

TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK GETARAN PADA PIRINGAN TUNGGAL AKIBAT PEMBERIAN MASSA PADA VARIASI JARI-JARI PIRINGAN TUNGGAL

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

Disusun Oleh:

FAUZI RAHMAD
1307230050



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fauzi Rahmad
Npm : 1307230050
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Karakteristik Getaran Pada Piringan Tunggal Akibat
Pemberian Massa Pada Variasi Jari-Jari Piringan Tunggal
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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, 14 Maret 2020

Mengetahui Dan Menyetujui:

Dosen Penguji I



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Affandi, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Rahmatullah, S.T, M.Sc

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Affandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini

Nama lengkap	Fauzi Rahmad
Tempat, Tanggal lahir	Smabang 12 Juli 1988
NPM	1307230050
Fakultas	Teknik
Program Studi	Teknik Mesin

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

"KARAKTERISTIK GETARAN PADA PIRINGAN TUNGGAL AKIBAT PEMBERIAN MASSA PADA VARIASI JARI-JARI PIRINGAN TUNGGAL"

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/keselamatan 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, 14 Maret 2020

Saya Yang Menyatakan,



Fauzi Rahmad

ABSTRAK

Getaran adalah suatu gerak bolak balik disekitar kesetimbangan. Keseimbangan maksudnya adalah keadaan dimana suatu benda berada pada posisi diam jika tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut. Disebabkan oleh pengeksitasi alami dari struktur dan kerusakan mekanis. Masalah-masalah yang sering menyebabkan getaran pada suatu mesin. Ketidakseimbangan (*unbalance*) elemenrotasi, ketidaklurusan (*misalignment*) pada kopling dan bearing, eksentrisitas (*eccentricity*), cacat pada bantalan antrifiksi, kerusakan pada bantalan, kelonggaran mekanik, buruknya sabuk penggerak, kerusakan roda gigi, lmasalah listrik, resonansi, gaya aerodinamika, dan gesekan, yang kemudian akan menimbulkan gaya getaran. Kondisi mesin dan kerusakan mekanis dapat diketahui dengan mempelajari karakteristik geterannya. Pada suatu sistem pegas massa, karakteristik getaran dapat dipelajari dengan membuat grafik pergerakan beban terhadap waktu. Adapun tujuan penelitian ini menganalisa Bagaimana karakteristik getaran pada piringan tunggal akibat pemberian massa pada variasi jari-jari piringan tunggal. Dan adapun cara penelitian ini digunakan mesin balancing serta menggunakan sofeware arduino dengan sensor getaran dan kecepatan sehingga dapat menganalisa karakteristik getaran pada putaran 20 Rpm dengan variasi massa jari-jari 1, 30 Rpm dengan variasi massa jari-jari 2, 40 Rpm dengan variasi massa jari-jari 3, dan 50 Rpm dengan variasi massa jari-jari 4. Dan dari hasil pengujian didapatkan Semakin besar perbandingan getaran dengan waktu yang diberikan pada pengujian piringan tunggal akibat pemberian massa pada variasi jari jari dan mendapatkan nilai tertinggi pada putaran 40 Rpm dengan 3 variasi massa jari-jari menghasilkan getaran 10000 m/s^2 dengan waktu 52150 ms.

Kata Kunci : Getaran, Piringan Tunggal, Pemberian Massa

ABSTRACT

Vibration is an alternating motion around equilibrium. The meaning of balance is a state where an object is in a stationary position if there is no force acting on the object. Caused by natural excitation of structure and mechanical damage. Problems that often cause vibration in a machine. Unbalance of elementrotation, misalignment in couplings and bearings, eccentricity, defects in bearing antrifrication, bearing damage, mechanical looseness, poor belt drive, gear damage, electrical problems, resonance, aerodynamic forces, and friction in bearing antrifrication, bearing damage, mechanical looseness, poor belt drive, gear damage, electrical problems, resonance, aerodynamic forces, and friction. , which then creates a vibrational force. The condition of the engine and mechanical damage can be determined by studying the vibration characteristics. In a mass spring system, the vibration characteristics can be studied by graphing the load movement with respect to time. The purpose of this study is to analyze how the characteristics of vibrations in a single disc due to giving mass to the variation of the radius of a single disc. And as for the method of this research used a balancing machine and using an arduino software with vibration and speed sensors so that it can analyze the vibration characteristics at 20 Rpm rotation with variations in mass of radius 1, 30 Rpm with variations in mass of radius 2, 40 Rpm with variations in mass of fingers -3 fingers, and 50 Rpm with a mass variation of radius 4. And from the test results obtained the greater vibration comparison with the time given on a single disc test due to giving mass to the variation of the fingers and get the highest value at 40 Rpm rotation with 3 variations the mass of the radius produces 10000 vibrations with a time of 52150 ms.

Keywords: Vibration, Single Dish, Mass Giving

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 Tunggal Akibat Pemberian Massa Pada Variasi Jari-Jari Piringan Tunggal” 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. Sekaligus sebagai Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Rahmatullah, S.T.,M.Sc selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
4. Bapak Affandi, S.T.,M.T selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas akhir ini. Sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
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. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik Mesin kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Ayahanda Muhammad Zum dan Ibunda Nurlian Zamir, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Bayu Kurniawan, Abde dhoni Miadi, Tri Widodo, Habibullah Simanullang, Ibnu, Khairuddin Sigalingging, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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, 14 Maret 2020

Fauzi Rahmad

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang lingkup	2
1.4 Tujuan Penulisan	2
1.5 Manfaat Penulisan	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	6
2.2.3 Getaran Karena Eksentrisitas	7
2.2.4 Getaran Karena Kelongaran Mekanik	7
2.3 Karakteristik Getaran	8
2.3.1 Frekuensi Getaran	8
2.3.2 Amplitudo	9
2.3.3 Phase Vibrasi	12
2.4 Alat Keseimbangan Dinamik	14
2.4.1 Static Unbalance	15
2.4.2 Couple Unbalance	15
2.4.3 Quasi Static Unbalance	16
2.4.4 Dinamika Unbalance	17
2.5 Metode Balancing	17
2.5.1 Membuat Seimbang Massa-Massa Yang Berputar	19
2.5.2 Massa Berputar Tunggal	19
2.5.3 Beberapa Massa Berputar Dalam Bidang Melintang Yang Sama	20
2.6 Tipe Piringan	21
2.6.1 Two-Plane Balancing	21
2.6.2 Microcontroler	24
2.6.3 Sensor Yang Digunakan Pada Mesin Balancing	25
BAB 3 METODE PENELITIAN	30
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	30

3.1.1	Tempat	30
3.1.2	Waktu	30
3.2	Bahan Dan Alat	31
3.2.1	Bahan	31
3.2.2	Alat	32
3.3	Diagram Alir	37
3.4	Prosedur Pengujian	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Prosedur Pengujian	39
4.2	Data Hasil Pengujian	41
4.2.1	Perbandingan Getaran Dengan Waktu Pengujian Getaran Akibat Pemberian Massa Putaran 20 Rpm Dengan Variasi 1 Jari-Jari	41
4.2.2	Perbandingan Getaran Dengan Waktu Pengujian Getaran Akibat Pemberian Massa Putaran 30 Rpm Dengan Variasi 2 Jari-Jari	43
4.2.3	Perbandingan Getaran Dengan Waktu Pengujian Getaran Akibat Pemberian Massa Putaran 40 Rpm Dengan Variasi 3 Jari-Jari	45
4.2.4	Perbandingan Getaran Dengan Waktu Pengujian Getaran Akibat Pemberian Massa Putaran 50 Rpm Dengan Variasi 4 Jari-Jari	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
LEMBAR ASISTENSI		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Dan Satuan Getaran	11
Tabel 3.1 Jadwal Dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	30
Tabel 4.1 Data Pengujian Getaran Dengan Waktu Dengan Putaran 20 Rpm Variasi 1 Jari-Jari	42
Table 4.2 Data Pengujian Getaran Dengan Waktu Dengan Putaran 30 Rpm Variasi 2 Jari-Jari	44
Table 4.3 Data Pengujian Getaran Dengan Waktu Dengan Putaran 40 Rpm Variasi 3 Jari-Jari	46
Table 4.4 Data Pengujian Getaran Dengan Waktu Dengan Putaran 50 Rpm Variasi 4 Jari-Jari	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Getaran Dan Gelombang	4
Gambar 2.2 Angular Misalignment	6
Gambar 2.3 Offset Misalingmnt	6
Gambar 2.4 Kombinasi	7
Gambar 2.5 Eksentrisitas	7
Gambar 2.6 Karakteristik Getaran	8
Gambar 2.7 Hubungan Antara Perpindahan, Kecepatan Dan Getaran	10
Gambar 2.8 Phase Getaran 1800	12
Gambar 2.9 Phase Getaran 900	13
Gambar 2.10 Phase Getaran 90	13
Gambar 2.11 Static Unbalance	15
Gambar 2.12 Couple Unbalance	16
Gambar 2.13 Quasi Static Unbalance	16
Gambar 2.14 Dinamik Unbalance	17
Gambar 2.15 Massa Berputar Tunggal	19
Gambar 2.16 Beberapa Massa Berputar Dalam Bidang Melintang	20
Gambar 2.17 Type Piringan	21
Gambar 2.18 <i>Eksentrasi</i>	22
Gambar 2.19 Metode Perhitungan Sudut Fase Dari Sinyal Getaran	23
Gambar 2.20 Skematik Two Plane Balancing	23
Gambar 2.21 Arduino Uno	25
Gambar 2.22 Vibration Sensor SW-420	26
Gambar 2.23 Sensor Proximity	27
Gambar 2.24 Output 2 Kabel VDC	28
Gambar 2.25 Output 3 Dan 4 Kabel VDC	28
Gambar 2.26 Output 2 Kabel VAC	28
Gambar 2.27 Inverter	29
Gambar 3.1 Piringan Tunggal	31
Gambar 3.2 Poros	32
Gambar 3.3 Baut (Massa)	32
Gambar 3.4 Alat Keseimbangan Dinamik	33
Gambar 3.5 Motor Listik AC	33
Gambar 3.6 Panel listrik	34
Gambar 3.7 Arduino Uno	34
Gambar 3.8 Sensor Getaran	34
Gambar 3.9 Sensor Proximity	35
Gambar 3.10 Leptop	35
Gambar 3.11 Waterpass	36
Gambar 3.12 Inverter	36
Gambar 3.13 Diagram Alir Percobaan	37
Gambar 4.1 Spesimen Akan Diuji	39
Gambar 4.2 Memasang Piringan Pada Poros	39
Gambar 4.3 Spesimen Yang Sudah Terpasang Dimesin Balancing	39
Gambar 4.4 Mengkoneksikan Alat Uji	40
Gambar 4.5 Menghidupkan Mesin Balancing, Pengambilan Data	40

