer*, pembatas kecepatan dan lain-lain. Sensor kecepatan dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15. Sensor Kecepatan

3. Sensor proximity

Sensor Proximity adalah alat pendeteksi yang bekerja berdasarkan jarak obyek terhadap sensor. Karakteristik dari sensor ini adalah mendeteksi obyek benda dengan jarak yang cukup dekat, berkisar antara 1 mm sampai beberapa centi meter saja sesuai type sensor yang digunakan. Sensor proximity dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Sensor Proximity

Proximity Switch ini mempunyai tegangan kerja antara 10-30 Vdc dan ada juga yang menggunakan tegangan 100-200VAC.

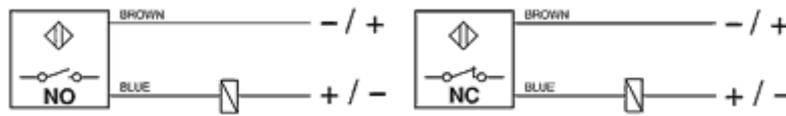
Hampir disetiap mesin-mesin produksi sekarang ini menggunakan sensor jenis ini, sebab selain praktis sensor ini termasuk sensor yang tahan terhadap benturan ataupun guncangan, selain itu mudah pada saat melakukan perawatan ataupun pergantian perbaikan.

Proximity Sensor terbagi dua macam, yaitu:

- Proximity Inductive
- Proximity Capacitive

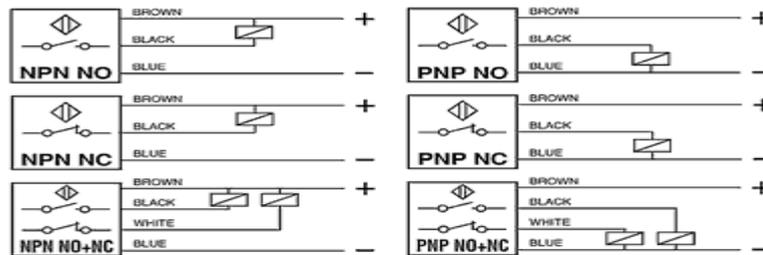
Proximity Inductive berfungsi untuk mendeteksi obyek besi/metal, Meskipun terhalang oleh benda non-metal, sensor akan tetap dapat mendeteksi selama dalam jarak (nilai) normal sensing atau jangkauannya. Jika sensor mendeteksi adanya besi di area sensingnya, maka kondisi output sensor akan berubah nilainya. Proximity Capacitive akan mendeteksi semua obyek yang ada dalam jarak sensingnya baik metal maupun non-metal. Pada prinsipnya fungsi Proximity Switch ini dalam suatu rangkaian pengendali adalah sebagai kontrol untuk memati hidupkan suatu sistem interlock dengan bantuan peralatan semi digital untuk sistem kerja berurutan dalam rangkaian control. Dan bisa diklasifikasikan juga sebagai nilai NO (Normally Open) dan NC (Normally Close). Nilai output dari Proximity Switch ini ada 3 macam yaitu:

a. Output 2 kabel VDC



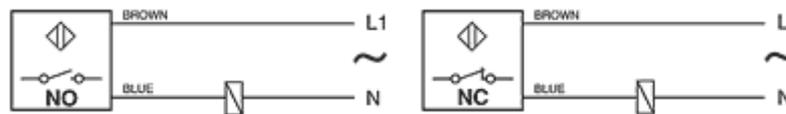
Gambar 2.17. output 2 kabel vdc

b. Output 3 dan 4 kabel VDC



Gambar 2.18. Output 3 dan 4 kabel VDC

c. Output 2 kabel VAC



Gambar 2.19. Output 2 kabel VAC

Persis seperti fungsi pada tombol atau secara spesifik menyerupai fungsi limit switch dalam suatu sistem kerja rangkaian yang membutuhkan suatu perangkat pembaca dalam sistem kerja kontinue mesin. Tipe inilah yang nanti bisa dikoneksikan dengan berbagai macam peralatan kontrol semi digital yang membutuhkan nilai logika sebagai input untuk proses kerjanya.

