

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
STUDI EKSPRIMEN GETARAN PADA CAKRAM
REM MOBIL

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

NAMA : ILHAM PRATAMA SIREGAR

NPM : 1207230102



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

LEMBAR PENGESAHAN-I
TUGAS SARJANA
KONTRUKSI DAN MANUFAKTUR
STUDI EKSPERIMEN GETARAN PADA CAKRAM
REM MOBIL

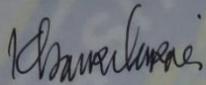
Disusun Oleh :

ILHAM PRATAMA SIREGAR
1207230102

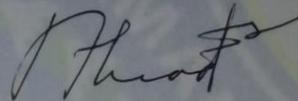
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

Pembimbing – II



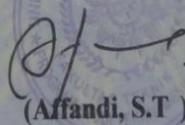
(Khairul Umurani, S.T.,M.T)



(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
KONTRUKSI DAN MANUFaktur
STUDI EKSPERIMEN GETARAN PADA CAKRAM
REM MOBIL

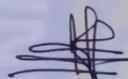
Disusun Oleh :

ILHAM PRATAMA SIREGAR
1207230102

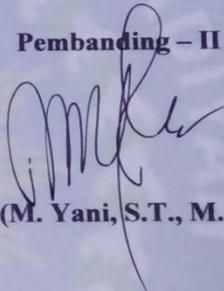
Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 19 Oktober 2017

Disetujui Oleh :

Pembanding – I

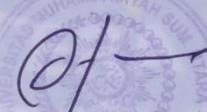

(Rahmat K. Simanjuntak, S.T.,M.T)

Pembanding – II


(M. Yani, S.T., M.T)

Diketahui oleh :

Ka.Program Studi TeknikMesin


(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>

Silahkan menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR SPESIPIKASI
TUGAS SARJANA

Nama Mahasiswa : **ILHAM PRATAMA SIREGAR**
NPM : **120723 0102**
Semester : **X**
SPESIPIKASI :

Studi Eksperimen Getaran Pada Cakram Rem Mobil

Diberikan Tanggal : **5 April 2017**
Selesai Tanggal : **14 Oktober 2017**
Asistensi : **seminggu sekali**
Tempat Asistensi : **kampus universitas muhammadiyah sumatera utara**

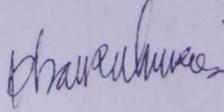
Medan, 14 Oktober 2017

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

Dosen Pembimbing – I


(AFFANDI, 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 menjabar surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

NAMA : ILHAM PRATAMA SIREGAR PEMBIMBING -I : KHAIRUL UMURANI, S.T.,M.T
NPM : 1207230102 PEMBIMBING -II : AHMAD MARABDI SRG, S.T.,M.T.

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	14-5-2017	Pembinaan Sponsifikasi Tugas Sarjana	le
	20-6-2017	Perbaikan Latar belakang	le
	28-6-2017	Perbaikan format penulisan data analisis data.	le
	11-7-2017	Perbaikan metode penelitian	le
	11-7-2017	Revisi Keperluan I	le
	9-10-2017	perbaikan & lanjutkan	177.
	14-10-2017	Acce seminar	177.
	14-10-2017	Acce seminar.	le.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Ilham Pratama Siregar
Tempat / Tanggal Lahir : Medan, 11 Desember 1994
NPM : 1207230102
Bidang Konsentrasi : Kontruksi dan Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

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

“Studi Eksperimen Getaran Pada Cakram Rem Mobil”

Bukan merupakan pencurian hasil karya milik orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, ataupun segala kemungkinan lain yang padahakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas sarjana saya secara orsinil 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, 21 Oktober 2017

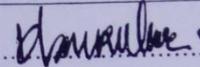
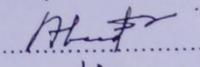
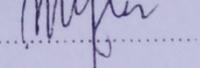
Saya yang menyatakan,

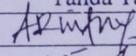
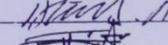
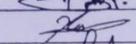
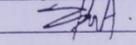
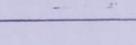