Gambar 4.6 Spesimn Dengan Variasi 1 Jari-Jari	42
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Getaran Dengan Waktu	43
Gambar 4.8 Spesimen Dengan Variasi 2 Jari-Jari	44
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Getaran Dengan Waktu	45
Gambar 4.10 Spesimen Dengan Variasi 3 Jari-Jari	46
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Getaran Dengan Waktu	47
Gambar 4.12 Spesimen Dengan Variasi 4 Jari-Jari	48
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Getaran Dengan Waktu	49

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
t	Waktu	s
K	kekakuan benda	N/m
m	massa benda	Kg
m/s	Kecepatan putaran	Rpm
f	Getaran	Hz

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebuah mesin yang ideal sempurna pada prinsipnya tidak menimbulkan getaran sama sekali, karena seluruh energi yang dihasilkan diubah menjadi kerja. Namun didunia ini tidak ada yang sempurna, sehingga sebahagian energi salah satunya terbuang menjadi getaran. Getaran timbul akibat transfer gaya siklik melalui elemen-elemen mesin yang ada, dimana elemen-elemen tersebut saling berinteraksi satu sama lain dan energi didesipasi melalui struktur dalam bentuk getaran. Kerusakan atau keausan serta deformasi akan mengubah karakteristik dinamik system dan cenderung meningkatkan energi getaran dikarenakan dua benda yang bersinggungan tidak lagi sejajar (*unbalance*).

Metode masa lalu dengan cara mendengarkan suara mesin dan menyentuh/merabah (*hearing and touching*) dikembangkan untuk menentukan apakah mesin bekerja dengan baik atau tidak, tetapi metode klasik tersebut tidak lagi andal untuk saat ini, karena dua faktor berikut ini:

1. Mesin-mesin modern dirancang untuk berjalan secara otomatis, sehingga interaksi antara manusia (operator) dan mesin tidak lagi efektif dan ekonomis.
2. Kebanyakan mesin-mesin modern beroperasi pada putaran/kecepatan tinggi, dimana getaran yang timbul banyak yang berfrekuensi tinggi dan tidak lagi dapat dibedakan oleh indera manusia, sehingga dibutuhkan alat untuk mendeteksi dan mengukurnya.

Oleh karena itu untuk mengatasi salah satu permasalahan diatas digunakan alat keseimbangan dinamik untuk mendeteksi jenis kerusakan dan tingkat kerusakannya dari karekteristik sinyal getarannya.

Berdasarkan latar belakang ini, penulis ingin melalukan pengujian pada piringan tunggal untuk mengetahui karakteristik getaran yang terjadi sehingga kedepannya analisa pengujian ini berguna untuk meminimalisir getaran yang terjadi pada permesinan. Pengujian pada piringan tunggal ini dituangkan pada tugas akhir penulis yang berjudul “ Karakteristik Getaran Pada Piringan Tunggal Akibat Pemberian Massa Pada Variasi Jari - Jari Pada Piringan Tunggal ”.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana karakteristik getaran pada piringan tunggal akibat pemberian massa pada variasi jari-jari piringan tunggal

1.3. Ruang Lingkup

Pada penulisan ini ada beberapa pembatasan masalah diperlukan dalam pengujian agar dapat menghindari pembahasan yang tidak terarah serta meluas. Adapun batasan masalah dalam pengujian karakteristik getaran pada piringan tunggal ini adalah sebagai berikut :

1. Alat yang digunakan untuk pengujian karakteristik getaran pada piringan tunggal yaitu alat keseimbangan dinamik.
2. Getaran yang dianalisa hanya getaran yang di akibatkan oleh perbedaan massa variasi jari-jari yang telah ditentukan pada piringan tunggal.
 3. Pengamatan pengujian karakteristik getaran menggunakan software Arduino Uno.

1.4. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui karakteristik getaran pada piringan tunggal akibat pemberian massa pada variasi jari-jari piringan tunggal sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui karakteristik getaran pada putaran 20 Rpm dengan variasi massa jari-jari 1, 30 Rpm dengan variasi massa jari-jari 2, 40 Rpm dengan variasi massa jari-jari 3, dan 50 Rpm dengan variasi massa jari-jari 4.
2. Menganalisa karakteristik getaran pada jari-jari
3. Untuk mengetahui getaran pada piringan tunggal akibat pemberian massa

1.5. Manfaat Penulisan

Adapun manfaat yang diperoleh dari penulisan ini adalah :

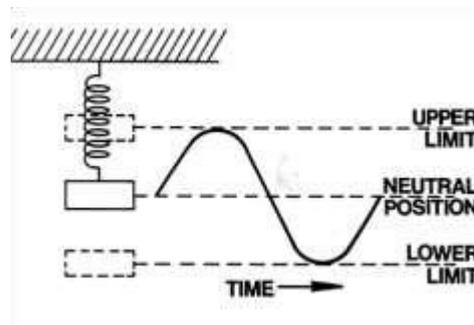
1. Mampu memberikan kontribusi dan pengembangan karakteristik getaran pada piringan tunggal akibat pemberian massa pada variasi jari-jari dalam dunia industri.

2. Manfaat bagi mahasiswa adalah sebagai referensi untuk membuat tugas yang berhubungan dengan karakteristik getaran dan piringan tunggal.
3. Sebagai bahan perbandingan dan pembelajaran antara teori yang diperoleh dibangku perkuliahan dengan yang 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 kontinyu, 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.



Gambar 2.1. Ilustrasi Getaran dan Gelombang

Ilustrasi sederhana dari getaran adalah pegas dengan sebuah beban seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. pada posisi netral (neutral position) maka pegas akan meregang untuk mengimbangi beban jika pegas ini diberi gaya seketika dengan menarik beban misalkan pada posisi bawah (lower position) kemudian langsung dilepaskan akan membuat beban bergerak bolak balik dari posimsi bawah menuju posisi atas dan seterusnya guna mengimbangi gaya seketika tersebut. Gerakan dari beban yang bergerak bolak balik dan akan membentuk sebuah gelombang dengan domain waktu.

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

1. Ketidak seimbangan (*unbalance*)
2. Elemen rotasi
3. Ketidak lurusan (*misalignment*) pada kopling dan bearing
4. Eksentrisitas (*eccentricity*)

5. Cacat pada bantalan antrifiksi
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.

Ketidakseimbangan (*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 disepanjang 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 (IX) rpm elemen yang mengalami unbalance dan amplitudo getaran.

amplitudo terbesar akan terukur pada arah radial. Unbalance dapat disebabkan cacat coran, eksentritas, adanya alur 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. Ketidak lurusan 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



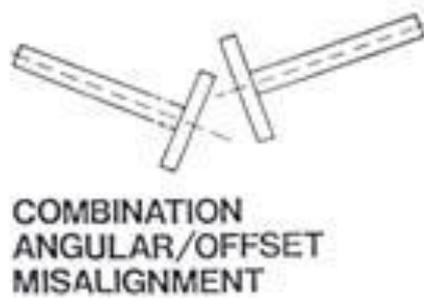
Gambar 2.2 Angular Misalignment

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



Gambar 2.3 Offset Misalignment

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

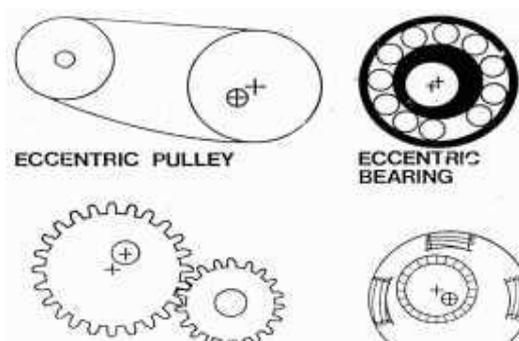


Gambar 2.4 Kombinasi

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* dapat dilihat pada gambar 2.5



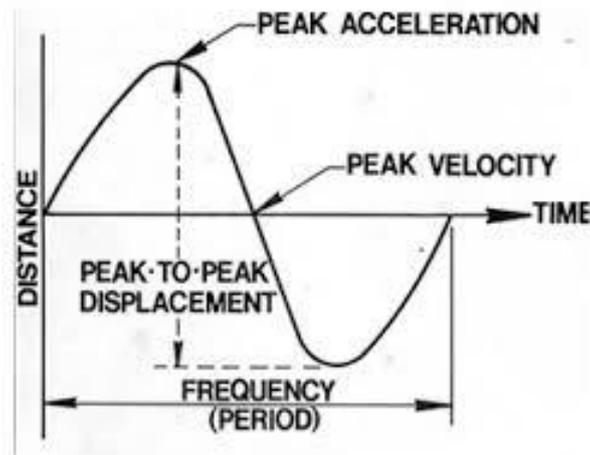
Gambar 2.5 Eksentrisitas

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 dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Karakteristik Getaran

Gerak beban dari posisi netralnya kebatas atas kemudian kembali keposisi netral atau kesetimbangan dan bergerak lagi keatas bawah kemudian kembali keposisi kesetimbangan, menunjukkan gerakan satu siklus. Waktu untuk melakukan suatu siklus ini disebut *periode*, sedangkan jumlah siklus yang dihasilkan dalam satu interval waktu tertentu disebut *frekuensi*.