4. Inverter

Inverter merupakan suatu alat yang dipergunakan untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik dan frekuensinya dapat diatur. Inverter ini sendiri terdiri dari beberapa sirkuit penting yaitu sirkuit converter (yang berfungsi untuk mengubah daya komersial menjadi dc serta menghilangkan ripple atau kerut yang terjadi pada arus ini) serta sirkuit inverter (yang berfungsi untuk mengubah arus searah menjadi bolak-balik dengan frekuensi yang dapat

diatur-atur). Inverter juga memiliki sebuah sirkuit pengontrol. Inverter dapat dilihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.20. Inverter

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Adapun tempat pelaksanaan studi eksperimen getaran pada piringan ganda yang berputar akibat perubahan jarak susun piringan yang dilaksanakan di laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan studi eksperimen dilakukan setelah mendapat persetujuan judul dari dosen pembimbing pada tanggal 19 Januari 2018 dan terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 : Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar
1	Mulai						
2	Persiapan spesimen						
3	Pembuatan poros spesimen dan pembuatan flage spesimen						
4	Pengujian Spesimen						
5	Pengambilan data						
6	Hasil dan pembahasan						
7	Kesimpulan						

3.2 Bahasan Alat

3.2.1 Bahan

1. Bantalan.

Bearing digunakan sebagai benda uji yang akan diuji keseimbangannya yang berdiameter 30 mm seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Bearing

2. Poros

Poros digunakan sebagai peletakan spesimen yang akan diuji dan sebagai poros alat keseimbangan dinamik seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2.Poros

3. Flange

Flange digunakan sebagai alat uji spesimen yang akan ditambah masa, dimana flange ini akan diputar bersamaan dengan poros seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 flange

3.2.2 Alat

1. Alat keseimbangan Dinamik (*balancing machine*)

Alat keseimbangan dinamik digunakan sebagai alat bantu pengujian keseimbangan pada rotor atau poros. Pengujian dalam alat keseimbangan dinamik untuk melengkapi uji komputasi dengan bantuan arduino uno untuk mengetahui *unbalance* dari spesimen yang akan diuji seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Alat Keseimbangan Dinamik

2. Motor Listrik AC

Motor listrik AC digunakan sebagai penggerak poros dengan bantuan belting sebagai penerus putaran motor listrik AC seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Motor Listrik AC

Spesifikasi :

- Tipe : Famoze
- Motor *Power* : 2,2 kw
- *Speed* : 2855 Rpm

3. Panel listrik

Panel listrik digunakan sebagai tempat dudukan konektor dan switch on/off sebagai penyambung dan pemutus arus listrik seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Panel Listrik

4. Arduino UNO

Arduino UNO digunakan sebagai *microcontroller* pembaca sensor getaran, sensor kecepatan (rpm) dan sensor proxymiti, motor AC yang terhubung dengan komputer akan memunculkan hasil pencatatan data berupa data sheet seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Arduino UNO

5. Sensor Getaran

Sensor getaran digunakan untuk mendeteksi getaran dari area yang dipasangkan sensor getaran untuk mendeteksi getaran atau tidak keseimbangan yang terjadi pada benda atau spesimen yang diuji seperti pada gambar 3.8.



Gambar3.8 SensorGetaran

6. Sensor kecepatan

Sensor kecepatan digunakan sebagai alat pengukur kecepatan pada motor AC dengan bantuan plat yang dipasangkan pada puli seperti gambar 3.9.



Gambar 3.9 Sensor Kecepatan

7. Sensor Proximiti

Sensor Proximity Inductive berfungsi untuk mendeteksi obyek besi/metal, Meskipun terhalang oleh benda non-metal, sensor akan tetap dapat mendeteksi selama dalam jarak (nilai) normal sensing atau jangkauannya seperti pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Sensor Proximity

8. Laptop

Laptop digunakan untuk menampilkan data sheet yang dideteksi oleh program *arduino UNO* pada saat pengujian spesimen yang diuji seperti pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Laptop

9. Waterpass

Waterpass digunakan untuk mengukur atau menentukan spesimen/poros dalam posisi rata baik pengukuran secara vertical ataupun horizontal seperti pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Waterpass