ILHAM PRATAMA SIREGAR

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

Peserta seminar
 Nama : Ilham Pratama Siregar
 NPM : 1207230102
 Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimen Getaran Pada Cakram Rem Mobil.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II	: Ahmad Marabdi.Srg.S.T.M.T	: 
Pembanding – I	: Rahmat k Simanjuntak.S.T.M.T	: 
Pembanding – II	: M.Yani.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1207230043	ARIFIN ILYAS	
2	1207230048	ALYANILAH Pochdi Ahmad	
3	1207230083	PREDIYANTU	
4	1107230075	M. Zafir	
5	1207230282P	Rizky Pradana Ibrahim	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 29 Muharram 1439 H
19 Oktober 2017 M

Ka. Prodi Teknik Mesin


Affandi.S.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Ilham Pratama Siregar
NPM : 1207230102
Judul T.Akhir : Studi Eksperimen Getaran Pada Cakram Rem Mobil.
Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Ahmad marabdi Srg.S.T.M.T
Dosen pembeding - I : Rahmat K Simanjuntak.S.T.M.T
Dosen Pembeding - II : M.Yani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

- 10 Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 11 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
perbaikan pegas + tuning masalah selang
- 12 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 29 Muharram 1439 H
19 Oktober 2017 M

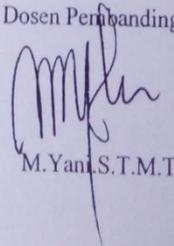
Diketahui :

Ka.Prodi. T. Mesin



Affandi.S.T

Dosen Pembeding - II



M.Yani.S.T.M.T

ABSTRAK

Alat keseimbangan dinamik adalah suatu alat yang digunakan untuk menyeimbangkan poros, impeler, dan bahan rotary lainnya, komponen-komponen mesin seperti piringan cakram rem mobil. Tingkat getaran yang tinggi menandakan bahwa terjadi gangguan pada komponen mesin yang dapat menjadi kerusakan yang lebih parah. Pada penelitian ini merupakan studi eksperimen getaran terhadap cakram rem mobil yaitu dengan menguji cakram dengan variasi putaran 1000 Rpm dan 2000 Rpm maka didapat pada putaran mana yang terjadi getaran. Data hasil pengujian untuk mengetahui variasi getaran dari kecepatan putaran 1000 Rpm dan 2000 Rpm. Pengujian ini menggunakan sensor getaran sw420 dan sensor kecepatan yang diaplikasikan pada *microcontroler arduino uno*. Pengujian dengan memvariasikan kecepatan putaran dengan menggunakan inverter. Dari hasil pengujian diperoleh pada kecepatan putaran 1000 Rpm getaran cakram masi dalam seimbang (*balance*) sedangkan di kecepatan putaran 2000 Rpm getaran cakram naik sampai dengan 722 cps, kondisi ini disebabkan oleh putaran yang semakin tinggi sehingga mempengaruhi getaran pada spesimen. Kondisi ini masih dikatakan stabil/*balance* sebab frekuensi getaran tidak melebihi 1000 cps.

Kata kunci : keseimbangan (*balancing*), ketidak seimbangan(*unbalance*), getaran

KATA PENGANTAR

Bismillahir rohmaanir rohiim

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat *Allah Subhanallahu wa Ta'ala* pemilik langit dan bumi beserta segala isinya, yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, dan tak lupa pula sholawat kepada nabi dan rasul terakhir kita *Muhammad Shallallahu 'alaihi wassalam*. Alhamdulillah akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi S-1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Adapun judul yang penulis ambil pada tugas sarjana ini adalah “Studi Eksperimen Getaran Pada Cakram Rem Mobil”. Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan penulis yang terus belajar, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya, mamak (Nila Sari) dan bapak (Erwinsyah Siregar) yang tidak pernah berhenti memberi kasih, sayang, perhatian, nasihat, materil dan doanya hingga saat ini.
2. Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T., selaku Pembimbing I tugas sarjana yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T., selaku Pembimbing II tugas sarjana yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Bapak Rahmat Kartolo Simanjuntak, S.T.,M.T., selaku Pembimbing I tugas sarjana yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
7. Bapak M.Yani, S.T.,M.T., selaku Pembimbing II tugas sarjana yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
8. Bapak Affandi S.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
9. Bapak Chandra A. Siregar, S.T.,M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