2.3.1 Frekuensi Getaran

Frekuensi adalah jumlah siklus pada setiap satuan waktu yang besarnya dapat dinyatakan dengan siklus perdetik *cycles per second (cps)* atau *cycles per menit (cpm)*. Frekuensi getaran penting diketahui dalam analisis getaran mesin untuk menunjukkan masalah yang terjadi paada mesin tersebut. Gaya yang menyebabkan getaran dihasilkan dari gerak berputar elemen mesin. Gaya tersebyt berubah dalam besar dan arahnya sebagaimana elemen berputar berubah posisinya terhadap titik netral. Akibatnya getaran yang dihasilkan akan mempunyai frekuensi yang bergantung pada putaran elemen yang telah mengalami trouble. 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 tersebut disebabkan:

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 = putaran / 60).
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 :

$$n = \frac{120xF}{\pi}$$

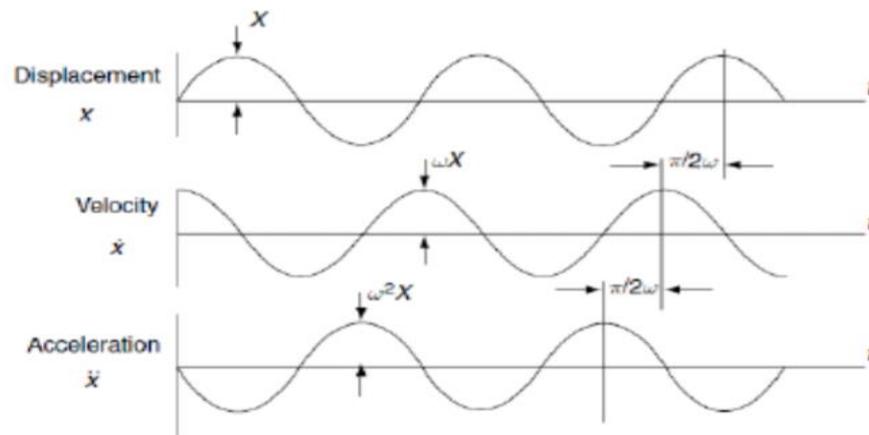
Putaran kritis *eritical speed* (n_c) merupakan putaran yang bersesuaian dengan frekuensi (f_n) sebuah benda atau sistem yang bergetar. Frekuensi putar akan mengakibatkan amplitudo getaran yang paling besar secara matematik dituliskan dengan rumus :

$$n_c = 60 \times f_n$$

2.3.2 Amplitudo

Amplitudo adalah ukuran atau besarnya sinyal getaran yang dihasilkan. Amplitudo dari sinyal getaran mengidentifikasi besarnya gangguan yang terjadi. Semakin tinggi nilai amplitudo menandakan semakin besar gangguan yang terjadi. Dalam pengukuran getaran mesin amplitudo dapat di presentasikan sebagai displacement (perpindahan), velocity (kecepatan), dan acceleration (percepatan). Perpindahan (displacement) adalah gerakan suatu titik tertentu yang tidak bergerak tetap ,ini

memnggambarkan tingkat getar, hubungan karakteristik ini dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah :



Gambar 2.7 Hubungan Antara Perpindahan, Kecepatan, Dan Percepatan Getaran

- Perpindahan (displacement)

Jarak yang ditempuh dari suatu puncak (A) kepuncak yang lain (C) disebut perpindahan dari puncak kepuncak (peak to peak displacement). Perpindahan tersebut pada umumnya dinyatakan dalam satuan mikron (um) atau mils.

1 um 0.001 mm

1 mils 0.001 inch

Dan dapat dituliskan dengan rumus :

Perpindahan = $\Delta x = x \text{ akhir} - x \text{ awal}$.

- Kecepatan (velocity)

Karena getaran merupakan suatu gerakan, maka getaran tersebut pasti mempunyai kecepatan. Pada gerak periodik (getaran) seperti gambar 2.2, kecepatan maksimum terjadi pada titik B (posisi netral) sedangkan kecepatan minimum (=0) terjadi pada titik A dan titik C. Kecepatan getaran ini biasanya dalam satuan mm/det (peak). Karena kecepatan ini selalu berubah secara sinusoida, maka seringkali digunakan satuan mm/sec (rms). Nilai peak = 1,414 x nilai rms. Kadang-kadang digunakan satuan inch/sec (peak) atau inch/sec (rms) 1 inch= 25,4 mm. Dan dituliskan dengan rumus:

$$\text{Kecepatan rata-rata} = V_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

- Percepatan (acceleration)

Karakteristik getaran lain dan juga penting adalah percepatan. Dititik A atau C kecepatan getaran adalah nol tetapi pada bagian-bagian tersebut akan mengalami percepatan yang maksimum. Sedang pada titik B (netral) percepatan getaran adalah nol. Secara teknis percepatan adalah laju perubahan dari kecepatan. Percepatan getaran pada umumnya dinyatakan dalam, satuan "g's' peak, dimana satu "g" adalah percepatan yang disebabkan oleh gaya gravitasi pada permukaan bumi. Sesuai dengan perjanjian internasional satuan gravitasi pada permukaan bumi adalah 980,665 cm/s² (386,087inc/ s² atau 32,1739 feet/40). Dan dapat dituliskan dengan rumus:

$$\text{Percepatan rata-rata} = a_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$a_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

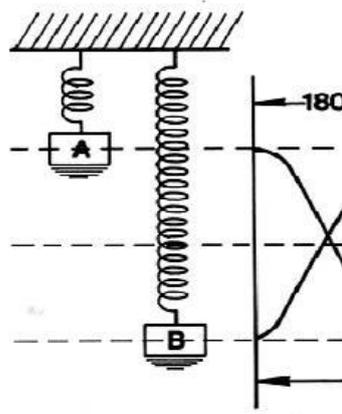
Percepatan (*acceleration*) adalah perubahan kecepatan per satuan waktu percepatan berhubungan erat dengan gaya. Gaya yang menyebabkan getaran bantalan mesin atau bagian-bagian lainnya dapat ditentukan dari besarnya getaran. Satuan yang digunakan tiap karakteristik dapat dilihat pada tabel 2.1 untuk keperluan program *preventive maintenance*, kecepatan getaran adalah karakteristik yang penting diukur.

Tabel 2.1.Karakteristik dan Satuan Getar

Karakteristik Getarn	Satuan	
	Metrik	British
Perpindahan	Microns peak to peak (1µm = 0.01 mm)	Mils peak to peak (0.001)
Kecepatan	Mm/sG	In/s G
Percepatan	(Ig = 980 cm/s ²)	(Ig=5386 in/s ²)
Frekuensi	Cpm,cps,Hz	Cpm,cps,Hz

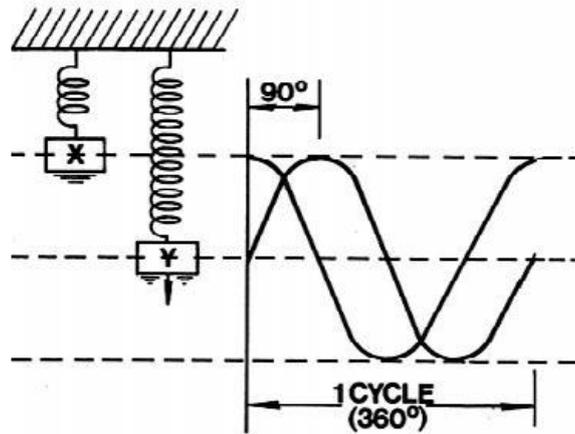
2.3.3 Phase Vibrasi

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. Pengukuran phase getaran memberikan informasi untuk menentukan bagaimanasuatu bagian bergetar relatif terhadap bagian yang lain, atau untuk menentukan posisi suatu bagian yang bergetar pada suatu saat, terhadap suatu referensi atau terhadap bagian lain yang bergetar dengan frekuensi yang sama. Beberapa contoh pengukuran phase getaran.



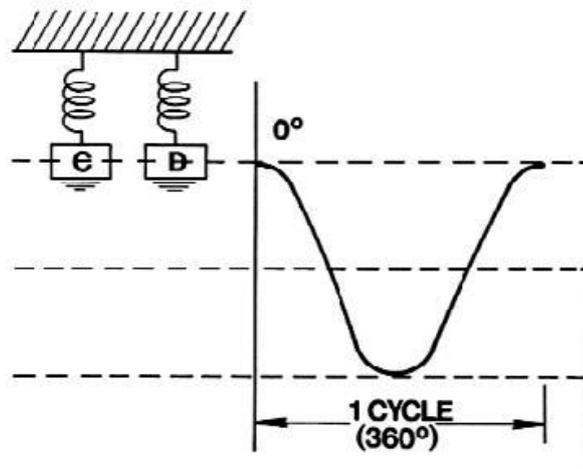
Gambar 2.8. Phase Getaran 180°

Dua bandul pada gambar diatas bergetar dengan frekuensi dan displacement yang sama, bandul A berada pada posisi batas atas dan bandul B pada waktu yang sama berada pada batas bawah. Kita dapat menggunakan phase untuk menyatakan perbandingan tersebut. Dengan memetakan gerakan kedua bandul tersebut pada satu siklus penuh, kita dapat melihat bahwa titik puncak displacement kedua bandul tersebut terpisah dengan sudut 180 (satu siklus penuh = 360). Oleh karena itu kita dapat mengatakan bahwa kedua bandul tersebut bergetar. Dengan beda phase 180 . Dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.9. Phase Getaran 90°

Pada gambar diatas bandul A berada pada posisi batas atas dan bandul B pada waktu yang sama berada pada posisi netral bergerak menuju ke batas bawah. Sehingga kita dapat mengatakan bahwa kedua bandul tersebut bergetar dengan beda phase 90°, dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.10. Phase Getaran 90°

Pada gambar diatas bandul A berada pada posisi batas atas dan bandul B pada waktu yang sama berada pada posisi netral bergerak menuju ke batas bawah. Sehingga kita dapat mengatakan bahwa kedua bandul tersebut bergetar dengan beda phase 90°.