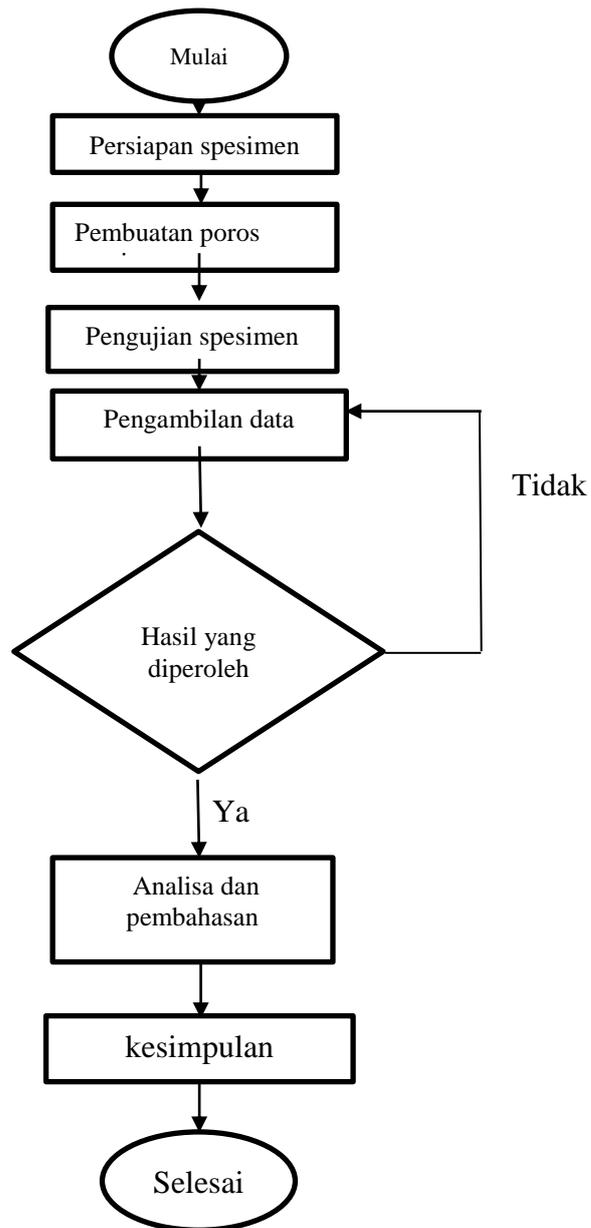
11. Timbangan Neraca

Berfungsi untuk menimbang berat baut yang digunakan untuk menambah massa pada saat pengujian seperti pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Timbangan Neraca