10. Seluruh Pegawai Tata Usaha dan Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Serta seluruh keluarga, uak Ukok, uak icum, uak Amplas, kakek dan nenek adik saya (Ary, Asbi) yang telah memberikan bantuan moril maupun materil serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya tugas sarjana ini dengan baik.
12. Terima kasih kepada abangda Irwansyah Putra, S.T, abangda Arya Rudi Nasution, S.T, Abdul Ghani, M. Ridho dan anggota laboratoruim teknik mesin UMSU yang lainnya, yang telah membantu dalam proses pembuatan alat keseimbangan dinamik.
13. Teman satu perjuangan Satrio, Iqbal Azhari, Wismo Handoko, Jardin Habib Pohan, Rizky Perdana Ibrahim, Wahyuda Kurniadi, Yopi Handoko S.T dan seluruh teman teman A3 malam, B3 malam, stambuk 2012.

Penulis menyadari tugas sarjana ini jauh dari sempurna dan banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapakan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan tulisan dan kesempurnaan tugas sarjana ini. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas sarjana ini dapat barmanfaat terutama bagi penulis sendiri dan juga semua pembaca. Apabila ada kesalahan, semata-mata kekhilafan penulis, sedangkan kebenaran semuanya hanyalah milik *Allah Subhanallahu wa Ta'ala*.

Bilahiylshabili haq,fastabiqul khairat.
Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Medan, 14 Oktober 2017

Penulis

ILHAM PRATAMA SIREGAR
1207230102

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN-I

LEMBAR PENGESAHAN-II

LEMBAR SPESIFIKASI

LEMBAR ASISTENSI

ABSTRAK i

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR GAMBAR vi

DAFTAR TABEL vii

DAFTAR NOTASI viii

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Perumusan Masalah 2

1.3. Tujuan Penelitian 2

1.3.1. Tujuan Umum 2

1.3.2. Tujuan Khusus 3

1.4. Batasan Masalah 3

1.5. Manfaat 3

1.6. Sistematika Penulisan 4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1. Alat Keseimbangan Dinamik 6

2.1.1. *Static Unbalance* 8

2.1.2. *Couple Unbalance* 8

2.1.3. *Quasi Static Unbalance* 9

2.1.4. *Dynamik Unbalance* 10

2.2. Getaran	10
2.3. Karakteristik Getaran	12
2.3.1. Frekuensi Getaran	13
2.3.2. Perpindahan, Kecepatan, Percepatan	14
2.4. Karakteristik Rem Cakram	15
2.5. Metode <i>Balancing</i>	19
2.6. <i>Two-Plane Balancing</i>	21
2.7. Membuat Seimbang Massa-massa Yang Berputar	26
2.7.1. Massa Berputar Tunggal	24
2.8. <i>Microcontroler</i>	28
2.9. Sensor Yang Digunakan Pada Mesin <i>Balancing</i>	29
BAB 3 METODE PENELITIAN	32
3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	32
3.1.1. Tempat	32
3.1.2. Waktu Penelitian	32
3.2. Bahan dan Alat	33
3.2.1. Bahan	33
3.2.2. Alat	35
3.3. Set Up Alat Keseimbangan Dinamik	43
3.4. Diagram Alir Percobaan	45
3.5. Prosedur Pengujian	46
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1. Data Hasil Pengujian	48
4.2. Data Pengujian Cakram Rem Mobil Pada Putaran 1000 Rpm	48
4.3. Data Pengujian Cakram Rem Mobil Pada Putaran 2000 Rpm	49