2.4. Alat Keseimbangan Dinamik

Alat keseimbangan dinamik adalah alat ukur yang digunakan untuk menyeimbangkan perputaran bagian mesin seperti: rotor untuk motor listrik, kipas angin, turbin, rem cakram, disc drive, baling-baling dan pompa. Mesin biasanya terdiri dari dua tiang kaku, dengan suspensi dan bantalan di atas dan poros sebagai tempat dudukkan spesimen atau benda yang akan dibalancing. Spesimen yang diuji dipasangkan pada poros dan diputar dengan motor listrik baik dengan sabuk/bealting ataupun secara langsung. Pada saat poros diputar, getaran di suspensi terdeteksi dengan sensor yang digunakan untuk menentukan jumlah ketidakseimbangan yang ada pada spesimen. Dengan begitu kita dapat menentukan berapa banyak dan disudut mana yang akan ditambahkan massa penyeimbang untuk menyeimbangkan spesimen tersebut.

Beberapa hal yang dapat menyebabkan terjadinya ketidak seimbangan, yaitu:

1. Toleransi selama proses pabrikan, termasuk saat peleburan (casting), permesinan dan pemasangan.
2. Variasi yang terdapat pada material seperti cacat, perbedaan ukuran butir dan kecepatannya.
3. Ketidaksimetiran selama perancangan produk tersebut seperti perbedaan bentuk, lokasi dan sebagainya.
4. Ketidaksimetrisan sebagai akibat operasi komponen seperti distorsi, perubahan ukuran karena tegangan torsional, gaya aerodinamis dan perubahan temperatur selama operasi.
5. Eccentricity: adalah garis pusat putaran shaft tidak segaris dengan garis pusat rotor.
6. Kekeroposan (gelembung udara) dan struktur material yang tidak merata.
7. Corrosion dan keausan. Apabila equipment bekerja pada fluida yang korosif dan abrasif lama kelamaan akan terjadi pengikisan pada part yang akan menyebabkan ketidak seimbangan apabila pengikisannya tidak merata (balancing machine).

Dari semua penyebab ketidak seimbangan diatas dapat diperbaiki dengan cara menyeimbangkannya. Mesin keseimbangan dinamik merupakan suatu teknik

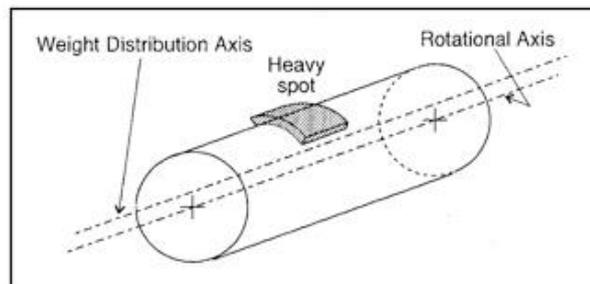
untuk mengetahui berat dan posisi ketidakseimbangan serta mengkompensasi dan distribusi massa yang menyebabkan ketidakseimbangan.

Untuk lebih jelas bagaimana untuk memperbaiki ketidakseimbangan dengan benar, kita harus mengerti beberapa istilah dalam kesimbangan. Ada beberapa jenis ketidak seimbangan yaitu :

1. Static unbalance.
2. Couple unbalance
3. Quasi static unbalance.
4. Dynamik unbalance

2.4.1. Static Unbalance

Static unbalance adalah suatu kondisi unbalance dimana sumbu principal bergeser terhadap sumbu poros. Unbalance disebut juga unbalance gaya (force unbalance) atau unbalance kinetic

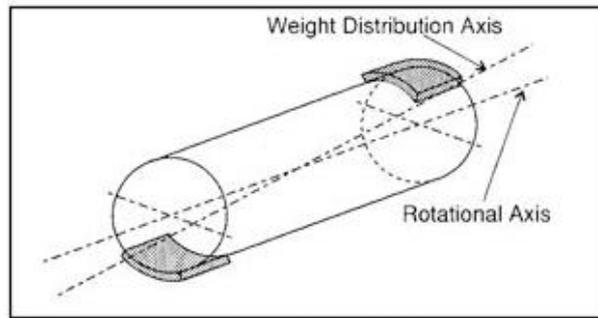


Gambar 2.11. Static Unbalance

Static unbalance dapat dideteksi dengan menggunakan knife edge. Sistem poros rotor akan berputar sedemikian rupa sehingga titik terberatnya dibawah. Cara yang lain untuk mendeteksi adalah dengan menggunakan pendulum. Massa unbalance akan terletak pada posisi paling bawah, dapat dilihat pada gambar 2.11.

2.4.2. Couple Unbalance

Couple unbalance adalah kondisi dimana principal axis memotong sumbu poros pada center gravitinya. Unbalance ini terjadi jika massa unbalance terletak pada jarak yang sama terhadap ujung poros, mempunyai berat sama tapi berlawanan arah.

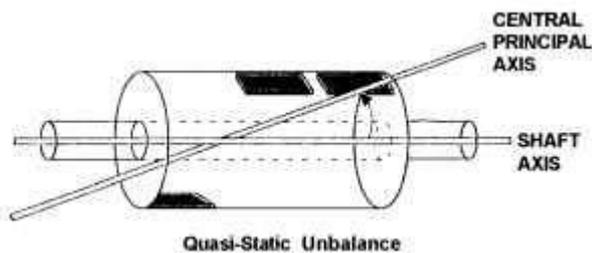


Gambar 2.12. Couple Unbalance

Couple unbalance disebut juga moment unbalance. Untuk mengetahui adanya couple unbalance dapat digunakan metode dinamik. Jika sistem poros berputar maka akan terjadi getaran berbeda fasa 180^0 pada dua bidang, dapat dilihat pada gambar 2.12.

2.4.3. Quasi Static Unbalance

Sangat jarang suatu sistem poros rotor mempunyai tipe unbalance static atau couple murni. Normalnya kondisi yang terjadi adalah campuran antara keduanya. Sumbu poros dan sumbu principal masing-masing berpotongan tetapi bukan pada center gravity. Kondisi ini disebut quasi static unbalance.

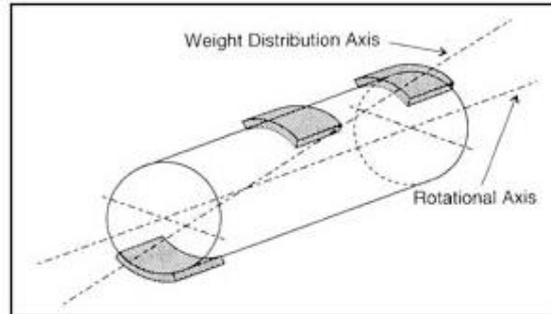


Gambar 2.13. Quasi Statik Unbalance

Quasi static unbalance akan terlihat mempunyai getaran yang berbeda besarnya dan berlawanan arah pada dua bidang, dapat dilihat pada gambar 2.13.

2.4.4. Dynamic Unbalance

Dynamic unbalance sangat sering terjadi. Kondisi ini terjadi jika sumbu principal dan sumbu poros tidak berpotongan dan tidak parallel. Unbalance jenis ini mempunyai getaran yang besar dan fasa berbeda tetapi bukan 180° , dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Dynamic Unbalance

2.5. 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 pada struktur rangka mesin
- 4) Mengurangi kelelahan dan stres 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.

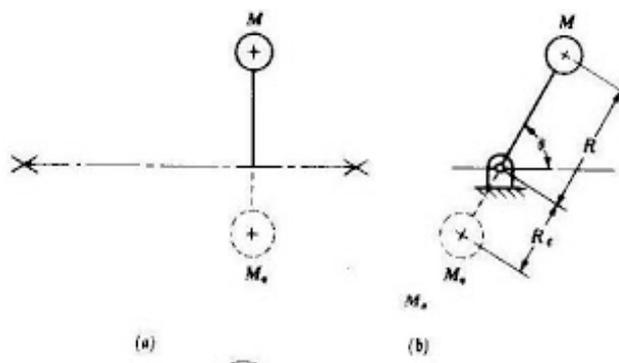
2.5.1. Membuat Seimbang Massa – Massa Yang Berputar

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.

2.5.2. Massa Berputar Tunggal

Untuk melukiskan prinsip-prinsip yang terlibat, kita mulai dengan memperhatikan Gambar 2.15



Gambar 2.15. 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:

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

$$\text{Atau } M_e R_e = MR$$

Jika harga dari R_e dipilih secara sembarang, maka harga M_e dapat ditentukan dengan persamaan. 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 ,

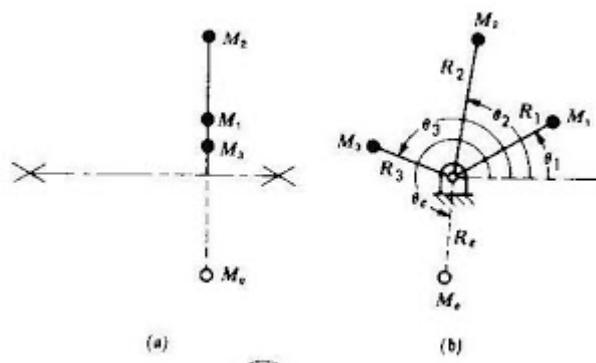
$$MR\omega^2 - M_e R_e \omega^2 = 0$$

$$M_e R_e = MR$$

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

2.5.3. Beberapa Massa Berputar Dalam Bidang Melintang Yang Sama

Dalam Gambar 2.16 dibawah ini M_1 , M_2 dan M_3 adalah massa terpusat semuanya terletak dalam bidang putaran yang sama.