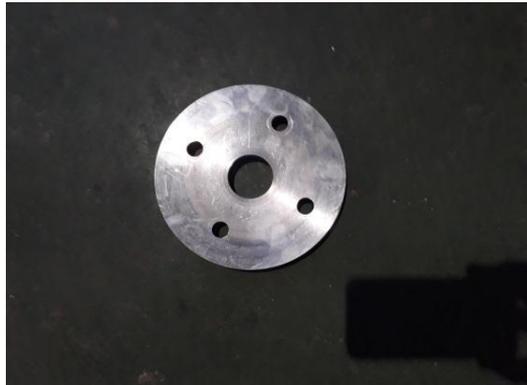
3.3 Metode Penelitian



Gambar 3.14 Diagram alir percobaan

3.4 Prosedur Pengujian

1. Menyiapkan specimen pengujian pengujian seperti pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Spesimenuji

2. Menimbang baut sebagai beban saat pengujian flange seperti pada gambar 3.16.



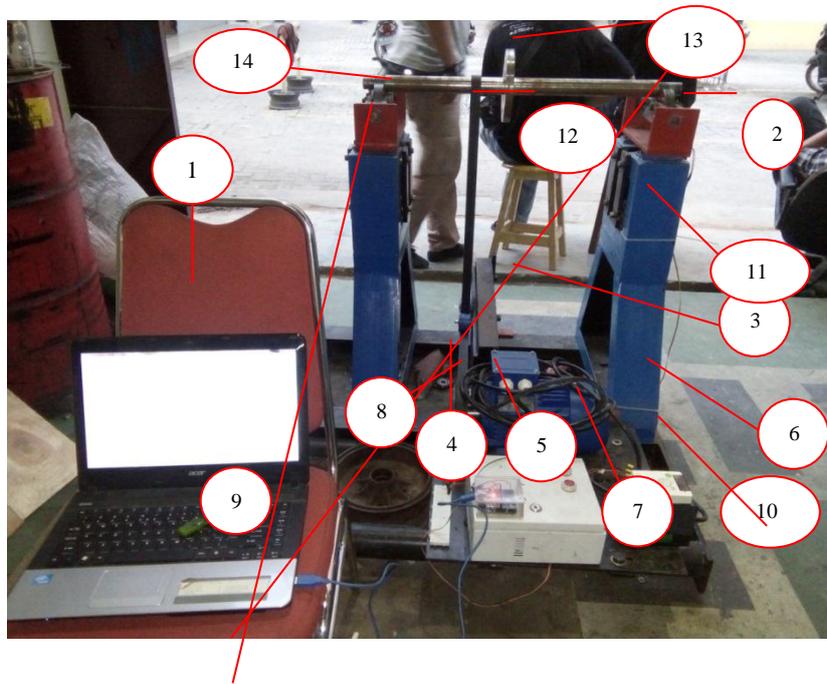
Gambar 3.16 Menimbang Massa

3. Memasang flange pada poro spengujian seperti pada gambar 3.17.



Gambar3.17 Pemasangan flange dan cakram

4. Mengset up alat uji balancing dan spesimen kemesin seperti gambar 3.18.



Gambar 3.18Set up alat uji balancing

Keterangan :

1. Laptop
2. Sensor getar SW-420
3. Motor listrik AC
4. Sensor kecepatan
5. *Arduino UNO*
6. Inverter
7. Panel listrik
8. Pully
9. *Roller balancing*
10. Dudukan motor listrik AC
11. Tiangkaku
12. *Bealting*
13. *Flange*
14. Poros

5. Memasang belting pada poros untuk menghubungkan putaran mesin ke poros dan flange yang akan di uji getarannya.
6. Mengkoneksikan semua sensor/alat ukur yang terprogram dalam *Arduino Uno* ke laptop, dan buka software penunjuk alat ukur tersebut.
7. Hidupkan mesin *balancing*.
8. Memulai pengambilan data saat mesin *balancing* hidup.
9. Menyimpan data yang telah direkam oleh *Arduino Uno* sebagai data pengujian.
10. Membaca getaran flange yang berputar dengan melihat getaran yang terjadi pada mesin *balancing*. Getaran tersebut akan direkam oleh sensor dan hasilnya dicatat sebagai data pengujian.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Proses pengambilan data dari pengujian spesimen piringan ganda yang dilakukan dengan pencatatan dari mesin *balancing*, dimana spesimen yang akan diuji telah disetting dimesin *balancing*. Setelah itu mesin *Balancing* akan menunjukkan *balance* dan *unbalance* terhadap spesimen yang diuji. Dari hasil studi eksperimen, maka didapat data pengujian yang ditunjukkan data hasil studi eksperimental ini dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Data pengujian getaran Piringan ganda akibat jarak susun 3 cm, 6 cm dan 8 cm pada frekuensi 50 Hz
2. Data pengujian getaran Piringan ganda akibat jarak susun 3 cm, 6 cm dan 8 cm pada frekuensi 60 Hz
3. Data pengujian getaran piringan ganda akibat jarak susun 3 cm, 6 cm dan 8 cm pada frekuensi 70 Hz

Data hasil eksperimen dibagi 3 agar dapat dilihat dimana putaran piringan ganda akibat jarak susun yang seimbang dan tidak seimbang dengan variasi putaran yang berbeda. Dan dapat dilihat perbedaannya dari putaran 50 Hz, 60 Hz dan 70 Hz dari kondisi ini terjadi diakibatkan karena putaran yang semakin tinggi maka semakin besar pula terjadinya getaran pada mesin *balancing* karena putaran motor yang sangat tinggi mengakibatkan getaran terhadap seluruh mesin *balancing*. Getaran ini diakibatkan karena tidak adanya bantalan/peredam getaran pada motor listrik yang akan meminimalkan getaran pada seluruh mesin *balancing*. Begitu juga pada kecepatan rendah getaran terjadi diakibatkan putaran mesin yang tidak stabil/konstan dan mengakibatkan putaran spesimen yang tidak stabil.

