

TUGAS SARJANA
KONTRUKSI DAN MANUFAKTUR
STUDI KARAKTERISTIK PADA RADIAL BEARING
Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun oleh :

NAMA : M.IQBAL AZHARI

NPM : 1207230245



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017

LEMBAR PENGESAHAN - I
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
STUDI KARAKTERISTIK PADA RADIAL BEARING

Disusun Oleh :

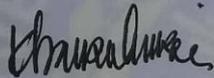
M.IQBAL AZHARI

1207230245

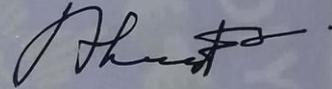
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

Pembimbing – II



(Khairul Umurani,S.T.,M.T)



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

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017

LEMBAR PENGESAHAN - II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
STUDI KARAKTERISTIK PADA RADIAL BEARING

Disusun Oleh :

M.IQBAL AZHARI
1207230245

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 11 Desember 2017

Disetujui Oleh :

Pembanding – I

(Rahmatullah, S.T.,M.Sc)

Pembanding – II

(H.Muharnif, S.T.,M.Sc)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Dia menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR SPESIPIKASI
TUGAS SARJANA

Nama Mahasiswa : M.IQBAL AZHARI

NPM : 1207230245

Semester : XI (Sebelas)

SPESIPIKASI :

STUDI KARAKTERISTIK PADA RADIAL BEARING

Diberikan Tanggal : 5 April 2017

Selesai Tanggal : 23 Oktober 2017

Asistensi : 1 Minggu sekali

Tempat Asistensi : Kampus Umsu

Medan, 23 oktober 2017

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

Dosen Pembimbing – I



(Afandi, S.T)

(Khairul Umurani, S.T., M.T)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

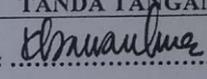
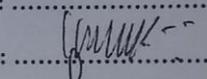
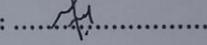
DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

NAMA : M.Iqbal Azhari PEMBIMBING – I : KHAIRUL UMURANI, S.T.,M.T.
NPM : 1207230245 PEMBIMBING – II : AHMAD MARABDI SRG,S.T.,M.T.

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	15-04-2017.	Pemberian Sertifikasi Jury	ke
	6-05-2017.	Perbaiki Metode.	ke
	27-05-2017.	Perbaiki Labor plamang.	ke
	0-06-2017.	Perbaiki tinfanan pustaka	ke
	0-06-2017.	lanjut ke pembung II	ke
	13-10-2017.	Perbaiki & Lanjutkan	ke
		- Ace, Summer	ke

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2017 – 2018**

Peserta Seminar
 Nama : M.Iqbal Azhari
 NPM : 1207230245
 Judul Tugas Akhir : Studi Karakteristik Pada Radial Bearing.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II	: Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	:
Pemanding – I	: Rahmatullah.S.T.M.Sc	: 
Pemanding – II	: H.Muharnif.S.T.M.Sc	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1207230106	SATRIO	
2	1207230225	JARDIN HABIB POTAN	
3	1207230179	SATRIA BRIRIYANTO	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 21 Rab.Awal 1439 H
11 Desember 2017 M

Ketua Prodi. T Mesin


Affandi.S.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : M.Iqbal Azhari
NPM : 1207230245
Judul T.Akhir : Studi Karakteristik Pada Radial Bearing

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pemanding - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

..... Perbaiki Bab 2, 3, 4 dan lain-lain sesuai Praker
..... pada kmpsi.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

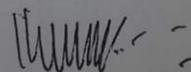
.....
.....
.....

Medan 21 Rab.Awal 1439H
11 Desember 2017 M

Diketahui :
Ketua-Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T

Dosen Pemanding- I



Rahmatullah.S.T.M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : M.Iqbal Azhari
NPM : 1207230245
Judul T.Akhir : Studi Karakteristik Pada Radial Bearing

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
Lihat buku skripsi
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 21 Rab.Awal 1439H
11 Desember 2017 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T

Dosen Pembanding- II


H.Muharnif.S.T.M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M.Iqbal Azhari
Tempat/Tgl Lahir : Medan, 09 Agustus 1994
NPM : 1207230245
Bidang Keahlian : Konstruksi Dan Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul :

STUDI KARAKTERISTIK PADA RADIAL BEARING

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk 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, Januari 2018
Saya yang menyatakan,



M.IQBAL AZHARI

ABSTRAK

Bearing memiliki peran yang sangat penting pada mesin, kerusakan bearing dapat menyebabkan terhentinya proses produksi dan menimbulkan kerugian yang besar, terutama bila analisa sinyal getaran, baik simpangan, kecepatan, maupun percepatan sering digunakan untuk mendeteksi kerusakan *bearing*, dengan sinyal getaran tersebut dapat diamati dan diketahui perilaku getaran yang terjadi. Tidak ada bearing yang sempurna seimbang (*balanced*) dan ada selalu ada massa tidak seimbang (*unbalanced*) pada bearing. Hal ini dapat terjadi karena sebagai sebab misalnya bahan yang tidak homogen saat proses produksi, dan desain yang tak simetris. Apa bila keadaan unbalance pada bearing tidak dideteksi pada tahap permulaan akan mengakibatkan kerusakan struktur, hilangnya energi, dan berkurangnya umur pemakaian. Dari masalah inilah penelitian tentang balancing pada bearing bagus dan bearing fault (rusak) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik sinyal getaran setelah proses balancing. Penelitian ini menggunakan seperangkat alat keseimbangan dinamik.

Kata Kunci: *Bearing, unbalanced, balancing, sinyal getaran*

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus – menerus hadir dan atas kerja keras penulis, serta banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, Ayahanda Azhari dan Ibunda Yurnelis dimana cinta yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta memberikan semangat dan do'a yang tulus, ikhlas, dengan penuh kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Rahmatullah, S.T.,M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak H.Muharnif, S.T.,M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar,S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Dr.Ade Faisal,S.T.,M.Sc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Affandi, S.T, selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Bapak Chandra A Siregar,S.T.,M.T selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Seluruh Dosen di Program Studi Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan selama di bangku kuliah.
12. Abangda Irwansyah Putra, S.T dan abangda Arya Rudi, S.T., selaku pengurus Lab Teknik Mesin.
13. Abdul Gani dan M.Ridho selaku *toolman lab*.
14. Teman satu perjuangan Wismo, Jardin Habib Pohan, Ilham Pratama Siregar, Rizky Perdana Ibrahim, Wahyuda Kurniadi, Satrio, Abdul, Nanda Noer Rizki.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.
Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Januari 2018
Penulis

M.IQBAL AZHARI
1207230245

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I	i
LEMBAR PENGESAHAN II	ii
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR SIMBOL	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Alat keseimbangan dinamik	6
2.2 Jenis-Jenis Alat Keseimbangan Dinamik	7
2.2.1. Gravity Balancing Machines	7
2.2.2. Centrifugal Balancing Machines	8
2.3. Metode Balancing	8
2.3.1. Two-Plane balancing	10
2.4. Getaran	13
2.5. Karakteristik Getaran	16
2.6. Membuat Seimbang Massa-Massa yang berputar	18
2.6.1. Massa Berputar Tunggal	18
2.7. Bearing	20
2.7.1. Prinsip kerja Bantalan/Bearing	21
2.7.2. Klasifikasi dan kriteria pemilihan bantalan	21
2.8. Microconteler	25
2.9. Sensor Kecepatan	26
2.10.Sensor Getaran	28
2.11.Inverter	
BAB 3. METODE PENELITIAN	30
3.1 Tempat dan Waktu	30
3.1.1 Tempat	30
3.1.2 Waktu Penelitian	30
3.2. Bahan dan Alat	31
3.2.1. Bahan	32
3.2.2. Alat	31
3.3. Diagram Alir	38
3.4. Set Up Alat Keseimbangan Dinamik	39
3.5. Prosedur Pengujian	40
BAB 4.HASIL DAN PEMBAHASAN	

4.1. Data Hasil Pengujian	42
BAB 5.KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Jenis gravity balancing machines	7
Gambar 2.2. Jenis gravity centrifugal balancing machines	8
Gambar 2.3. Eksentrisitas	8
Gambar 2.4. Metode perhitungan sudut fasa dari getaran	11
Gambar 2.5. Skematik two-plane balancing	12
Gambar 2.6. Karakteristik Getaran	16
Gambar 2.7. Massa Berputar Tunggal	19
Gambar 2.8. Arah beban pada bantalan	22
Gambar 2.9. Kontruksi bantalan luncur dan bantalan gelinding	23
Gambar 2.10. <i>Arduino UNO</i>	25
Gambar 2.11. <i>Import Groove coupler</i>	26
Gambar 2.12. Sensor Getaran/ <i>Vibration</i>	29
Gambar 2.13. Inverter	30
Gambar 3.1. Bearing Bagus	33
Gambar 3.2. Bearing <i>Fault</i> (rusak)	34
Gambar 3.3. Poros	34
Gambar 3.4. Alat Keseimbangan Dinamik	35
Gambar 3.5. Motor AC	35
Gambar 3.6. Panel Listrik	36
Gambar 3.7. <i>Inverter</i>	36
Gambar 3.8. <i>Arduino UNO</i>	37
Gambar 3.9. Sensor Getaran	37
Gambar 3.10. Sensor Kecepatan	38
Gambar 3.11. Laptop	38
Gambar 3.12. Mesin Bubut	39
Gambar 3.13. Sigmat	39
Gambar 3.14. <i>Waterpass</i>	40
Gambar 3.15. Meteran	40
Gambar 3.16. Diagram Alir Percobaan	41
Gambar 3.17. Set Up Alat Keseimbangan Dinamik	42
Gambar 3.18. Spesimen/ <i>Bearing</i>	43
Gambar 3.19. Pemasangan Bearing pada poros	44
Gambar 4.1. Grafik Getaran pada <i>bearing</i> bagus (baru)	45
Gambar 4.2. Grafik Getaran pada <i>bearing Fault</i> (rusak)	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kriteria pemilihan bantalan untuk kondisi lingkungan	24
Tabel 3.1. Jadwal kegiatan	30
Tabel 4.1. Data Pengujian pada <i>bearing</i> bagus (baru)	45
Tabel 4.2. Data pengujian pada <i>bearing Fault</i> (rusak)	46