Gambar 2.16. 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

$$\Sigma M g R \cos \Theta + M_e g R_e \cos \Theta_e = 0$$

$$\Sigma M R \cos \Theta + M_e R_e \cos \Theta_e = 0$$

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

1. Horizontalnya harus = 0, jadi

$$\Sigma M R \omega^2 \cos \Theta + M_e R_e \omega^2 \cos \Theta_e = 0$$

2. Vertikalnya harus sama dengan nol, jadi

$$\Sigma M R \omega^2 \sin \Theta + M_e R_e \omega^2 \sin \Theta_e = 0$$

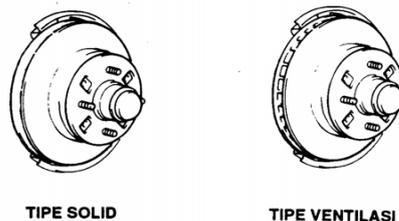
Jika kita bagi persamaan (4) dan (5) dengan ω^2 , kita peroleh :

$$\Sigma M R \cos \Theta + M_e R_e \cos \Theta_e = 0$$

$$\Sigma M R \sin \Theta + M_e R_e \sin \Theta_e = 0$$

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 dilihat pada gambar 2.17.

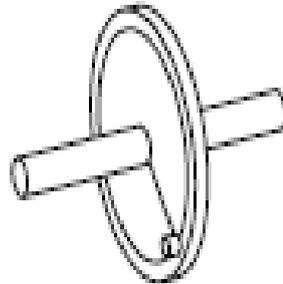


Gambar 2.17. Type Piringan

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 dapat dilihat pada gambar 2.18.



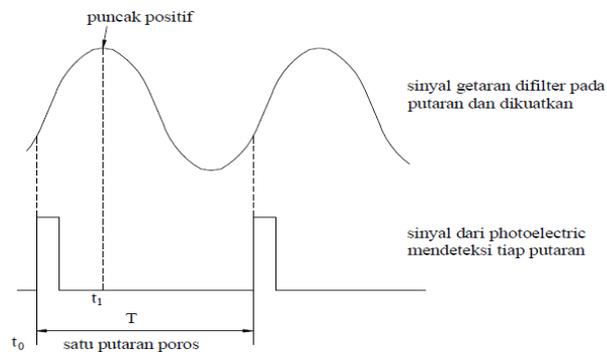
Gambar 2.18. Eksentrisitas.

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 $m e \omega^2$ (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 *momentunbalance*. 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 konfigurasinya tergantung pada metode yang dipakai untuk mengetahui *unbalance* suatu sistem rotari.

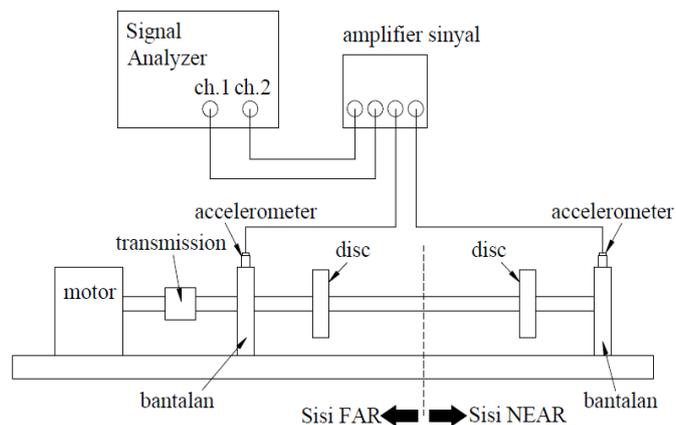
Pada penelitian ini digunakan metode vektor dimana sinyal yang dihasilkan *proximity sensor* berupa sinyal pemicu (*trigger*), sehingga untuk pengukuran beda fasa dilakukan dengan metode *trigger-sensor*. Dalam metode ini sudut fasa

ditentukan positif jika berlawanan dengan arah putaran poros atau sudut adalah negatif jika searah dengan arah putaran poros, dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19. Metode Perhitungan Sudut Fasa Dari Sinyal Getaran Dan *Trrigger*.

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 2.20. Skematik *Two-Plane Balancing*

Apabila pengukuran beda fasa dapat dilakukan, maka selanjutnya dilakukan *balancing* menggunakan metode vektor dengan fasa. *Balancing* dilakukan untuk

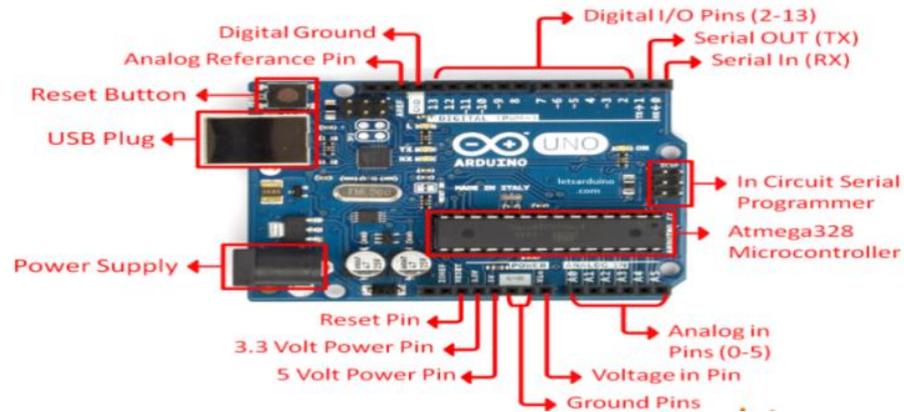
two-plane balancing seperti pada gambar 2.20. Secara garis besar prosedur *two-plane balancing* untuk sistem poros-piringan adalah sebagai berikut :

- 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 N2 dan F2. Kedua vektor ini mempunyai arah yang berbeda dari vektor N dan F, karena beda fasa yang ditimbulkan juga berbeda. Vektor N2 dan F2 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 2.21. *Arduino UNO*

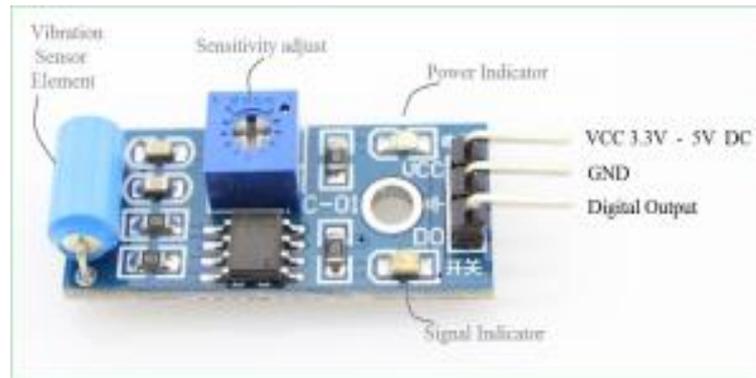
Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang *microcontroller*, mudah menghubungkan ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya dapat dilihat pada gambar 2.21.

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 dapat dilihat pada gambar 2.22.



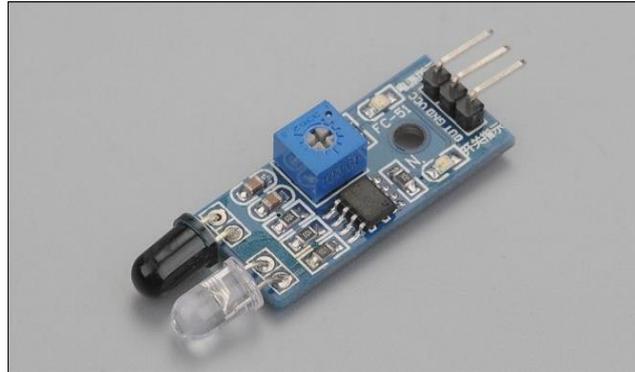
Gambar 2.22. *Vibration Sensor SW-420*

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, dsb.

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 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 dapat dilihat pada gambar 2.23.



Gambar 2.23. Sensor Proximity

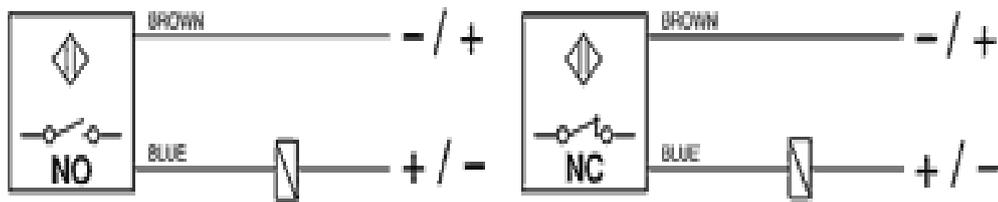
Proximity Switch ini mempunyai tegangan kerja antara 10-30 Vdc dan ada juga yang menggunakan tegangan 100-200VAC.