4.2 Perhitungan Data Hasil Eksperimen

4.2.1. Data Pengujian getaran Piringan ganda akibat jarak susun 3 cm, 6 cm, dan 8cm pada frekuensi 50 Hz

- Frekuensi = 50 Hz

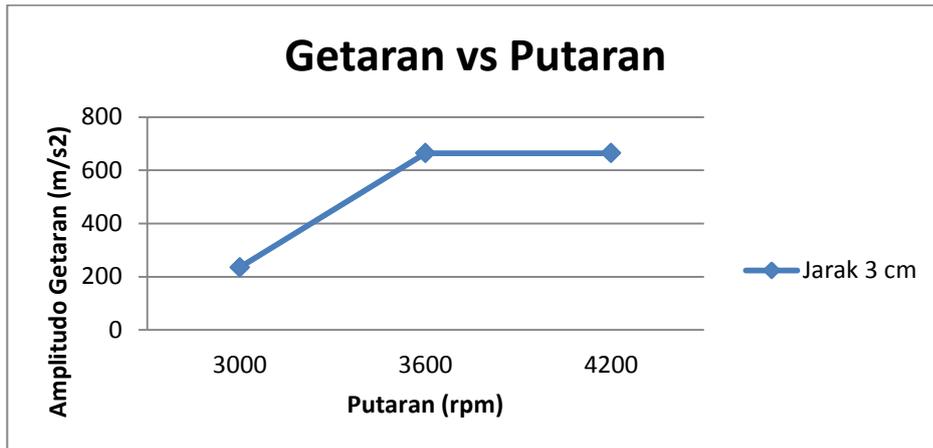
$$n = \frac{120 \times f}{p}$$
$$n = \frac{120 \times 50}{2}$$
$$= 3000 \text{ rpm}$$

Data pengujian getaran Piringan ganda akibat jarak susun 3cm pada frekuensi 50 Hz, 60 Hz, dan 70 Hz yang dilakukan dalam waktu pengujian selama 1 menit dengan hasil sebagai berikut:

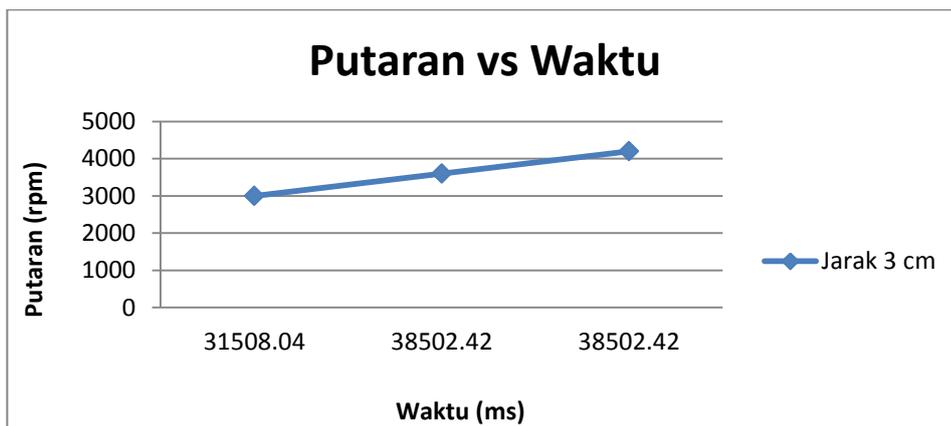
Tabel 4.2 Data nilai pengujian dengan jarak 3 cm dengan frekuensi 50 Hz, 60 Hz, dan 70 Hz.