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

CURRICULUM VITAE

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Static Unbalance</i>	8
Gambar 2.2	<i>Couple Unbalance</i>	9
Gambar 2.3	<i>Quasi static Unbalance</i>	9
Gambar 2.4	<i>Dynamic Unbalance</i>	10
Gambar 2.5	Karakteristik Getaran	13
Gambar 2.6	Piringan Cakram	15
Gambar 2.7	Tipe-tipe Piringan Cakram (<i>Disk Brake</i>)	16
Gambar 2.8	Eksentrisitas	21
Gambar 2.9	Metode Perhitungan Sudut Fasa Dari Sinyal Getaran Dan <i>Trigger</i>	23
Gambar 2.10	Skematik <i>Two-Plane Balancing</i>	24
Gambar 2.11	Massa berputar tunggal	26
Gambar 2.12	<i>Arduino UNO</i>	28
Gambar 2.13	<i>Vibration Sensor SW-420</i>	29
Gambar 2.14	Sensor Kecepatan	31
Gambar 2.15	Inverter	31
Gambar 3.1	Cakram Rem Mobil	34
Gambar 3.2	Poros	34
Gambar 3.3	<i>Flange</i>	35
Gambar 3.4	Baut Dan Mur	35
Gambar 3.5	Alat Keseimbangan Dinamik	36
Gambar 3.6	Motor Listrik AC	36
Gambar 3.7	Panel Listrik	37
Gambar 3.8	<i>Arduino UNO</i>	37
Gambar 3.9	Sensor Getaran	38
Gambar 3.10	Sensor Kecepatan	38
Gambar 3.11	Laptop	39
Gambar 3.12	Mesin Frais (<i>Milling</i>)	39
Gambar 3.13	Mesin Bubut	40
Gambar 3.14	Sigmat	40
Gambar 3.15	Waterpass	41
Gambar 3.16	Mata Bor	41
Gambar 3.17	Kunci Pas Ring 14	42
Gambar 3.18	Meteran	42
Gambar 3.19	Inverter	42
Gambar 3.20	Set Up Alat Keseimbangan Dinamik	43
Gambar 3.20	Diagram Alir Percobaan	45
Gambar 3.21	Spesimen/Cakram Rem Mobil	46
Gambar 3.22	Pemasangan <i>Flange</i> dan Cakram	46
Gambar 4.1	Grafik Data Pengujian Cakram Rem Mobil Pada Putaran 1000 Rpm	49
Gambar 4.2	Grafik Data Pengujian Cakram Rem Mobil Pada Putaran 2000 Rpm	50

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	33
-----------	---	----

DAFTAR NOTASI

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.

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 efektifitas getaran pada cakram mobil.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana *balancing* dan *unbalance* piringan cakram rem mobil dengan variasi putaran 1000 Rpm dan 2000 Rpm.
2. Studi eksperimen getaran pada cakram mobil.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu sebagai berikut :

1.3.1. Tujuan Umum

Untuk studi eksperimen getaran pada cakram rem mobil.

1.3.1. Tujuan Khusus

1. Mempelajari bagaimana keseimbangan piringan cakram rem mobil dengan variasi putaran 1000 Rpm dan 2000 Rpm
2. Mempelajari karatersitik getaran yang terjadi pada cakram rem mobil.

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 cakram mobil yaitu alat keseimbangan dinamik yang berada pada laboratorium program studi teknik mesin UMSU.
2. Getaran yang dianalisa hanya getaran yang diakibatkan oleh adanya massa *unbalance* pada piringan cakram saja, getaran yang diakibatkan oleh sebab-sebab lain tidak termasuk dalam studi ini.
3. Pembahasan dititik beratkan pada proses penyeimbangan.

1.5. Manfaat

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

1. BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai Latar Belakang, Perumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Pembatasan Masalah, Manfaat dan Sistematika Penulisan.

2. BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang teori-teori yang mendasari dan informasi yang mendukung studi eksperimental pada tugas sarjana ini.

3. BAB 3 : METODOLOGI

Pada bab ini akan dibahas yaitu mengenai tempat dan waktu pelaksanaan pengujian, alat pengujian, diagram alir, langkah-langkah pengujian, dan pengambilan data.

4. BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan unjuk kerja konfigurasi penggunaan rumus perbandingan untuk menghitung data yang diperoleh setelah pengujian.

5. BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil pengujian yang diperoleh dan saran-saran untuk pengembangan.

6. DAFTAR PUSTAKA

7. LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. 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 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*).

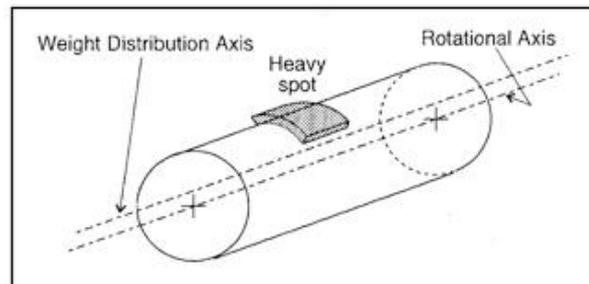
Dari semua penyebab ketidakseimbangan diatas dapat diperbaiki dengan cara menyeimbangkannya. Mesin keseimbangan dinamik merupakan suatu teknik untuk mengetahui berat dan posisi ketidakseimbangan serta mengkompensasi dan distribusi massa yang menyebabkan ketidakseimbangan.