Hampir di setiap 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 perbaikan pergantian. Proximity Sensor terbagi dua macam, yaitu:

- Proximity Inductive
- Proximity Capacitive

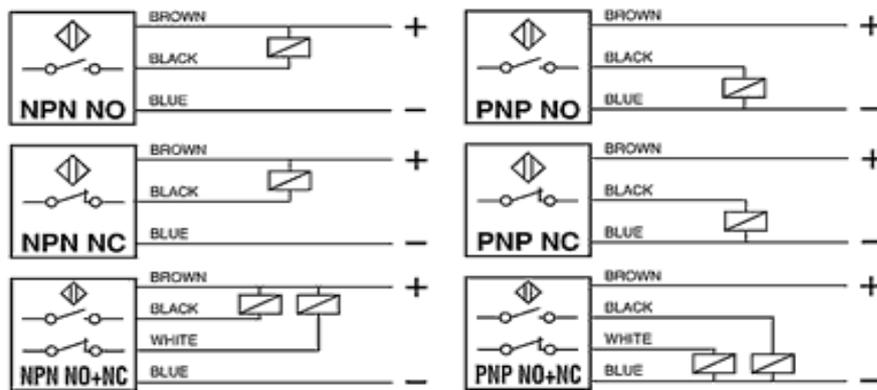
Proximity Inductive berfungsi untuk mendeteksi obyek besi/metal, Meskipun terhalang oleh benda non-metal, sensor akan tetap dapat mendeteksi selama dalam jarak (nilai) normal sensing atau jangkauannya. Jika sensor mendeteksi adanya besi di area sensingnya, maka kondisi output sensor akan berubah nilainya. 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 hidupan suatu sistem interlock dengan bantuan peralatan semi digital untuk sistem kerja berurutan dalam rangkaian kontrol. Dan bisa diklarifikasikan 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 2.24. Output 2 kabel VDC

b. Output 3 dan 4 kabel VDC



Gambar 2.25. Output 3 dan 4 kabel VDC

c. Output 2 kabel VAC



Gambar 2.26. Output 2 kabel VAC

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

3. 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 dapat dilihat pada gambar 2.27.



Gambar 2.27. Inverter

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Fenomena Dasar Mesin Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.1.2. Waktu

Penelitian ini dilaksanakan sejak disetujuinya judul tugas akhir ini pada bulan September 2019 – Maret 2020 dapat dilihat pada tabel 3.1 :

Tabel 3.1: Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Sept	Okto	Nov	Des	Jan	Feb	Mar
1	Study literature	■						
2	Desain mesin balancing		■					
3	Pembuatan alat mesin balancing			■	■			
4	Pengujian spesimen				■	■		
5	Evaluasi data penelitian					■	■	
5	Seminar hasil /sidang						■	■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

1. Piringan Tunggal

Piringan tunggal digunakan sebagai alat uji spesimen yang akan diuji , dimana piringan ini akan diputar bersamaan dengan poros dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1. Piringan Tunggal

Dengan spesifikasi :

Bahan besi baja

Ketebalan besi baja : 6 mm

Diameter keseluruhan : 85 mm

Diameter tengah : 25 mm

Diameter jari-jari massa : 11 mm

2. Poros

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

Dengan spesifikasi :

Bahan poros menggunakan besi baja

Panjang poros : 1,5 m

Diameter poros : 25 mm



Gambar 3.2. Poros

3. Baut (Massa)

Baut digunakan sebagai massa pada variasi jari-jari piringan yang akan diuji pada alat keseimbangan dinamik dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3. Baut (Massa)

3.3.2 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 dapat dilihat 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 dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5. Motor Listrik AC

Spesifikasi :

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

3. Panel listrik/box panel

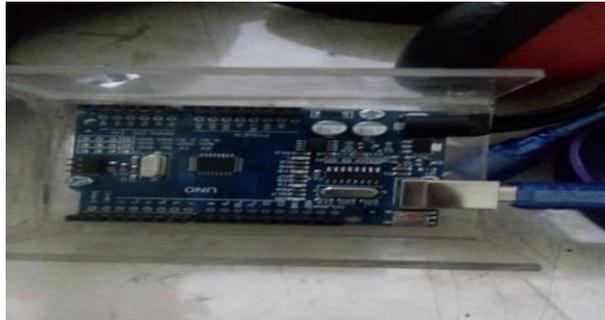
Panel listrik digunakan sebagai tempat dudukan konektor, inverter, dan switch on/off. Selain itu juga berguna untuk melindungi panel listrik dari kerusakan baik disengaja atau pun tidak disengaja dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Panel Listrik

4. Arduino UNO

Arduino UNO digunakan sebagai *microconteller* pembaca sensor getaran, sensor kecepatan (rpm) dan sensor proxymiti motor ac yang terhubung dengan komputer. Hasil pencatatan data berupa data sheet dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3.7. Arduino UNO

5. Sensor Getaran

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



Gambar 3.8. Sensor Getaran

6. Sensor Proximity

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 jangkauan dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Sensor Proximity

7. Laptop

Laptop digunakan untuk menampilkan data sheet yang dideteksi oleh program *arduino UNO* pada saat pengujian spesimen yang diuji dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. Laptop

8. Waterpass

Waterpass digunakan untuk mengukur atau menentukan spesimen/poros dalam posisi rata baik pengukuran secara vertikal ataupun horizontal dapat dilihat pada gambar 3.11



Gambar 3.11. Waterpas

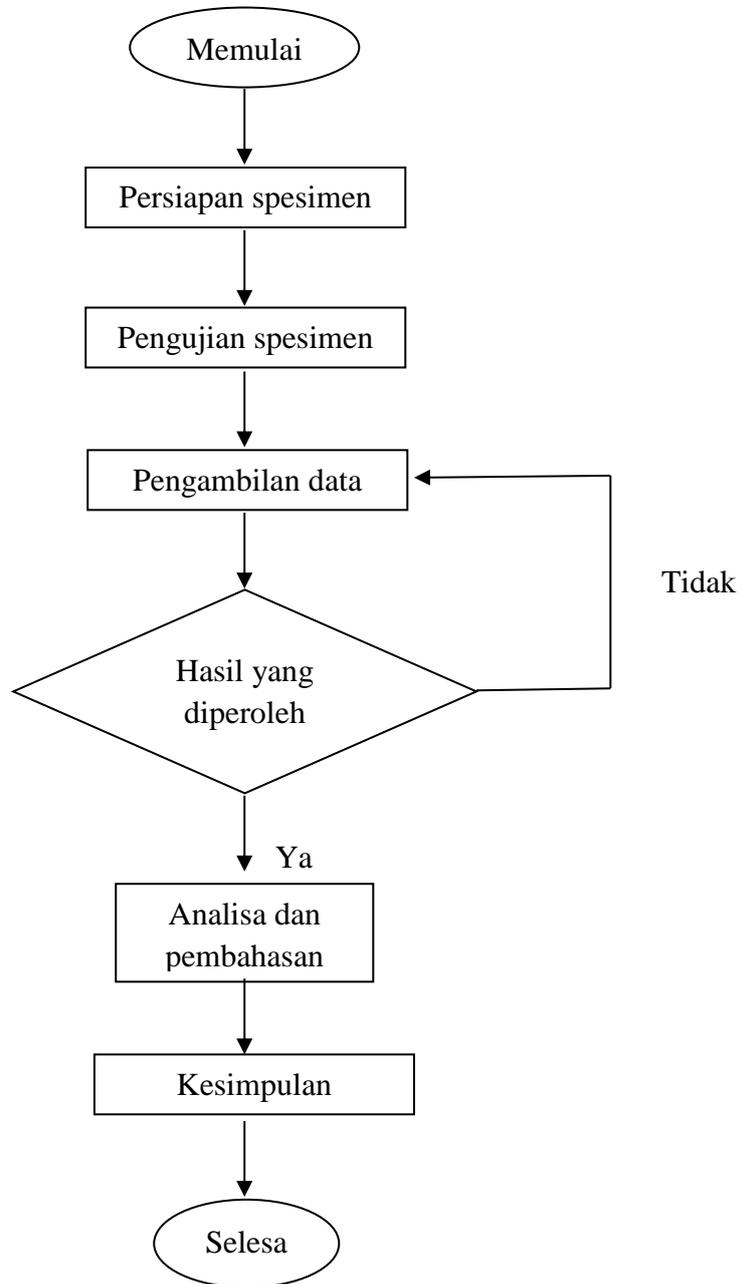
9. Inverter

Inverter digunakan sebagai alat yang mengatur kecepatan dan dapat diatur frekuensi kecepatannya dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12. Inverter

3.3. Diagram Alir



Gambar 3.13. Diagram Alir Penelitian

3.4. Prosedur Pengujian

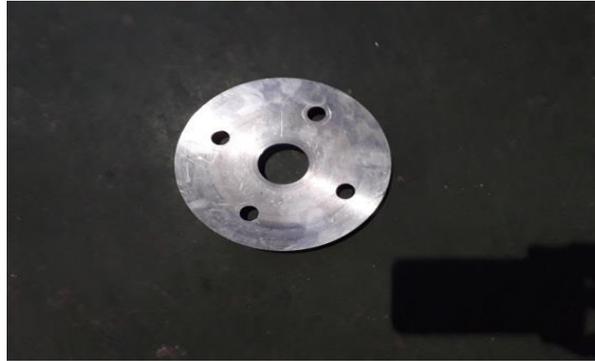
Adapun prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan spesimen yang akan diuji
2. Memasang spesimen pada poros
3. Menaikan poros yang sudah ada spesimennya ke mesin balancing
4. Mengkoneksikan semua sensor/alat ukur yang terprogram dalam *Arduino Uno* ke laptop, dan buka software penunjuk alat ukur tersebut.
5. Hidupkan mesin *balancing*, pengambilan data saat mesin *balancing* hidup dan menyimpan data yang telah direkam oleh *Arduino Uno* sebagai data pengujian
6. Mengevaluasi hasil penelitian getaran piringan tunggal 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 Prosedur Pengujian

1. Mempersiapkan spesimen yang akan diuji dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Spesimen Yang Akan Diuji

2. Memasang spesimen pada poros dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Memasang Spesimen Pada Poros

3. Menaikan poros yang sudah ada spesimennya ke mesin balancing dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3. Spesimen Yang Sudah Terpasang Pada Mesin
Balancing

4. Mengkoneksikan semua mesin dan sensor/alat ukur yang terprogram dalam *Arduino Uno* ke laptop, dan buka software penunjuk alat ukur dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Mengkoneksikan Alat Uji

5. Hidupkan mesin *balancing*, pengambilan data saat mesin *balancing* hidup dan menyimpan data yang telah direkam oleh *Arduino Uno* sebagai data pengujian dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Hidupkan Mesin *balancing*, Pengambilan Data

6. Mengevaluasi hasil penelitian getaran piringan tunggal yang berputar dengan melihat getaran yang terjadi pada mesin *balancing*. Getaran tersebut akan direkam oleh sensor dan hasilnya dicatat sebagai data pengujian untuk dijadikan grafik.