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
Φ	Beda Fasa	$^{\circ}$
t_1	Waktu saat terjadi puncak pada gelombang respon getaran	mm
t_0	Waktu mulai/refrensi dari sinyal yang dihasilkan oleh <i>proximity sensor</i>	mm
T	Waktu total sinyal yang merupakan waktu putaran poros	Hz
M	Massa	Kg
g	Gram	Gr
R	Jari-jari	R
θ	Sudut	$^{\circ}$
e	Penambahan massa atau jari-jari yang akan ditambahkan yang akan ditambahkan pada spesimen yang akan diuji	Kg
ω	Kecepatan sudut	Rad/s

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di dunia ini banyak sekali getaran yang terjadi. Sebagai contoh getaran sering terjadi pada kendaraan, permesinan industri, struktur bangunan, dan alat – alat elektronik dan lainnya. Dan sering kali getaran ini mengganggu dan menurunkan kinerja komponen mesin tersebut. Dari hal tersebut pada suatu mesin dapat dipastikan bahwa terdapat banyak komponen yang bergerak baik dalam gerakan, dimana gesekan ini menurunkan efisiensi mesin, meningkatnya temperatur keausan dan berbagai efek negatif lainnya. Umumnya mesin yang dikatakan ideal prinsipnya dipandang dari sudut vibrasi (getaran), adalah mesin yang tidak menghasilkan vibrasi sama sekali dimana mesin tersebut akan sangat menghemat energi yang dipakai. Walaupun demikian tidak ada yang ideal dari hasil rancangan manusia dimana sebagian energi akan terbuang menjadi bentuk energi lain, salah satunya dalam bentuk vibrasi (getaran). Getaran yang terjadi pada mesin atau komponennya memiliki karakteristik pada level yang diijinkan selama operasi. Apabila terjadi kenaikan level getaran pada mesin ataupun komponen tersebut berdasarkan amplitudo tertentu, maka kondisi ini mesin harus mendapatkan penanganan khusus yang mengacu pada pengukuran dan analisa getaran untuk mengetahui sumber getaran dan indikasi penyebabnya.

Sejarah penggunaan bantalan untuk mengurangi efek gesekan dapat dari hasil penemuan kereta sederhana yang telah berumur 5000 tahun di euphrates di

dekat sungai tigris.penggunaan bantalan yang lebih maju terlihat pada kereta celtic sekitar 2000 tahun yang lalu.

Dalam sejarah modern, desain dan penggunaan bantalan yang terdokumentasi dengan baik dimulai oleh Leonardo Davinci, pada tahun 1452.Menggunakan bantalan gelinding untuk kincir angin dan penggilingan gandum,paten pertama tentang bantalan didaftarkan di perancis 400 tahun kemudian.Saat ini penggunaan bantalan sebagai komponen anti gesek telah digunakan secara luas dengan variasi ukuran,variasi beban,variasi putaran.

Ketidakeimbangan (*unbalance*) merupakan salah satu kasus penyebab terjadinya getaran tinggi pada mesin yang linier terhadap peningkatan putaran pada mesin. *Unbalance* yang terjadi pada mesin membangkitkan gaya sentrifugal yang nilainya merupakan perkalian dari massa *unbalance*, *eccentricity* dan kuadrat dari kecepatan mesin, sehingga dengan meningkatnya putaran maka akan muncul amplitudo tinggi. Vibrasi yang dihasilkan mesin akan ditransmisikan pada komponen lainnya. Akibatnya terjadinya pengendoran baut – baut pada struktur, bagian-bagian mesin cepat aus dan lain-lain.

Berdasarkan uraian diatas, fenomena *unbalance* dan prosedur balancing merupakan hal yang harus dipelajari. Untuk meneliti fenomena ini, maka dilakukan pengujian yang mengembangkan proses balancing ini dengan tujuan untuk mengetahui karekteristik getaran pada bearing bagus dan bearing *fault* (rusak).

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana *balancing* dan *unbalance* bearing bagus dan pada bearing *fault* (rusak)
2. Studi karakteristik getaran pada radial bearing

1.3. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum:

1. Bagaimana karakteristik getaran pada bearing dengan menggunakan alat keseimbangan dinamik yang ada pada laboratorium fakultas teknik mesin UMSU

2. Tujuan khusus:

1. Mempelajari bagaimana keseimbangan yang terjadi pada bearing bagus dan bearing *fault* (rusak)
2. Mempelajari karakteristik getaran yang terjadi pada bearing.

1.4. Batasan Masalah

Pembatasan masalah diperlukan untuk menghindari pembahasan atau pengkajian yang tidak terarah dan agar dalam pemecahan permasalahan dapat dengan mudah dilaksanakan. Adapun batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah :

1. Alat yang digunakan untuk eksperimen getaran pada bearing yaitu alat keseimbangan dinamik yang berada pada laboratorium fakultas teknik mesin UMSU.
2. Getaran yang dianalisa hanya getaran yang diakibatkan oleh adanya massa *unbalance* pada bearing saja, getaran yang diakibatkan oleh sebab-sebab lain tidak termasuk dalam studi ini.
3. Pembahasan dititikberatkan pada proses penyeimbangan.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin *balancing* yang dikembangkan diharapkan mampu menentukan dengan tepat kecepatan putaran dan sudut massa penyeimbang untuk mesin atau komponen yang berbentuk rotor.
2. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi masukan bagi dunia industri dalam bidang perancangan mesin *balancing*.
3. Memberikan kontribusi dalam memperkaya bahan pengajaran, khususnya dalam bidang balancing.

1.6. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab pengantar memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian. Latar belakang masalah berisi hal-hal yang menjadi alasan penulisan melakukan penelitian. Rumusan masalah

merupakan penarikan kesimpulan dari bagian latar belakang, sehingga didapatkan suatu hal yang akan diteliti. Batasan masalah berisi batasan-batasan permasalahan yang diambil untuk lebih memfokuskan kegiatan penelitian. Tujuan penelitian menyebutkan secara spesifik tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian. Bagian ini akan dijawab dengan kesimpulan tugas akhir pada bab selanjutnya. Manfaat penelitian berisi hal-hal yang dapat diraih dari kegiatan penelitian, baik manfaat bagi penulis maupun bagi masyarakat.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Memuat uraian sistematika hasil penelitian yang didapat oleh peneliti terdahulu dan yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Tujuan pustaka ini lebih digunakan sebagai referensi dalam memperoleh hasil penelitian yang maksimal

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan secara detail cara melakukan penelitian yang mencakup rancangan, bahan, alat, metode/jalan penelitian, dan tingkat ketelitian alat.

BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Memuat hasil penelitian atau analisa pembahasan yang sifatnya terpadu. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk daftar (tabel) grafik, foto/gambar atau bentuklain dan ditempatkan dekat dengan pembahasan. Pembahasan berisi tentang hasil yang diperoleh berupa penjelasan teoritis, baik secara kualitatif atau secara statistic.

BAB 5. PENUTUP

Merupakan bagian akhir dari sistematika penulisan yang berisi kesimpulan terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan serta secara untuk perbaikan atau

pengembangan terhadap penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan merupakan pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian dan pembahasan untuk membuktikan kebenaran hipotesis. Saran dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis yang ditujukan kepada para peneliti lain yang ingin melanjutkan atau mengembangkan penelitian yang sudah selesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alat Keseimbangan Dinamik (*Dynamic Balancing*)

Alat keseimbangan dinamik adalah alat ukur yang digunakan untuk menyeimbangkan berputar 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 dudukan spesimen atau benda yang akan di *balancing*. 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 ketidakseimbangan apabila pengikisannya tidak merata (*balancing machine*).

Dari semua penyebab ketidakseimbangan 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.