No	Frekuensi(Hz)	Putaran(Rpm)	Amplitudo Getaran (m/S ²)	Waktu(ms)
1	50	3000	235,6119	31508,04
2	60	3600	664,1973	38502,42
3	70	4200	664,1973	38502,42

Dari hasil data percobaan diatas pada tabel 4.2 maka diperoleh grafik dapat dilihat pada gambar 4.1 antara lain yaitu :



Gambar 4.1 Grafik Getaran vs Putaran



Gambar 4.2 Grafik Putaran vs Waktu (ms)

4.4.2. Data pengujian getaran Piringan ganda akibat jarak susun 3 cm, 6 cm, dan 8 cm pada frekuensi 60 Hz.

- Frekuensi = 60 Hz

$$n = \frac{120 \times f}{p}$$

$$n = \frac{120 \times 60}{2}$$

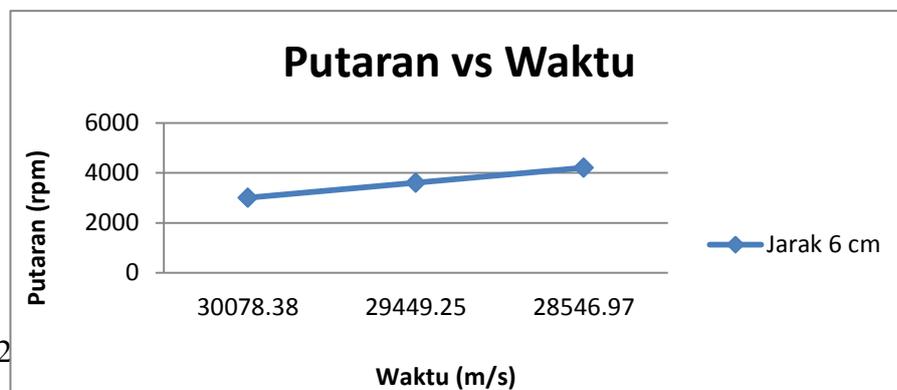
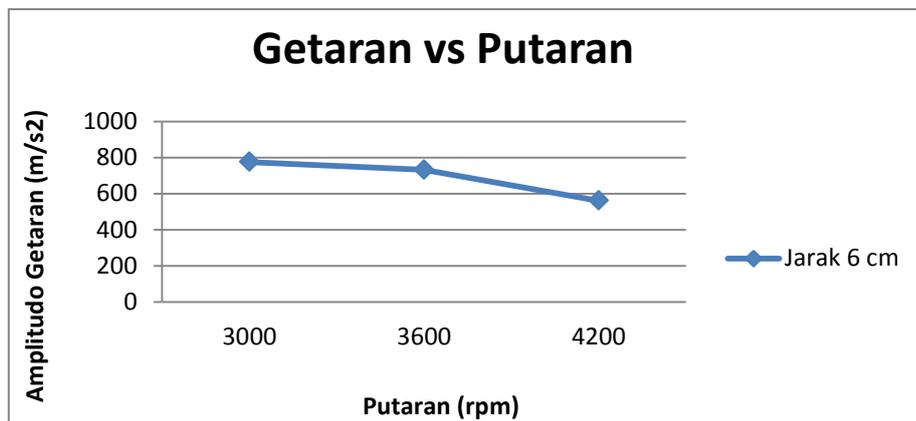
$$= 3600 \text{ rpm}$$

Data pengujian getaran Piringan ganda akibat jarak susun 6 cm pada frekuensi 50 Hz, 60 Hz, dan 70 Hz yang dilakukan dalam waktu pengujian selama 1 menit dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data nilai pengujian dengan jarak 6 cm dengan frekuensi 50 Hz, 60 Hz, dan 70 Hz.

No	Frekuensi(Hz)	Putaran(Rpm)	Amplitudo Getaran(m/s ²)	Waktu(ms)
1	50	3000	774,904	30078,38
2	60	3600	732,0548	29449,25
3	70	4200	561,108	28546,97

Dari hasil data percobaan diatas pada tabel 4.3 maka diperoleh grafik dapat dilihat pada gambar 4.3 antara lain yaitu :