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

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

2.1.1. *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*.

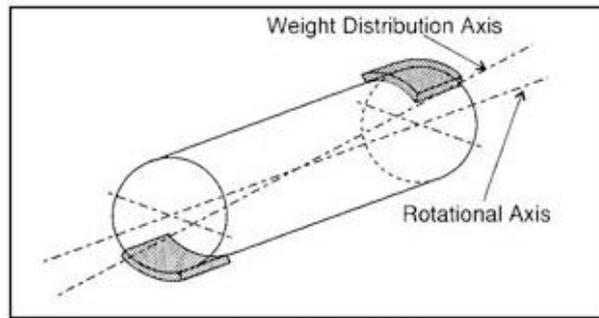


Gambar 2.1. *Static Unbalance*

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. *Static unbalance* dapat dilihat pada gambar 2.1.

2.1.2. *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.

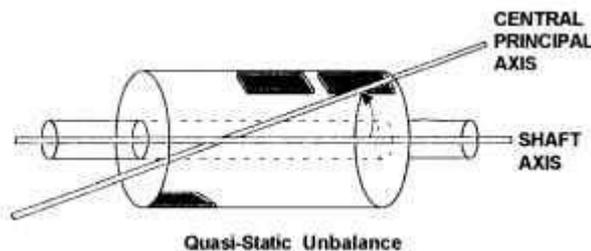


Gambar 2.2. *Couple Unbalance*

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. *Couple unbalance* dapat dilihat pada gambar 2.2.

2.1.3. *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*.

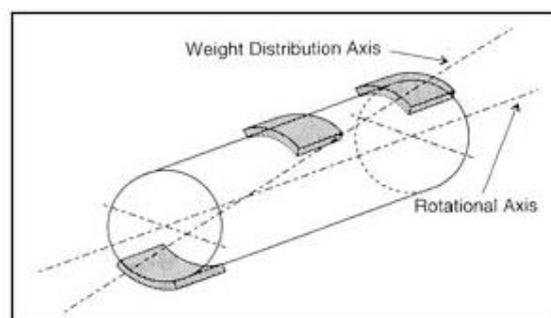


Gambar 2.3. *Quasi Statik Unbalance*

Quasi unbalance akan terlihat mempunyai getaran yang berbeda besarnya dan berlawanan arah pada dua bidang. *Quasi static unbalance* dapat dilihat pada gambar 2.3.

2.1.4. *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 180^0 . *Dynamik unbalance* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. *Dynamic Unbalance*

2.2. Getaran

Getaran adalah gerakan kontinu, 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 (IRD Entek,1996).

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

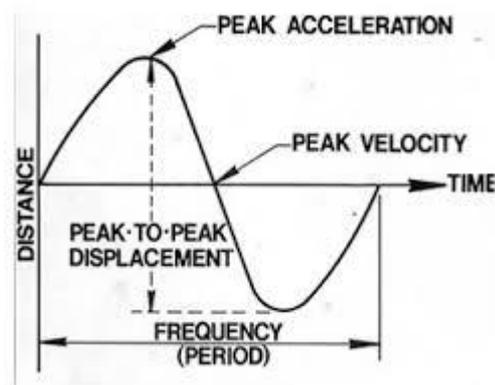
balancing yang sering dilakukan didalam laboratorium adalah *single-plane balancing* dan *two-plane balancing* (Dimaragonas,1992; Wowk, 1995; dan Structures/motion Lab,2003). Kedua metode ini menggunakan beban uji dan pengukuran beda fasa.

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 getaran yang besar sehingga lebih mudah diukur, namun bila ada perubahan putaran sedikit saja dapat mempengaruhi pembacaan frekuensi getaran (Abidin, 2007).

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

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.