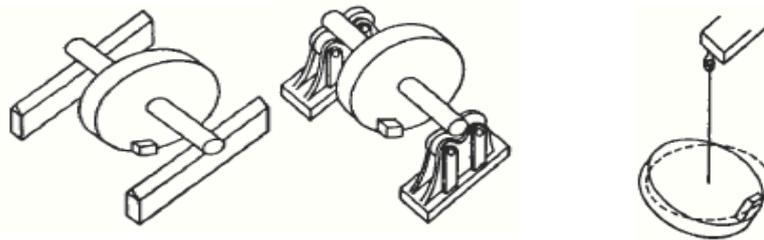
2.2. Jenis-Jenis Alat Balancing Machine

Jenis alat keseimbangan dinamik, maka dapat di klasifikasikan berdasarkan bermacam – macam pertimbangan yaitu:

1. *Gravity balancing machines*
2. *Centrifugal balancing machines*

2.2.1. Gravity Balancing Machines

Ada tiga jenis mesin yang termasuk dalam mesin pembalans gravitasi horizontal ways (sisi pisau), roller stands dan vertical pendulum. Ketiga jenis ini dapat dilihat konstruksinya pada gambar 2.1. sebagai berikut



Horizontal ways (sisi pisau)

Roller Stands

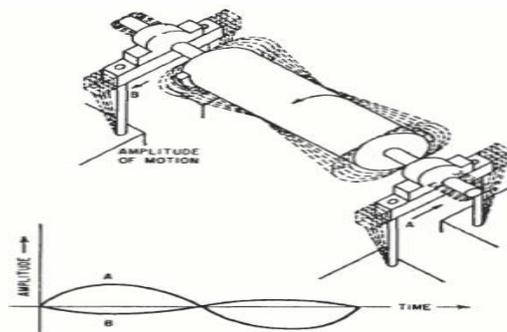
Vertical pendulum

Gambar 2.1. Jenis gravity balancing machines (Tim Getaran Mekanis 2002)

Prinsip yang digunakan dalam *gravity balancing machines* ini adalah fakta dimana sebuah benda bebas cenderung untuk mencari posisi dimana pusat gravitasi rendah. Pada mesin tipe horizontal ways, sebuah masa diletakan pada ujung sisi pisau mesin, seperti ditunjukkan dihalaman sebelumnya. Diasumsikan bahwa rotor yang digunakan telah balans dan posisi kedua mata pisau sejajar, paralel dan lurus. Setelah ditambahkan suatu massa tertentu, maka dalam operasinya massa akan bergerak ke arah titik dimana terdapat pusat gravitasi yang terendah. Posisi terendah ini mengidentifikasi arah sudut unbalance yang terjadi. Pengukuran besar *unbalance* yang terjadi dilakukan dengan metode epiris, yaitu dengan menambahkan sejumlah massa tertentu diarah yang berbeda, sampai tercapai kondisi kesetimbangan.

2.2.2. Centrifugal Balancing Machines

Pada jenis mesin pembalans ini digunakan 2 buah jenis bearing, yaitu soft bearing dan hard bearing. Kedua jenis tersebut hanya berbeda kelakuan bearing digunakannya. Konstruksi dari mesin tersebut secara sederhana dapat dilihat gambar 2.2. bearing dan komponen penyokong lain yang melekat padanya bergetar seiring dengan getaran dan massa tambahan yang terdapat didalamnya.



Gambar 2.2 Centrifugal balancing machines (Tim Getran mekanis 2002)

2.3. Metode Balancing

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. 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.

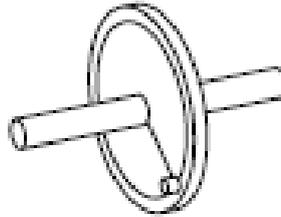
Fleksibilitas pada rotor dicapai tidak secara tiba-tiba, tetapi secara bertahap dengan bertambahnya putaran, dan meningkat secara kuadratis ketika dekat dengan resonansi atau putaran kritis. Pada kenyataannya banyak rotor akan menjadi fleksibel jika dipercepat ke putaran tinggi. Secara umum, rotor yang 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 putaran kritis 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. (Structures/Motion Lab, 2003)

2.3.1 Two-Plane Balancing

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 ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. eksentrisitas. (Dwi Rahmanto, 2007)

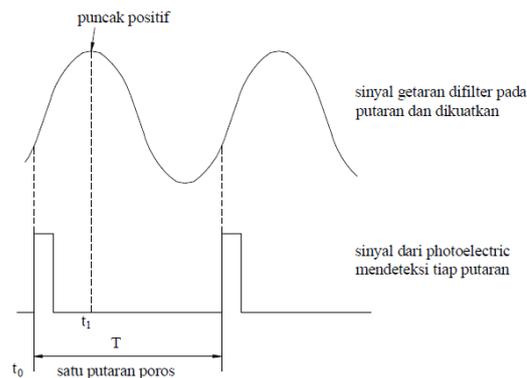
Massa *unbalance* terletak pada jarak radial tertentu terhadap sumbu poros yang berputar dengan frekuensi putar yang sesuai dengan putaran kerja poros. Gaya sentrifugal yang dihasilkan berupa vektor gaya dengan amplitudo sebesar $m e \omega^2$ (massa *unbalance* x jarak massa *unbalance* ke sumbu poros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

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.

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. Sudut fasa diperoleh dari konversi sinyal *trigger* dan sinyal getaran seperti ditunjukkan pada gambar 2.4. Selanjutnya sudut fasa dapat ditentukan dengan persamaan perhitungan beda fasa.



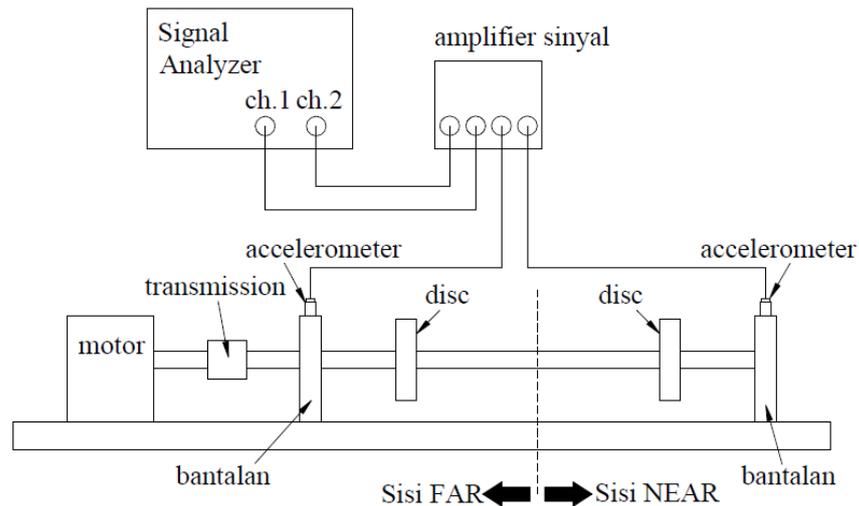
Gambar 2.4. Metode perhitungan sudut fasa dari sinyal getaran dan *trigger*.
(wowk, 1995)

Metode *trigger-sensor* digunakan untuk menentukan beda fasa dengan menggunakan persamaan :

$$\Phi = \frac{t_1 - t_0}{T} \times 360^\circ \quad (2.1)$$

Beda fasa 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 mulai/referensi dari sinyal yang dihasilkan oleh *proximity sensor* dan T adalah waktu total sinyal yang merupakan waktu putaran poros.



Gambar 2.5. Skematik *two-plane balancing*. (Wowk, 1995)

Jika pengukuran beda fasa dapat dilakukan, maka selanjutnya dilakukan *balancing* menggunakan metode vektor dengan fasa. *Balancing* dilakukan untuk *two-plane balancing* seperti pada gambar 2.5. 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 jugaberbeda. Vektor N_2 dan F_2 ini adalah efek dari *unbalance* awal dan akibat dari massa yang ditambahkan.

2.4 Getaran

Getaran adalah gerakan kontinyu, acak, atau periodik dari suatu objek yang disebabkan oleh pengeksitasi alami dari struktur dan kerusakan mekanis. Masalah-masalah yang sering menyebabkan getaran pada suatu mesin antara lain: ketidakseimbangan (*unbalance*) elemen rotasi, ketidaklurusan (*misalignment*) pada kopling dan bearing, eksentrisitas (*eccentricity*), cacat pada bantalan antrifiksi, kerusakan pada bantalan, kelonggaran mekanik, buruknya sabuk penggerak, kerusakan roda gigi, masalah listrik, resonansi, gaya aerodinamika, dan 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. Besarnya *unbalance* ini juga dipengaruhi oleh putaran.

Suatu poros dapat mengalami *unbalance*, yang disebabkan oleh sifat bahan poros yang tidak homogen (lubang/*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. *Unbalance* ini menyebabkan distribusi massa yang tidak seragam di sepanjang

poros atau lebih dikenal sebagai massa *unbalance* (Jabir, 2003). Prosedur perawatan untuk mengurangi *unbalance* pada mesin disebut *balancing*. *Balancing* terdiri dari prosedur pengukuran getaran dan menambahkan atau mengurangi beban untuk mengatur distribusi massa. Tujuan *balancing* adalah menyeimbangkan mesin putar, yang pada akhirnya akan mengurangi getaran (Tim Getaran Mekanis,2002)

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, rangkain roda gigi dan penggerak, *balancing* dilakukan segera setelah dilakukan perbaikan, dan perawatan. Sistem poros putar jarang sekali yang bisa diseimbangkan secara sempurna tetapi hanya pada 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*. Kedua metode ini menggunakan beban uji dan pengukuran beda fasa.