4.2

8 cm pada frekuensi 70 Hz

- Frekuensi = 70 Hz

cm dan

$$n = \frac{120 \times f}{p}$$

$$n = \frac{120 \times 70}{2}$$

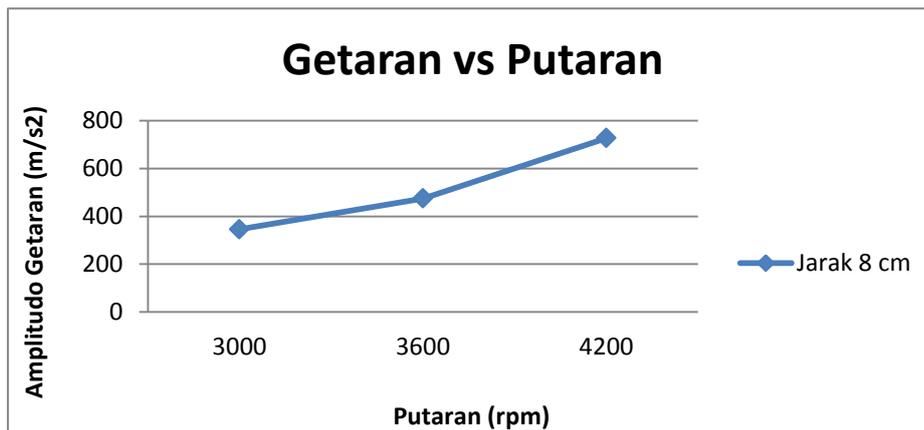
$$= 4200 \text{ rpm}$$

Data pengujian getaran Piringan ganda akibat jarak susun 8 cm pada frekuensi 50 Hz, 60 Hz, dan 70 Hz yang dilakukan dalam waktu pengujian selama 1 menit dengan hasil sebagai berikut:

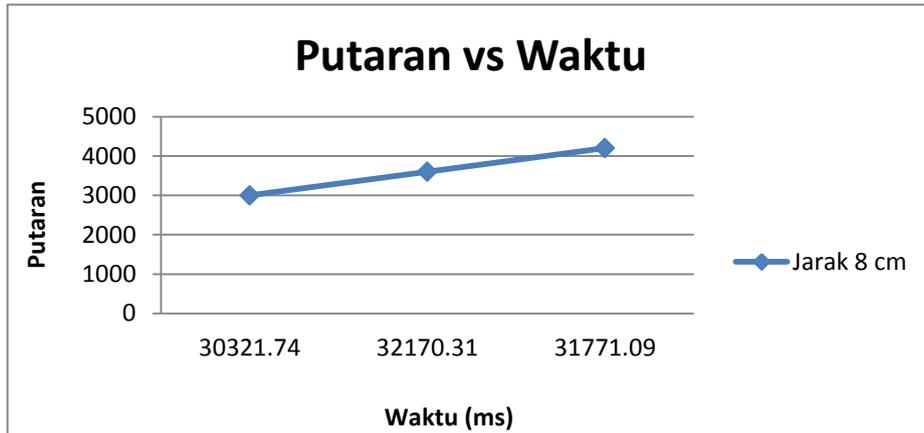
Tabel 4.4 Data nilai pengujian dengan jarak 8 cm dengan frekuensi 50 Hz, 60 Hz, dan 70 Hz.

No	Frekuensi(Hz)	Putaran(Rpm)	Amplitudo Getaran(m/s ²)	Waktu (ms)
1	50	3000	345,919	30321,74
2	60	3600	474,3967	32170,31
3	70	4200	726,3596	31771,08

Dari hasil data percobaan diatas pada tabel 4.4 maka diperoleh grafik dapat dilihat pada gambar 4.4 antara lain yaitu :