4.2 Data Hasil Pengujian

Setelah melakukan proses pengambilan data pengujian spesimen piringan tunggal yang dilakukan dengan pencatatan data dari mesin *balancing*. Maka hasil dari pengujian dibagi menjadi 4, adalah sebagai berikut :

1. Perbandingan getaran dengan waktu pengujian getaran akibat pemberian massa pada putaran 20 Rpm dengan variasi 1 jari-jari.
2. Perbandingan getaran dengan waktu pengujian getaran akibat pemberian massa pada putaran 30 Rpm dengan variasi 2 jari-jari.
3. Perbandingan getaran dengan waktu pengujian getaran akibat pemberian massa pada putaran 40 Rpm dengan variasi 3 jari-jari.
4. Perbandingan getaran dengan waktu pengujian getaran akibat pemberian massa pada putaran 50 Rpm dengan variasi 4 jari-jari.

Data hasil studi eksperimen dari pemberian massa pada variasi jari-jari dapat dilihat perbedaannya dari putaran 20 Rpm, 30 Rpm, 40 Rpm, dan 50 Rpm.

Kondisi ini 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*.

4.2.1. Perbandingan Getaran Dengan Waktu Pengujian Getaran Akibat Pemberian Massa Putaran 20 Rpm Dengan Variasi 1 Jari- Jari.

Gambar 4.6 Spesimen variasi 1 jari-jari dan Data pengujian getaran piringan tunggal pada massa 1 jari-jari dengan frekuensi putaran 20 Rpm dapat dilihat pada table 4.1 dengan hasil sebagai berikut :

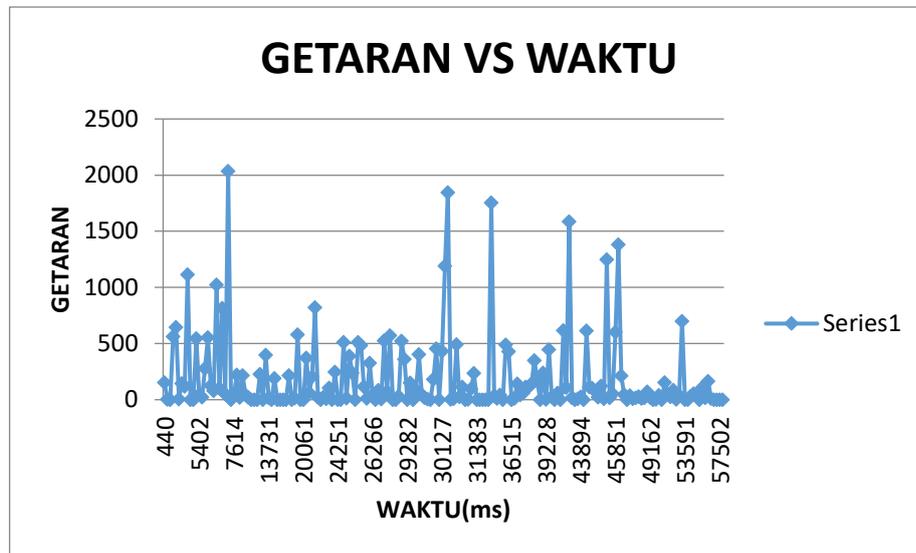


Gambar 4.6 Spesimen Dengan Variasi 1 Jari-Jari

Table 4.1. Data pengujian getaran dengan waktu dengan putaran 20 Rpm variasi 1 jari-jari.

N0	Putaran (Rpm)	Waktu (s)	Getaran (Hz)
1	0.00	440	155
2	0.00	1052	2
3	0.00	1744	0
4	0.00	2006	564
5	0.00	2019	646
6	0.00	2066	7
7	1.00	2500	144
8	0.00	3017	120
9	0.00	3415	1116
10	0.00	4107	0
11	0.00	4799	0
12	0.00	4921	546
13	0.00	5402	47
14	0.00	5552	24
15	0.00	5691	278
16	1.00	5807	55
17	0.00	5939	126
18	0.00	6060	79
19	0.00	6093	1024
20	0.00	6175	103
21	1.00	6189	817
22	0.00	6516	50
23	0.00	6642	2037
24	0.00	7335	0
25	0.00	7614	47
26	0.00	8050	223
27	0.00	8415	19
28	0.00	9074	216
29	0.00	9608	44
30	0.00	9975	19

Dari data hasil pengujian diatas pada table 4.1 maka diperoleh grafik. Dapat dilihat pada gambar 4.7 :



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Getaran Dengan Waktu

Grafik diatas menjelaskan perbandingan getaran dengan waktu pada proses mesin balancing, setelah di lakukan pengujian Getaran akibat pemberian massa putaran 20 Rpm dengan variasi 1 jari- jari, maka didapat hasil getaran tertinggi berada pada 2000 m/s^2 dengan waktu 4921 ms .

4.2.2. Perbandingan Getaran Dengan Waktu Pengujian Getaran Akibat Pemberian Massa Putaran 30 Rpm Dengan Variasi 2 Jari- Jari.

Gambar 4.8 Spesimen variasi 2 jari-jari dan Data pengujian getaran piringan tunggal pada massa 2 jari-jari dengan frekuensi putaran 30 Rpm dapat dilihat pada table 4.2 dengan hasil sebagai berikut :

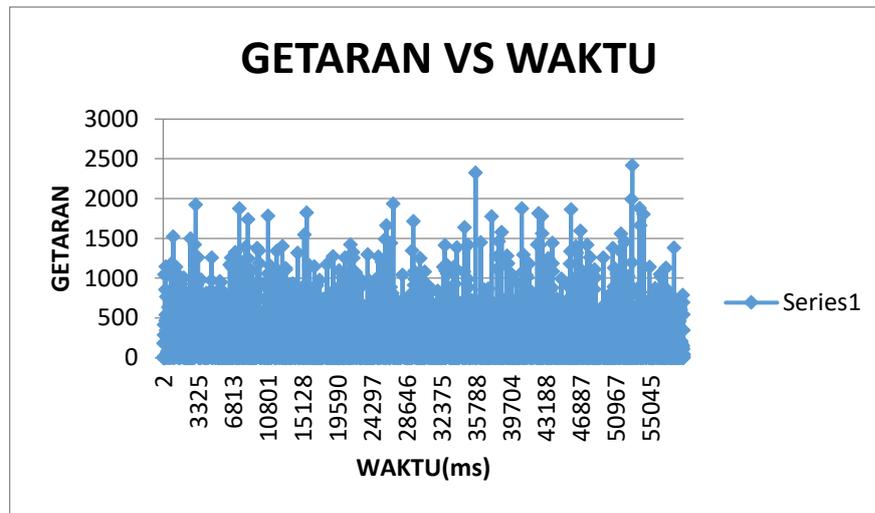


Gambar 4.8 Spesimen Dengan Variasi 2 Jari-Jari

Table 4.2. Data pengujian getaran dengan waktu dengan putaran 30 Rpm variasi 2 jari-jari.

No	Putaran (Rpm)	Getaran (Hz)	Waktu (s)
1	0.00	0	2
2	0.00	185	8
3	0.00	2	8
4	1.00	17	18
5	0.00	0	74
6	0.00	0	80
7	0.00	418	125
8	0.00	286	128
9	0.00	289	133
10	0.00	1046	136
11	0.00	0	161
12	0.00	0	194
13	0.00	4	197
14	0.00	424	211
15	0.00	19	247
16	1.00	856	273
17	1.00	0	274
18	0.00	540	280
19	0.00	1148	285
20	0.00	468	310
21	0.00	419	312
22	0.00	345	320
23	0.00	769	331
24	0.00	159	351
25	0.00	31	371
26	0.00	45	375
27	0.00	50	397
28	1.00	49	404
29	0.00	410	442
30	0.00	85	463

Dari data hasil pengujian diatas pada table 4.2 maka diperoleh grafik. Dapat dilihat pada gambar 4.9 :



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Getaran Dengan Waktu

Grafik diatas menjelaskan perbandingan getaran dengan waktu pada proses mesin balancing, setelah di lakukan pengujian Getaran akibat pemberian massa putaran 30 Rpm dengan variasi 2 jari- jari, maka didapat hasil getaran tertinggi berada pada 2500 m/s^2 dengan waktu 52092 ms .

4.2.3. Perbandingan Getaran Dengan Waktu Pengujian Getaran Akibat Pemberian Massa Putaran 40 Rpm Dengan Variasi 3 Jari- Jari.