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

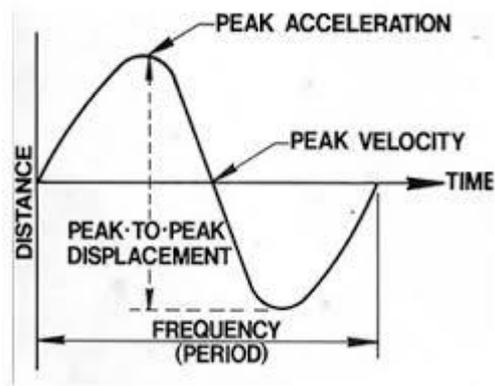
Massa *unbalance* terletak pada jarak radial tertentu terhadap sumbu poros yang berputar dengan frekuensi putar yang sesuai dengan putaran kerja poros. Gaya

sentrifugal yang dihasilkan berupa vektor gaya dengan amplitudo sebesar $m_u e \omega^2$ (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 *momen unbalance*. 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.

2.5. 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.



Gambar 2.6. Karakteristik getaran (Dwi Rahmanto, 2007).

Gerak beban dari posisi netralnya ke batas atas kemudian kembali ke posisi netral (kesetimbangan) dan bergerak lagi ke batas bawah kemudian kembali keposisi kesetimbangan, menunjukkan gerakan satusiklus. Waktu untuk melakukan gerak satu siklus inidisebut *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.

a. Frekuensi getaran

Frekuensi adalah jumlah siklus pada tiap satuan waktu. 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 sebagaimana elemen putar berubah posisinya terhadap titik netral.

Akibatnya, getaran yang dihasilkan akan mempunyai frekuensi yang bergantung pada putaranelemen yang telah mengalami *trouble*. Oleh karena itu, dengan mengetahui frekuensi getaran akan dapat diidentifikasi bagian dari mesin yang bermasalah.

b. Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan

Perpindahan (*displacement*), kecepatan (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*) diukur untuk menentukan besar dan kerasnya suatu getaran. 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). 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.

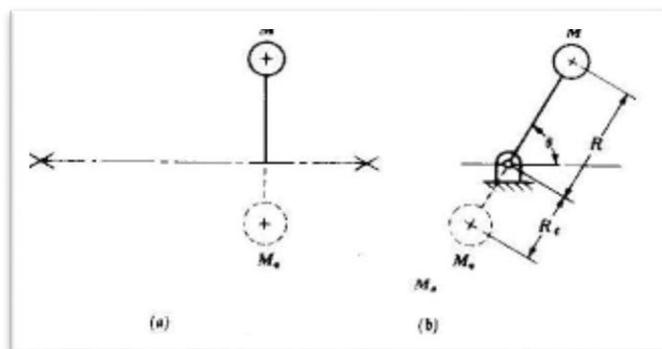
Kecepatan (*velocity*) merupakan perubahan jarak per satuan waktu. Kecepatan gerak mesin selalu dinyatakan dalam kecepatan puncak (*peak velocity*). Kecepatan puncak gerakan terjadi pada simpul gelombang. Dalam getaran, kecepatan merupakan parameter penting dan efektif, karena dari data kecepatan akan 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.

2.6. Membuat Seimbang Massa – Massa Yang Berputar

Kita telah mempelajari gaya kelembaman dalam berbagai mekanisme. Efek dari gaya kelembaman yang mengakibatkan gaya getas pada suatu struktur juga dibahas. Pernyataannya sekarang adalah apa yang dapat diperbuat oleh gaya getas 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. Yang pertama adalah sistem massa berputar, seperti dilukiskan oleh roda-roda mobil atau poros engkol dari mobil, dan yang kedua adalah suatu sistem dari massa yang bolak-balik seperti dilukiskan oleh mekanisme engkol peluncur. (George H Martin, 1994)

2.6.1. Massa Berputar Tunggal

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



Gambar 2.7. Massa Berputar Tunggal (George H. Martin, 1994)

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. (George H Martin,1994)

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

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

$$\text{Atau } M_e R_e = MR \tag{2.2}$$

Keterangan :

M : Massa

g : Gram

R : Jari-jari

θ : Sudut

e : Penambahan massa atau jari-jari yang akan ditambahkan pada spesimen yang akan di uji

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

$$MR\omega^2 - M_e R_e \omega^2 = 0 \tag{2.3}$$

$$M_e R_e = MR$$

Keterangan :

M : Massa

R : Jari-jari

ω : Kecepatan sudut

e : Penambahan massa atau jari-jari yang akan ditambahkan pada spesimen yang akan diuji

Dari persamaan-persamaan (2.2) dan (2.3) kita lihat bahwa keseimbangan statis dan dinamis akan dicapai jika kita membuat

$$M_e R_e = MR$$

2.7. Karakteristik Bearing

Bearing adalah suatu elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan berumur panjang. Bearing ini harus cukup kokoh untuk menahan beban dari poros yang terhubung dengan komponen mesin lainnya sehingga dapat berputar, bekerja sesuai dengan fungsinya, jika bantalan tidak berfungsi dengan baik, prestasi seluruh sistem akan menurun bahkan bisa berhenti. Bantalan dalam dalam permesinan dapat disamakan perannya dengan pondasai pada gedung. Untuk bearing dengan jenis bola mempunyai kemampuan untuk putaran tinggi dan gesekan yang kecil, bearing ini bisa mudah didapat dan mudah pula dalam pemasangannya. Bearing mempunyai bentuk dan ukuran tertentu sesuai dengan kodenya dan mempunyai ukuran yang persisi, apalagi untuk yang bentuk bola dengan cincing yang sangat kecil maka besar satuan luas menjadi sangat penting.

Dengan demikian bahan yang dipakai juga harus mempunyai ketahanan dan kekerasan yang tinggi, bahan yang biasa dipakai pada pembuatan bearing adalah baja khrom karbon tinggi. Bearing ini dapat diklasifikasikan atas: bearing radial , bearing axial menurut jenis elemen gelindingnya dibedakan atas bentuk bola dan rol.

2.7.1. Prinsip Kerja Bantalan / Bearing

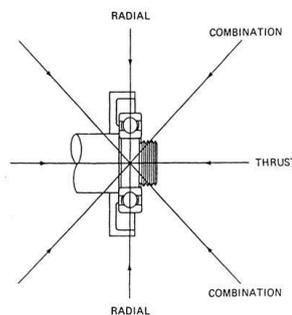
Apabila ada dua buah logam yang bersinggungan satu dengan lainnya saling bergeseran maka akan timbul gesekan , panas dan keausan . Untuk itu pada kedua benda diberi suatu lapisan yang dapat mengurangi gesekan , panas dan keausan serta untuk memperbaiki kinerjanya ditambahkan pelumasan sehingga kontak langsung antara dua benda tersebut dapat dihindari.

2.7.2. Klasifikasi dan Kriteria Pemilihan Bantalan

Secara umum bantalan dapat diklasifikasikan berdasarkan arah beban dan berdasarkan konstruksi atau mekanismenya mengatasi gesekan. Berdasarkan arah beban yang bekerja pada bantalan, seperti ditunjukkan pada gambar 2.8, bantalan dapat

diklasifikasikan menjadi :

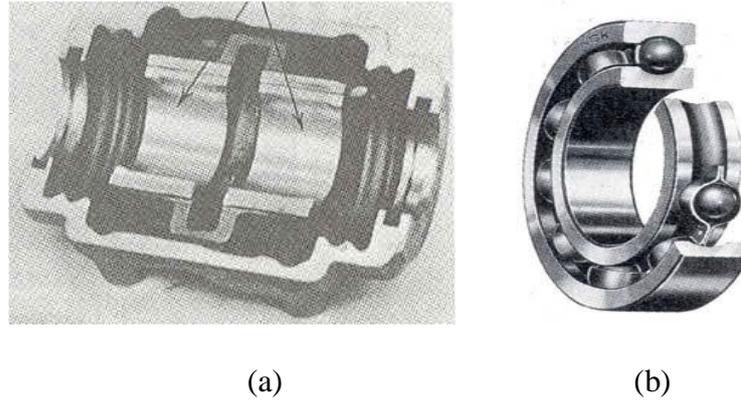
- Bantalan radial/*radial bearing* : menahan beban dalam arah radial
- Bantalan aksial/*thrust bearing* : menahan beban dalam arah aksial
- Bantalan yang mampu menahan kombinasi beban dalam arah radial dan arah Aksial



Gambar 2.8. Arah beban pada bantalan (Maskmukti,2011)

Berdasarkan konstruksi dan mekanisme mengatasi gesekan, bantalan dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu bantalan luncur (*sliding bearing*) dan bantalan gelinding (*rolling bearing*)

- A. Bantalan luncur yang sering disebut *sliding bearing* atau *plain bearing* menggunakan mekanisme *sliding*, dimana dua permukaan komponen mesin saling bergerak relatif. Diantara kedua permukaan terdapat pelumas sebagai agen utama untuk mengurangi gesekan antara kedua permukaan. Bantalan luncur untuk beban arah radial disebut *journal bearing* dan untuk beban arah aksial disebut *plain thrust bearing*. Contoh konstruksi bantalan luncur ditunjukkan pada gambar 2.9 (a). Berdasarkan jenis pelumasan antara permukaan *sliding*, bantalan luncur juga diklasifikasikan menjadi *rubbing plain bearing*, *plain bearing*, *hydrodynamic plain bearing*, dan *hydrostatic plain bearing*.
- B. Bantalan gelinding menggunakan elemen *rolling* untuk mengatasi gesekan antara dua komponen yang bergerak. Diantara kedua permukaan ditempatkan elemen gelinding seperti misalnya bola, rol, taper, dll. Kontak gelinding terjadi antara elemen ini dengan komponen lain yang berarti pada permukaan kontak tidak ada gerakan relatif. Contoh konstruksi bantalan gelinding ditunjukkan pada gambar 2.9 (b). Klasifikasi bantalan gelinding berdasarkan bentuk elemen gelinding.