Gambar 4.5 Grafik Getaran vs Putaran

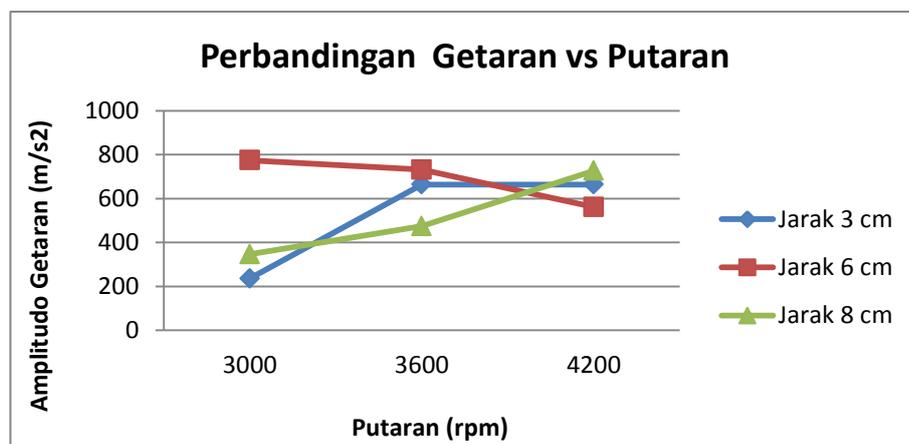


4.3 Hasil Perbandingan dari Putaran dan Amplitudo Getaran 50 Hz, 60 Hz, dan 70 Hz dengan jarak 3 cm, 6 cm, dan 8 cm.

Tabel 4.5 Data nilai pengujian dengan jarak 3 cm, 6 cm, dan 8 cm dengan frekuensi 50 Hz, 60 Hz, dan 70 Hz.

Frekuensi (Hz)	Putara (rpm)	Amplitudo Getaran (m/s ²)		
		Jarak 3 cm	Jarak 6 cm	Jarak 8 cm
50	3000	235,6119	774,904	30078,38
60	3600	664,1973	732,0548	29449,25
70	4200	664,1973	561,108	28546,97

Dari hasil data perbandingan diatas pada tabel 4.5 maka diperoleh grafik dapat dilihat pada gambar 4.7.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian Karakteristik getaran pada piringan ganda yang berputar akibat jarak susun piringan ini dapat diambil kesimpulan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dari penelitian yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwasannya begitu banyak masalah – masalah mekanis pada piringan ganda dengan jarak susun disetiap putarannya.
2. Setelah dilakukan percobaan penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa putaran mesin yang dihasilkan dari frekuensi sangat pengaruh terhadap getaran yang dihasilkan oleh piringan ganda.
3. Tingginya putaran yang dihasilkan dari frekuensi dapat mengakibatkan besarnya getaran yang dihasilkan oleh piringan ganda dengan jarak susunnya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian getaran pada piringan ganda akibat jarak susun piringan ini. Maka saya dapat menyarankan agar penulis berikutnya lebih baik dan dikembangkan lagi penelitian ini dengan menggunakan alat balancing yang ada didalam lab. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara :

1. Bagi penulis yang ingin melanjutkan penelitian tentang karakter getaran pada piringan ganda kedepannya harus memperbaiki / menginovasi sebelum pengujian harus benar – benar perlu diperhatikan bagian – bagian yang sangat begitu diperlukan dalam pengujian ini seperti Motor, Sensor dan inverter agar data yang didapat lebih baik lagi dan sempurna.
2. Memperbaiki dudukan poros piringan agar tidak lepas pada saat pengujian spesimen.
3. Utamakan keselamatan dalam bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Andromina robot V.2.0, “*Encoder and Arduino Tutorial About The IR Speed Senso Module Whth The Comperator LM393 (Encoder FC-03)*”.diakses 26 desember 2018.
- Arduino*, [Online : [https://forum.arduino.cc/index.php?.topic = 476382.0](https://forum.arduino.cc/index.php?.topic=476382.0)],diakses 1 jauari 2018.
- Arduino Uno*, [Online : ilearning.mc/sample.page.162/arduino/pengertian-arduino.uno],diakses 20 februari 2018.
- Dwi Rahmanto,2007, “Pengaruh Variasi Putaran Terhadap Efektivitas *Balancing* Poros Fleksible Pada Poros *Two-plane Balancing*”, <https://eprint.uns.ac.id>,diakses 8 maret 2018.
- Georgeo H. Martin, 1994. Kinemetika dan Dinamika Teknik, Diterjemahkanoleh: Ir. Setiyobakti. Jakarta: Erlangga.
- Benny Kresno Sunarko, 2010. Analisa Getaran Pada Mesin Sepeda Motor Berbasis Labviw. <http://www.jurnal.fmipa.ui.ac.id>,diakses 8 maret 2018.