Gambar 4.10 Spesimen variasi 3 jari-jari dan Data pengujian getaran piringan tunggal pada massa 3 jari-jari dengan frekuensi putaran 40 Rpm dapat dilihat pada table 4.3 dengan hasil sebagai berikut :

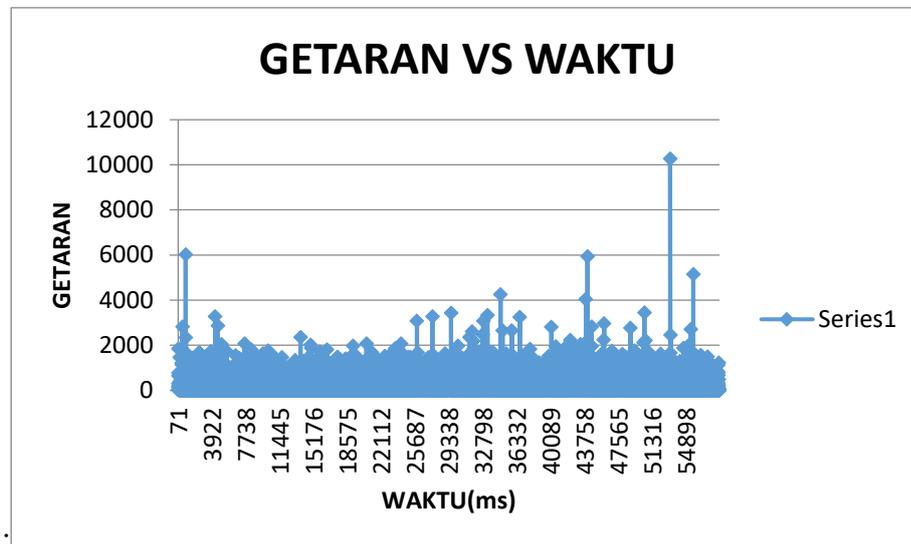


Gambar 4.10 Spesimen Dengan Variasi 3 Jari-Jari

Table 4.3. Data pengujian getaran dengan waktu dengan putaran 30 Rpm variasi 3 jari-jari.

N0	Putaran (Rpm)	Getaran (Hz)	Waktu (s)
1	0.00	21	71
2	0.00	650	87
3	0.00	1847	90
4	0.00	311	113
5	0.00	778	115
6	0.00	134	116
7	0.00	229	120
8	0.00	129	121
9	0.00	215	132
10	0.00	179	184
11	0.00	220	186
12	0.00	70	187
13	0.00	48	189
14	0.00	76	210
15	0.00	183	212
16	0.00	211	214
17	0.00	324	229
18	0.00	317	232
19	0.00	170	234
20	0.00	0	266
21	0.00	252	327
22	0.00	131	329
23	0.00	399	331
24	0.00	1464	334
25	0.00	0	337
26	0.00	249	349
27	0.00	11	354
28	0.00	232	355
29	1.00	323	359
30	0.00	26	368

Dari data hasil pengujian diatas pada table 4.3 maka diperoleh grafik. Dapat dilihat pada gambar 4.11 :



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Getaran Dengan Waktu

Grafik diatas menjelaskan perbandingan getaran dengan waktu pada proses mesin balancing, setelah di lakukan pengujian Getaran akibat pemberian massa putaran 40 Rpm dengan variasi 3 jari- jari, maka didapat hasil getaran tertinggi berada pada 10000 m/s^2 dengan waktu 52150 ms .

4.2.4 Perbandingan Getaran Dengan Waktu Pengujian Getaran Akibat Pemberian Massa Putaran 50 Rpm Dengan Variasi 4 Jari- Jari.

Gambar 4.12 Spesimen variasi 3 jari-jari dan Data pengujian getaran piringan tunggal pada massa 4 jari-jari dengan frekuensi putaran 50 Rpm dapat dilihat pada table 4.4 dengan hasil sebagai berikut :

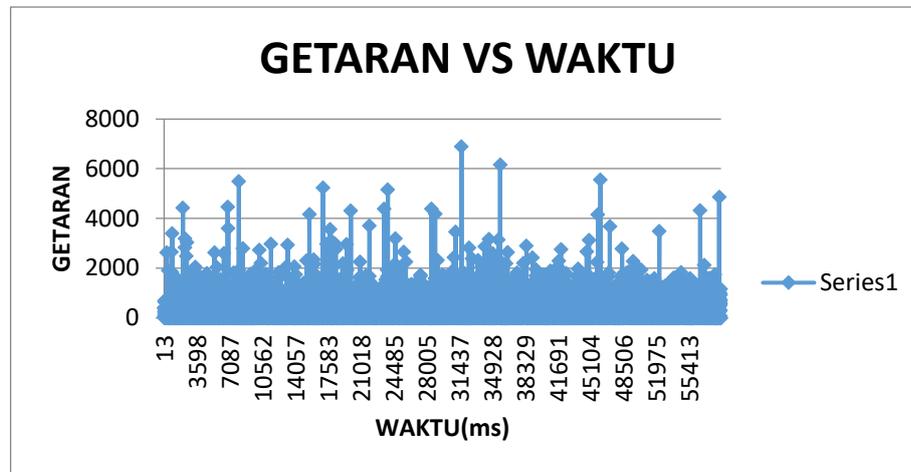


Gambar 4.12 Spesimen Dan Variasi 4 Jari-Jari

Table 4.4. Data pengujian getaran dengan waktu dengan putaran 50 Rpm variasi 4 jari-jari.

NO	Putaran (Rpm)	Getaran (Hz)	Waktu (s)
1	0.00	35	13
2	0.00	398	34
3	0.00	677	35
4	0.00	2	40
5	0.00	399	41
6	0.00	271	43
7	0.00	70	60
8	1.00	142	64
9	1.00	426	66
10	1.00	195	67
11	0.00	214	72
12	0.00	0	88
13	0.00	662	89
14	0.00	446	91
15	0.00	27	91
16	0.00	48	97
17	0.00	27	103
18	0.00	9	108
19	0.00	159	114
20	0.00	628	120
21	0.00	722	126
22	0.00	214	133
23	1.00	250	141
24	1.00	281	144
25	0.00	58	152
26	0.00	103	165
27	0.00	10	169
28	0.00	29	173
29	0.00	3	204
30	0.00	17	214

Dari data hasil pengujian diatas pada table 4.3 maka diperoleh grafik. Dapat dilihat pada gambar 4.13



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Getaran Dengan Waktu

Grafik diatas menjelaskan perbandingan getaran dengan waktu pada proses mesin balancing, setelah di lakukan pengujian Getaran akibat pemberian massa putaran 50 Rpm dengan variasi 4 jari- jari, maka didapat hasil getaran tertinggi berada pada 7000 m/s^2 dengan waktu 32993 ms .

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik getaran pada piringan tunggal akibat pemberian massa pada variasi jari jari piringan tunggal dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar perbandingan karakter getaran dengan waktu yang diberikan pada karakter getaran piringan tunggal akibat pemberian massa pada variasi jari jari menghasilkan data nilai tertinggi pada putaran 40 Rpm dengan 3 variasi massa jari-jari menghasilkan karakter getaran 10000 m/s^2 dengan waktu 52150 ms.
2. Semakin besar beban jari jari pada piringan tunggal, maka semakin kecil karakter getaran akibat pemberian massa pada piringan tunggal dengan variasi 4 jari jari yang menghasilkan karakter getaran 7000 m/s^2 dengan waktu 32993 ms
3. Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa yang mengakibatkan besarnya getaran adalah variasi dari macam jari jari yang di berikan massa ke piringan tunggal dan dapat di jelaskan antara pembebanan antara 3 variasi jari jari dan 4 varisai jari jari, bahwa semakin sedikit beban massa pada piringan tunggal, maka semakin besar pula getaran yang didapat.

5.2 Saran

Pada kesempatan kali ini adapun beberapa saran penulis harapkan adalah sebagai berikut :

1. Semoga dalam pengujian selanjutnya dapat memperbanyaknya jumlah variasi jari jari pada piringan tunggal
2. Bagi mahasiswa yang ingin melanjutkan pengujian ini agar dapat memperhatikan kondisi mesin balancing

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>], diakses 1 jauari 2018.
- Arduino Uno*, [Online : ilearning.mc/sample.page.162/arduino/pengertian-arduino.uno], diakses 20 februari 2018.
- Bambang Daryanto Wonoyudo, 2014. “Karakteristik Getaran dan Efisiensi Kompresor Torak Akibat Perubahan Profil pada Valve Seat Sisi Discharge” digilib.its.acs.ac.id/public/ITS-master-13680/resentation-1395492.pdf diakses pada tanggal 8 januari 2018.
- Dwi Rahmanto, 2007, “Pengaruh Variasi Putaran Terhadap Efektivitas *Balancing* Poros Fleksible Pada Poros *Two-plane Balancing*”, <https://eprint.uns.ac.id>, diakses 8 jauari 2018.
- Georgeo H. Martin, 1994. Kinemetika dan Dinamika Teknik, Diterjemahkanoleh: Ir. Setiyobakti. Jakarta: Erlangga.
- Joko susilo 2010 , efektifitas variasi putaran dari proses balancing terhadap putaran kerja poros [online :http://docplayer.info/32297557-Abstract_id.pdf diakses pada tanggal 25 februari 2018]
- Macam-macam mesin balancing, [online : [ghttps://machinebalancing .blogspot co.id/2014/10/pengertian-balancing-machine.html](https://machinebalancing.blogspot.co.id/2014/10/pengertian-balancing-machine.html) diakses pada tanggal 5 jauari 2018.]
- Prof. Dr.-Ing. Ir. SUHARDJONO, MSc. (2010), Model Pembelajaran Proses Penyeimbang Dinamik dan Pembuatan Prototipe Mesin Penyeimbang Dinamik Roda Mobil Berbasis Komputer, [Online : http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Research-12287-131805374-Abstract_id.pdf diakses pada tanggal 3 maret 2018]
- Ramses Y. Hutahaean, (2010). Mekanisme dan Dinamika Mesin, Yoyakarta: Penerbit Andi.
- Tim Getaran mekanis, 2002, panduan praktikum fenomena dasar mesin, sub getaran mekanis, modul III balancing empat putaran (four-run balancing), Jurusan teknik Unversitas sebelas maret, surakarta