Gambar 2.9. Kontruksi bantalan luncur dan bantalan gelinding (Masmukti, 2011)

Variasi bentuk geometri dan fungsi bantalan untuk masing-masing tipe sangat banyak jenisnya. Karena itu, untuk menjamin interchangeability dan simplifikasi, bantalan telah distandardkan dan berbagai data-datanya dipresentasikan dalam katalog. Para insinyur mesin, tidak diarahkan untuk mampu merancang bantalan (kecuali yang bekerja pada pabrik bantalan), tetapi lebih diarahkan untuk memiliki kemampuan dalam pemilihan bantalan. Parameter-parameter utama yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan bantalan antara lain adalah beban, putaran, tipe dan aliran pelumas, dimensi, jenis aplikasi, getaran, temperatur, dan kondisi lingkungan. Sedangkan kriteria pemilihan bantalan untuk berbagai kondisi lingkungan ditampilkan pada tabel 2.1. Aspek parameter pelumas, geometri, dan aspek lainnya. bahwa masing-masing tipe bantalan memiliki kelebihan dan keterbatasan.

- *Rubbing plain bearing* yang biasanya terbuat dari bahan non-metalic, hanya cocok untuk aplikasi pada putaran yang rendah. Disamping itu juga tidak sesuai untuk aplikasi beban yang tinggi.

- *Porous plain bearing* yang menggunakan pelumasan dari pori-pori material, juga lebih cocok untuk aplikasi pada putaran rendah. Performansinya akan segera menurun pada putaran yang relatif tinggi

- *Rolling bearing* atau bantalan gelinding memiliki jangkauan aplikasi yang paling luas, baik dari segi putaran maupun beban yang mampu ditahan. Bantalan ini performansinya sudah mulai menurun untuk putaran di atas 1000 rps. Pemilihan bantalan.

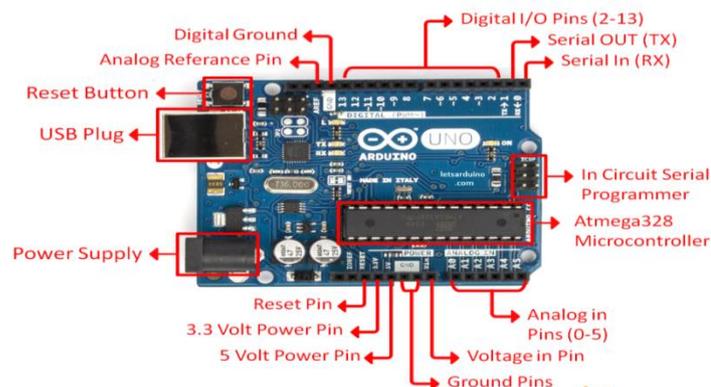
- *Hydrodynamic plain bearing* sangat cocok digunakan pada putaran yang tinggi. Bantalan jenis ini mempunyai kemampuan menahan beban dengan jangkauan yang luas. Kelemahannya, bantalan ini tidak dapat digunakan pada putaran rendah untuk beban radial. Sedangkan untuk beban aksial, dapat dibuat konstruksi khusus sehingga dapat digunakan dengan performansi yang baik pada putaran rendah.

Tabel 2.1. Kriteria pemilihan bantalan untuk kondisi lingkungan tertentu (Masmukti 2011)

Type of bearing	High temperature	Low temperature	Vacuum	Wet and humid	Dirt and dust	External vibration	Type of bearing
Rubbing plain bearings (non-metallic)	Good up to the temperature limit of material	Good	Excellent	Good but shaft must be incompressible	Good but sealing helps	Good	
Porous metal plain bearings oil impregnated	Poor since lubricants oxidises	Fair; may have high starting torque	Possible with special lubricant	Good	Sealing essential	Good	
Rolling bearings	Consult makers above 150°C	Good	Fair with special lubricants	Fair with seals	Sealing essential	Fair; consult makers	
Fluid film plain bearings	Good up to the temperature limit of lubricant	Good; may have high starting torque	Possible with special lubricant	Good	Good with seals and filtration	Good	
Externally pressurised plain bearings	Excellent with gas lubrication	Good	No; lubricant feed affects vacuum	Good	Good; excellent when gas lubricated	Excellent	
General comments	Watch effect of thermal expansion on fits			Watch corrosion		Watch fretting	

2.8. *Microcontroler*

Microcontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input output*. *Microcontroler* digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, *remote controls*, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat dan mainan. *Microcontroler* membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis. Pada studi eksperimental ini *microcontroler* yang digunakan yaitu *Arduino UNO*. *Arduino UNO* adalah sebuah board *microcontroler* 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.



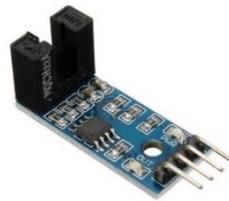
Gambar 2.10. *Arduino UNO* (ilearning.mc.2012)

Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang *microcontroler*, mudah menghubungkan ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau

mensuuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.

2.9. Sensor Kecepatan

Proses penginderaan sensor kecepatan merupakan proses kebalikan dari suatu motor, dimana suatu poros/object yang berputar pada suatu generator akan menghasilkan suatu tegangan yang sebanding dengan kecepatan putaran object. Kecepatan putar sering pula diukur dengan menggunakan sensor yang mengindera pulsa magnetis (induksi) yang timbul saat medan magnetis terjadi.



Gambar 2.11. *Import groove coupler/Sensor kecepatan*

(ilearning.mc.2012)

2.10. Sensor Getaran /*Vibration*

Vibration sensor / Sensor getaran ini memegang peranan penting dalam kegiatan pemantauan sinyal getaran karena terletak di sisi depan (*front end*) dari suatu proses pemantauan getaran mesin. Secara konseptual, sensor getaran berfungsi untuk mengubah besar sinyal getaran fisik menjadi sinyal getaran analog dalam besaran listrik dan pada umumnya berbentuk tegangan listrik, diantaranya

1. Pembesaran sinyal getaran
2. Penyaringan sinyal getaran dari sinyal pengganggu.
3. Penguraian sinyal, dan lainnya.



Gambar 2.12 Sensor Getaran/*Vibration* (ilearning.mc.2012)

2.11. Inverter

Inverter adalah Rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversikan tegangan searah (DC) ke suatu tegangan bolak-balik (AC). Ada beberapa *topologi inverter* yang ada sekarang ini, dari yang hanya menghasilkan tegangan keluaran kotak bolak-balik (*push-pull inverter*) sampai yang sudah bisa menghasilkan tegangan sinus murni (tanpa harmonisa). *Inverter* satu fasa, tiga fasa sampai dengan multifasa dan ada juga yang namanya *inverter multilevel* (kapasitor *split*). Ada beberapa cara teknik kendali yang digunakan agar *inverter* mampu menghasilkan sinyal *sinusoidal*, yang paling sederhana adalah dengan cara mengatur keterlambatan sudut penyalaan inverter di tiap lengannya.

Cara yang paling umum digunakan adalah dengan modulasi lebar pulsa (PWM). Sinyal kontrol penyaklaran di dapat dengan cara membandingkan sinyal referensi (*sinusoidal*) dengan sinyal *carrier* (digunakan sinyal segitiga). Dengan

cara ini frekuensi dan tegangan *fundamental* mempunyai frekuensi yang sama dengan sinyal referensi *sinusoidal*.



Gambar 2.13. *Inverter*

Fungsi *Inverter* adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah Frekuensi Outputnya:

f = frekuensi (Hz)

p = jumlah kutub

Jika sebelumnya banyak menggunakan sistem mekanik, kemudian beralih ke motor slip maka saat ini banyak menggunakan semikonduktor. Tidak seperti *softstarter* yang mengolah level tegangan, *inverter* menggunakan frekuensi tegangan keluaran untuk mengatur *speed* motor pada kondisi ideal (tanpa slip).

Merubah kecepatan motor dengan *Inverter* akan membuat:

1. Torsi lebih besar
2. Presisi kecepatan dan torsi yang tinggi
3. Kontrol beban menjadi dinamis untuk berbagai aplikasi motor
4. Dapat berkombinasi dengan [PLC \(Programmable Logic Control\)](#) untuk fungsi *otomasi* dan *regulasi*

5. Menghemat energi
6. Menambah kemampuan monitoring
7. Hubungan manusia dengan mesin (*interface*) lebih baik
8. Sebagai pengaman dari motor, mesin (beban) bahkan proses dll.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu perlu diperhatikan dalam penulisan tugas sarjana ini. di perlukan penjadwalan secara teratur dan terperinci agar dapat pelaksanaan tepat pada waktunya.

3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan studi karakteristik pada radial bearing dilaksanakan di laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan studi karakteristik pada radial bearing dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing. kemudian dilakukan perkaitan alat keseimbangan dinamik dan pengambilan data kurang lebih 8 bulan. Waktu penelitian ini terlihat pada tanggal 5 mei 2017 dan terlihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1. Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
1	Study literatur							
2	Desain Mesin <i>Balancing</i>							
3	Pembuatan Alat Mesin <i>Balancing</i>							
4	Pengujian Spesimen							
5	Evaluasi data penelitian							

3.2. Bahan dan Alat

Adapun bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

3.2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penilitan ini yaitu sebagai berikut:

Bearing digunakan bertipe 6306 sebagai benda uji yang akan diuji. Yang berdiameter 30mm

1. Bearing Bagus



Gambar 3.1. Bearing bagus

2. Bearing *fault* (rusak)

Bantalan rusak yang digunakan ialah mempunyai segala jenis kerusakan baik lintasan dalam dan luar, pada bola maupun pada pemisah, selain itu terjadi keausan sehingga kelonggaran antara lintasan dalam bola dan lintasan luar cukup besar.



Gambar 3.2. Bearing *fault* (rusak)

1. Poros

Poros digunakan sebagai peletakan spesimen yang akan diuji dan sebagai poros alat keseimbangan dinamik



Gambar 3.3. Poros

3.2.2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

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.



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.



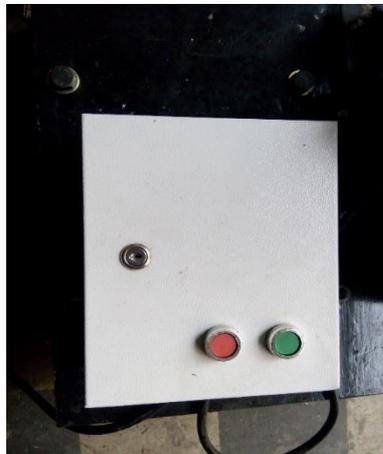
Gambar 3.5. Motor AC

Spesifikasi :

- Tipe : Famoze
- Motor *Power* : 2,2 kw
- *Speed* : 3000 Rpm

3. Panel Listrik

Digunakan sebagai penyambung dan pemutus daya motor.



Gambar 3.6. Panel Listrik

4. Inverter

Digunakan untuk mengatur kecepatan putaran pada motor AC



Gambar 3.7. Inverter

5. *Arduino UNO*

Arduino UNO digunakan sebagai *microconteller* pembaca sensor getaran dan sensor kecepatan motor AC yang terhubung dengan komputer. Hasil pencatatan data berupa data sheet.



Gambar 3.8. *Arduino UNO*

6. Sensor Getaran

Sensor getaran untuk mendeteksi getaran dari area yang dipasangkan sensor getaran. untuk mendeteksi getaran/tidak keseimbangan yang terjadi pada spesimen yang akan diuji.



Gambar 3.9. Sensor Getaran

7. Sensor kecepatan

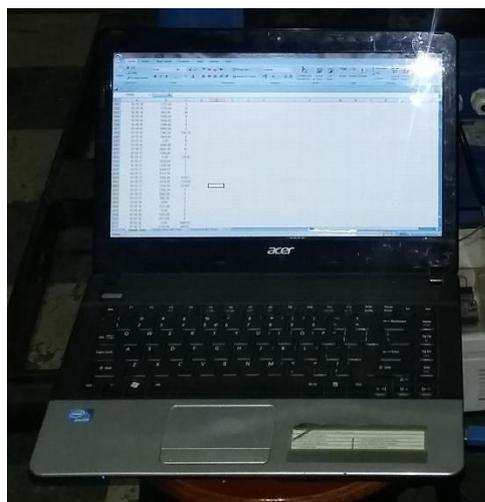
Sensor kecepatan digunakan sebagai alat pengukur kecepatan pada motor AC dengan bantuan plat yang dipasangkan pada puli.



Gambar 3.10. Sensor kecepatan

8. Laptop

Laptop digunakan untuk menampilkan data sheet yang dideteksi oleh program *arduino UNO*



Gambar 3.11. Laptop

9. Mesin Bubut

Digunakan untuk pembuatan poros spesimen yang akan diuji



Gambar 3.12. Mesin Bubut

10. Sigmat

Sigmat digunakan sebagai alat pengukur diameter spesimen dan poros.



Gambar 3.13. Sigmat

11. *Waterpass*

Digunakan untuk mengukur atau menentukan spesimen/poros dalam posisi rata baik pengukuran secara vertikal ataupun horizontal.



Gambar 3.14. *Waterpass*

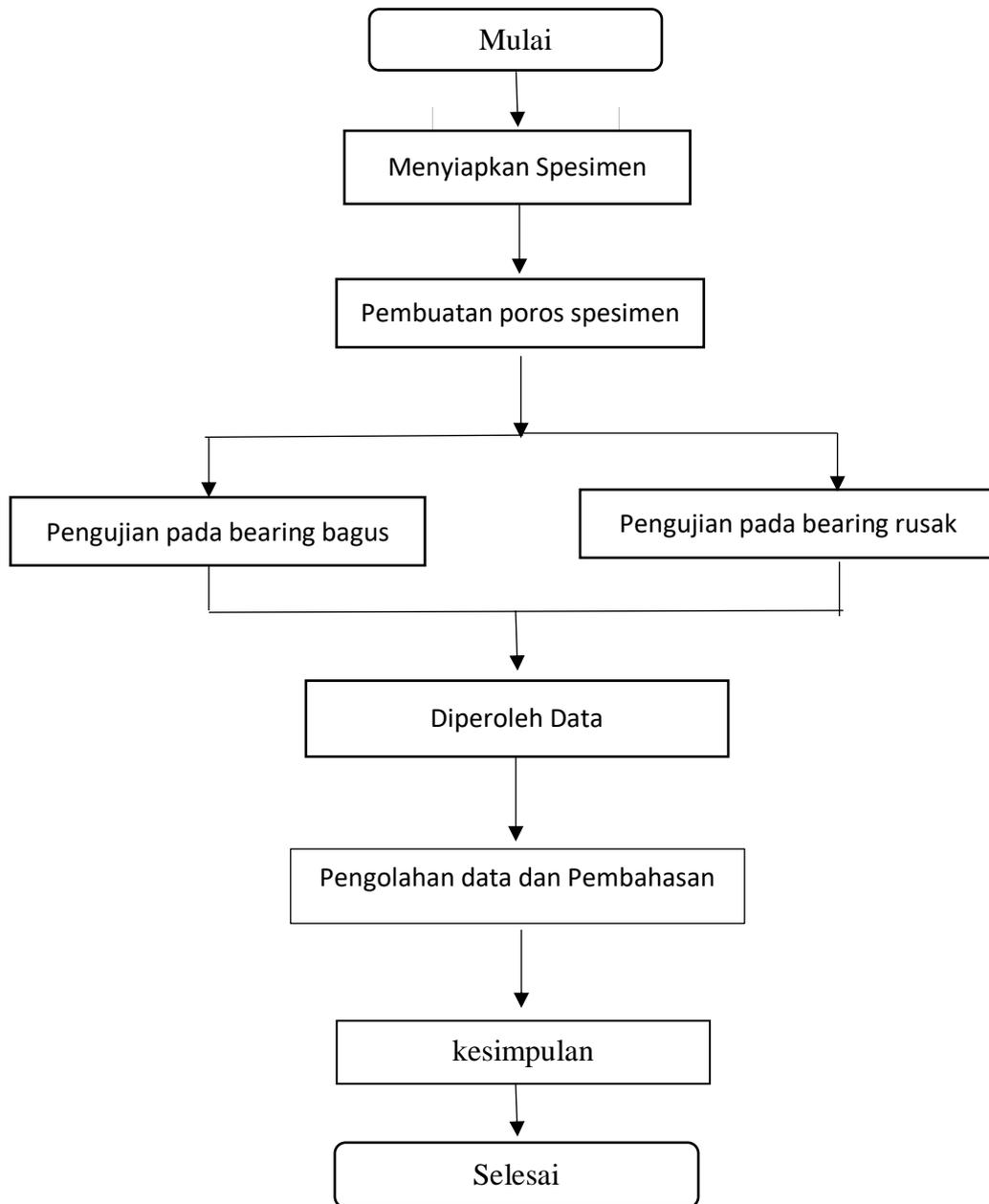
12. Meteran

Digunakan sebagai alat untuk mengukur panjang poros.



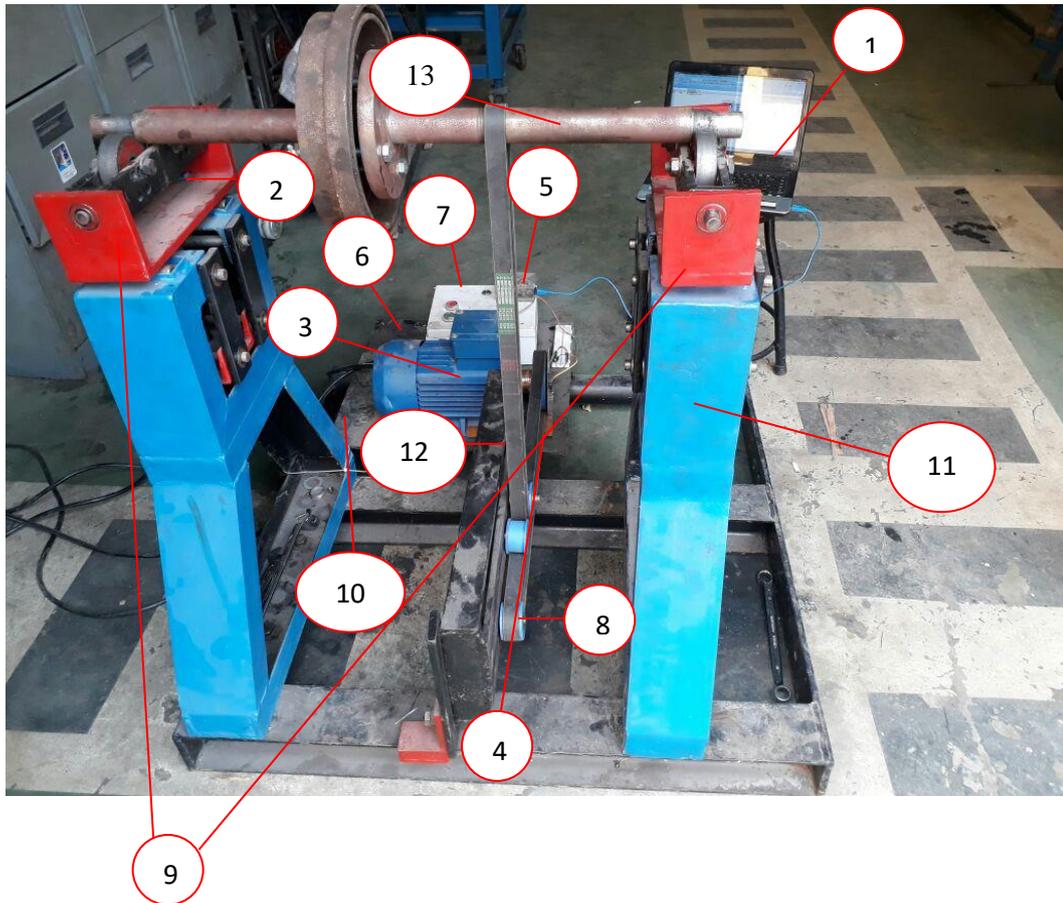
Gambar 3.15. Meteran

3.3. Diagram Alir Percobaan



Gambar 3.16. Diagram Alir Percobaan

3.4. Set Up Alat Keseimbangan Dinamik



Gambar 3.17. Set Up Alat Keseimbangan Dinamik

Fungsi alat keseimbangan dinamik tersebut adalah untuk mengukur balans atau tidaknya bagian mesin yang berputar seperti pada rotor listik, kipas angin, turbin, rem cakram, disc drive, pompa, turbocharge, crank shaft.

Keterangan :

1. Laptop
2. Sensor getar SW-420
3. Motor kistrik AC
4. Sensor kecepatan
5. *Arduino UNO*

6. Inverter
7. Panel listrik
8. Pully
9. *Roller balancing*
10. Dudukan motor listrik AC
11. Tiang kaku
12. *Bealting*
13. Poros

3.5. Prosedur Pengujian `

1. Menyiapkan spesimen yang akan diuji berupa bearing bagus dan bearing *fault* (rusak)



Gambar 3.18. Spesimen/*bearing*

2. Memasangkan bearing bagus dan *fault* (rusak) pada poros



Gambar 3.19. Pemasangan bearing

3. Menaikan poros yang sudah ada spesimennya berupa bearing ke mesin *balancing*
4. Mengkoneksikan semua sensor/alat ukur yang terprogram dalam Arduino uno ke laptop, dan buka software penunjuk alat ukur tersebut.
5. Menghidupkan mesin *balancing*.
6. Memulai pengambilan data pada bearing bagus dan bearing tidak bagus yang direkam oleh arduino uno.
7. Menyimpan data yang telah direkam oleh *Arduino UNO* pada bearing bagus dan Fault
8. Membaca ketidakseimbangan bearing bagus dan bearing *fault* dengan melihat getaran yang terjadi pada mesin *balancing*. Data dan hasil tersebut yang direkam dicatat sebagai data pengujian.
9. Membersihkan dan menyimpan peralatan yang telah selesai digunakan.

BAB 4

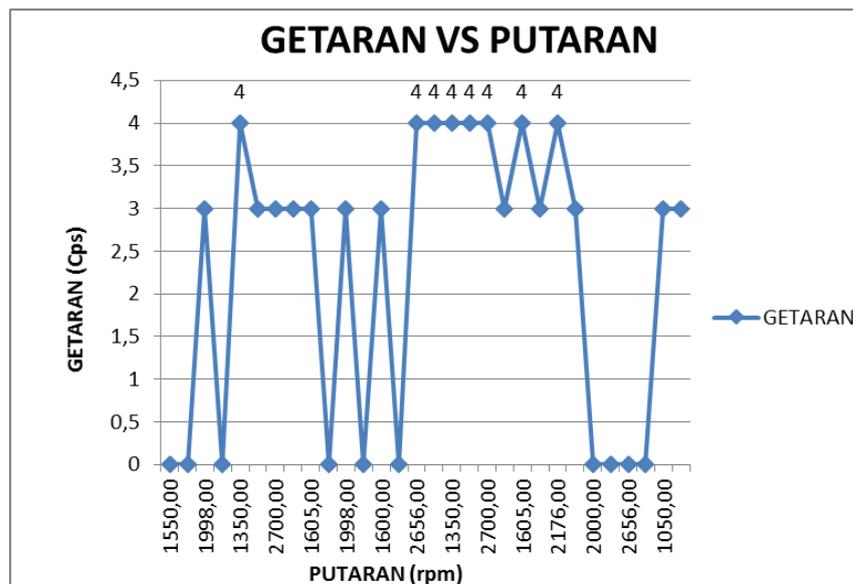
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengujian

Proses pengambilan data dilakukan dengan pencatatan dari mesin balancing. Dimana *bearing* telah disetting di mesin balancing. Kemudian bantalan/*bearing* divariasikan pada bantalan bagus (baru) dan bantalan *fault* (rusak). Setelah itu mesin balancing akan menunjukkan bantalan yang seimbang dan tidak seimbang, pada proses pengujian kali ini menggunakan *bearing* dengan tipe 6306 yang berdiameter 30mm.

1. Data grafik pengujian pertama pada bearing bagus

Data grafik pengujian pada *bearing* bagus (baru) dapat dilihat pada gambar grafik 4.1 sebagai berikut :

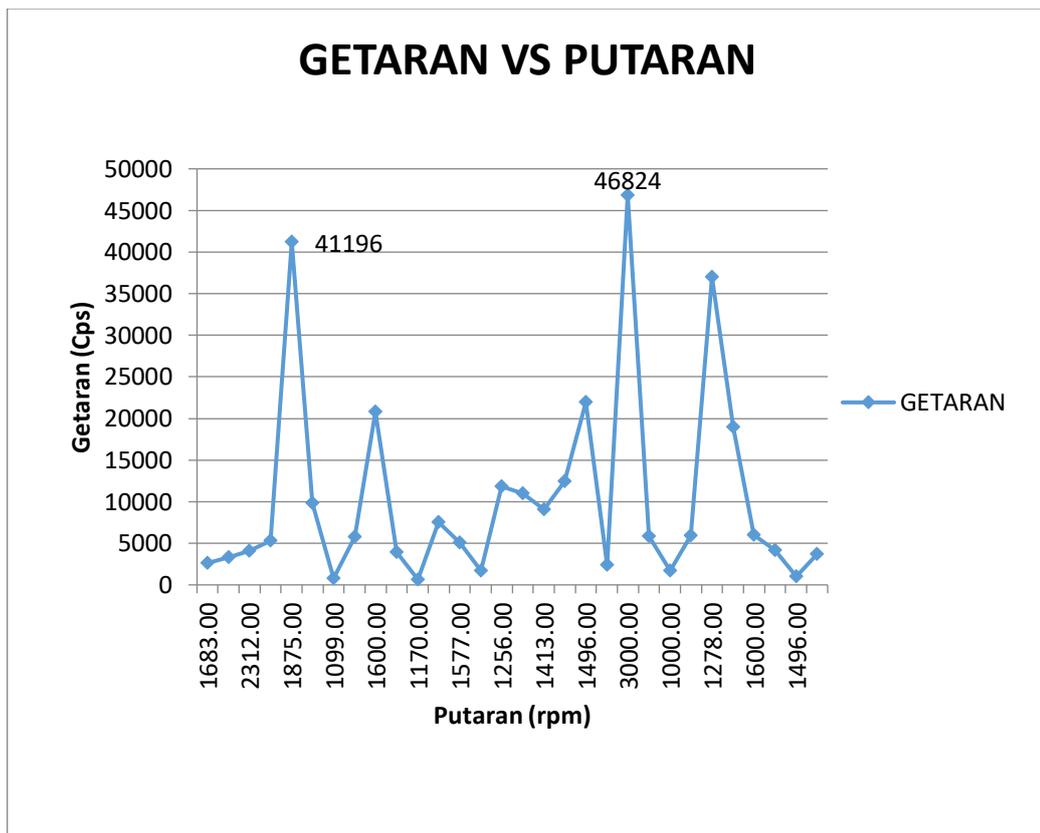


Gambar 4.1. Grafik getaran pada *bearing* bagus (baru)

Pada gambar 4.1. kita bisa lihat bagaimana kondisi keseimbangan bearing bagus. Pada putaran 1550 Rpm sampai dengan 3000 Rpm grafik menunjukkan frekuensi getaran yang tertinggi yaitu 4 . dimana gerakan frekuensi getaran tersebut stabil di frekuensi getaran 4 dan tidak ada frekuensi getaran yang melebihi 4 sehingga kondisi ini bisa dikatakan masih stabil..

2. Data pengujian ke dua pada *bearing fault* (rusak)

Data pengujian ke dua pada bearing tidak bagus terlihat pada gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2. Grafik getaran pada *bearing fault* (rusak)

Pada gambar 4.2 kita bisa lihat bagaimana kondisi keseimbangan *bearing fault* (rusak) pada kecepatan 1683 Rpm sampai kecepatan putaran tertinggi 3000 Rpm .Dari gambar grafik diatas kita lihat frekuensi getaran terjadi dari 0 – 46824. Pada kondisi ini spesimen dalam keadaan tidak stabil/*unbalance* disebabkan *bearing* tersebut dialami poros putar sebagai akibat gaya sentrifugal yang kemudian akan menimbulkan gaya getaran, selanjutnya gerak poros dan gaya getaran diteruskan ke bantalan , besarnya unbalance ini juga dipengaruhi getaran. Maka *bearing* sudah tidak layak pakai karena frekuensi getaran yang terjadi lebih besar. Jika dibandingkan dengan frekuensi getaran pada bearing bagus getaran yang dihasilkan lebih rendah.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulannya, sebagai berikut;

1. Pengujian yang didapat dari bearing bagus dan bearing *fault* (*rusak*) didapatkan perbedaan grafik antara bearing bagus dan bearing *fault*. Pada grafik bearing bagus frekuensi getaran mulai dari 0 sampai dengan 4 sedangkan pada grafik bearing *fault* (*rusak*) frekuensi getaran mulai dari 0 sampai 46824.
2. Pada hasil pengujian pada bearing bagus grafik getaran yang didapat masih stabil atau bisa dibilang *balance*, karena tidak terjadi getaran yang melebihi frekuensi 4 pada saat pengujian. Dari putaran 1550 sampai 3000 tidak terjadi frekuensi getaran yang berlebih dan frekuensi getaran yang tertinggi sampai 4.
3. Pada hasil pengujian pada bearing *fault* (*rusak*) getaran yang didapat tidak stabil atau bisa dibilang *unbalance* dikarenakan kondisi bearing tersebut *fault* (*rusak*) yg mengalami gaya sentrifugal sehingga getaran terjadi besar .maka frekuensi getaran yang dihasilkan besar yaitu 46824 pada putaran 1684 sampai dengan putaran 3000.
4. Setelah dilakukan pengujian terhadap pada bearing *fault* (*rusak*) tidak bisa dibalancing dan tidak bisa digunakan lagi.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal berikut:

1. Sebaiknya untuk pengujian berikutnya perlu adanya penelitian dengan menggunakan metode lain
2. Sebaiknya mesin *balancing* diperbarui kembali agar pengambilan data dan proses penyeimbangannya dapat berjalan dengan mudah.

DAFTAR PUSTAKA

- Balancing machine, [Online : <http://www.alatuji.com/article/detail/347/balancing-machine/> diakses pada tanggal 12 juni 2017]
- Perawatan beberapa komponen indsutri poses,[Online : <http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/617/jbptitbpp-gdl-anatasbins-30846-4-2008ta-3.pdf> diakses pada tanggal 13 juni 2017]
- BantalandanSistemPelumasan,[Online:<Http://masmukti.file.wordpress.com/bantal-an-dan-sistem> diakses pada tanggal 12 juni 2017]
- Tim Getaran mekanis,2002,panduan praktikum fenomena dasar mesin,sub getaran mekanis,modul III balancing empat putaran (four balancing),Jurusan teknik Unversitas sebelas maret, surakarta
- Wowk,vocotr,1995, machinery vibration, balancing, MCGraw-Hill inc, New York
- Stuctrures I motoin lab 20-263-521, seaction 001, 002, 003, Hewlet Packard, 2003
- George H.Martin 1994, “kinematika dan dinamika teknik”, diterjemahkan oleh: Ir. Setiyo Bakti, Penerbit Erlangga
- Arduino UNO* [Online : [Http// ilearning.mc/sample.page.162/arduino/pengertian-arduino.uno/](Http//ilearning.mc/sample.page.162/arduino/pengertian-arduino.uno/) diakses pada tanggal 11juni 2017]
- Djoko Sulistyono,”Efektifitas Variasi Putaran Dari Proses Balancing Terhadap Putaran Kerja Poros Yang Sesungguhnya”[Online : [Http// jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/MEKANIKA/article/](Http//jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/MEKANIKA/article/) diakses pada tanggal 9 juni 2017]
- Harie Satiyadi Jaya,2010, “Tesis Studi Eksperimental Karateristik Variasi Ukuran Roda Untuk Mendapatkan *Balance Performance* Maksimal Pada Proses *Balancing*”, Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, [Online : digilib.its.acs.ac.id/public/ITS-master-13680/resentation-1395492.pdf diakses pada tanggal 6 juni 2017].
- Andromina robot V.2.0, “*Encoder and Arduino Tutorial About The IR Speed Sensor Module With The Comperator LM393 (Encoder FC-03)*, [Online : andromina_robot.english.blogspot.co.id/2017/03/encoder.and.arduino.tutorial-about-tutorial-about-ir.html. Diakses pada tanggal 8 juni 2017].

LAMPIRAN

Kode sensor getaran dan kecepatan putaran menggunakan *microcontroller arduino UNO*

```
int LED_Pin = 13;
int vibr_Pin =9;
int encoder_pin = 2; // The pin the encoder is connected
unsigned int rpm; // rpm reading
volatile byte pulses; // number of pulses
unsigned long timeold;
// The number of pulses per revolution
// depends on your index disc!!
unsigned int pulsesperturn = 20;

void counter()
{
  //Update count
  pulses++;
}

void setup(){
  pinMode(LED_Pin, OUTPUT);
  pinMode(vibr_Pin, INPUT); //set vibr_Pin input for measurment
  Serial.begin(9600); //init serial 9600
  //Use statusPin to flash along with interrupts
  pinMode(encoder_pin, INPUT);
  //Interrupt 0 is digital pin 2, so that is where the IR detector is connected
  //Triggers on FALLING (change from HIGH to LOW)
  attachInterrupt(0, counter, FALLING);
  // Initialize
  pulses = 0;
  rpm = 0;
  timeold = 0;
```

```

// Serial.println("-----Vibration demo-----");
Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,Waktu,Putaran,Getaran");
}
void loop(){
  //Don't process interrupts during calculations
  detachInterrupt(0);
  //Note that this would be 60*1000/(millis() - timeold)*pulses if the interrupt
  //happened once per revolution
  // delay (100);
  rpm = (60 * 1000 / pulsesperturn )/ (millis() - timeold)* pulses;
  timeold = millis();
  pulses = 0;

  attachInterrupt(0, counter, FALLING);
  //Write it out to serial port
  Serial.print("DATA,TIME,");
    Serial.print("");
  Serial.print(rpm,DEC);
  Serial.print(",");
    long measurement = TP_init();
  Serial.println(measurement);
  //Restart the interrupt processing
}
long TP_init(){
  //delay(1000);
  long measurement=pulseIn (vibr_Pin, HIGH); //wait for the pin to get HIGH and
returns measurement
  return measurement;
}

```

CURRICULUM VITAE



A. DATA PRIBADI

1. Nama : MUHAMMAD IQBAL AZHARI
2. Jenis Kelamin : Laki – Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 09 Agustus 1994
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Belum Menikah
6. Tinggi / Berat Badan : 170 cm / 70 kg
7. Agama : Islam
8. Alamat : Jl. Yos sudarso lingkungan 18. Medan
9. No. Hp : +6282275889292

B. Email : iqbalazhari58@gmail.com

C. Riwayat Pendidikan

1. 2000 – 2006 : Lulus SD PERTIWI Medan
2. 2006 – 2009 : Lulus SMP AL-Ulum Medan
3. 2009 – 2012 : Lulus SMK PAB 1 Medan
4. 2012 – 2018 : Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin S1