Gambar 2.5. 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 ini disebut periode, sedangkan jumlah siklus yang dihasilkan dalam satu interval waktu tertentu disebut frekuensi. Dalam analisis getaran mesin, frekuensi lebih bermanfaat karena berhubungan dengan rpm (putaran) suatu mesin. Karakteristik getaran suatu sistem dapat dilihat pada gambar 2.5. Hal-hal yang mempengaruhi karakteristik getaran bisa dilihat sebagai berikut :

2.3.1. 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 putaran elemen yang telah mengalami *trouble*. Oleh karena itu, dengan mengetahui frekuensi getaran akan dapat diidentifikasi bagian dari mesin yang bermasalah.

2.3.2. 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.

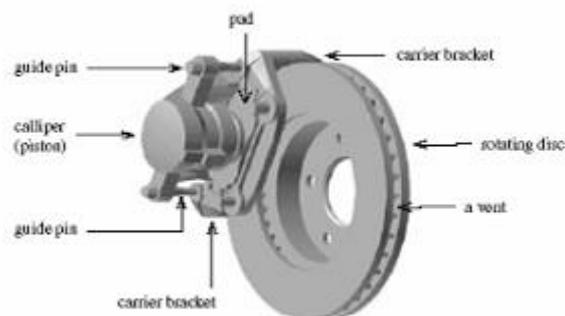
Perpindahan (*displacement*) adalah gerakan suatu titik dari suatu tempat ke tempat lain yang mengacu pada suatu titik tertentu yang tidak bergerak (tetap). Dalam pengukuran getaran mesin, sebagai standar digunakan jarak perpindahan puncak ke puncak (*peak to peak displacement*), seperti terlihat pada gambar 2.5. 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.

2.4. Karakteristik Rem Cakram

Rem cakram terdiri dari piringan yang dibuat dari logam, piringan logam ini akan dijepit oleh kanvas rem (*brake pad*) yang didorong oleh sebuah torak yang ada dalam silinder roda. Untuk menjepit piringan ini diperlukan tenaga yang cukup kuat. Guna untuk memenuhi kebutuhan tenaga ini, pada rem cakram dilengkapi dengan sistem *hydraulic*, agar dapat menghasilkan tenaga yang cukup kuat. Sistem *hydraulic* terdiri dari master silinder, silinder roda, *reservoir* untuk tempat oli rem dan komponen penunjang lainnya. Pada kendaraan roda dua, ketika handel rem ditarik, bubungan yang terdapat pada handel rem akan menekan torak yang terdapat dalam master silinder.



Gambar 2.6. Piringan Cakram

Torak ini akan mendorong oli rem ke arah saluran oli, yang selanjutnya masuk ke dalam ruangan silinder roda. Pada bagian torak sebelah luar dipasang kanvas atau brake pad, brake pad ini akan menjepit piringan metal dengan

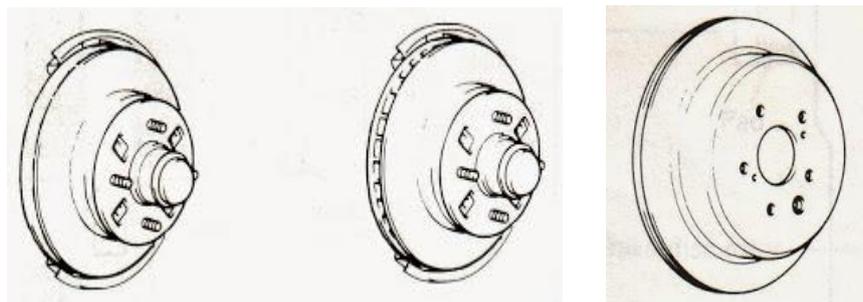
memanfaatkan gaya/tekanan torak ke arah luar yang diakibatkan oleh tekanan oli rem tadi. Piringan cakram dapat dilihat pada gambar 2.6.

Cara kerja rem jenis cakram atau piringan adalah dengan menekan pedal rem, maka fluida akan menekan silinder roda yang kemudian silinder roda akan menekan pad rem, kemudian pad rem akan menjepit cakram dan terjadilah pengereman.

Umumnya cakram atau piringan (*disc Rotor*) dibuat dari besi tuang dalam bentuk biasa (*solid*) dan berlubang-lubang untuk ventilasi . Tipe cakram lubang terdiri dari pasangan piringan yang berlubang untuk menjamin pendinginan yang baik, kedua-duanya untuk mencegah *fading* dan menjamin umur pad lebih panjang atau tahan lama. Adapun beberapa tipe piringan cakram yaitu :

- a. Tipe solid
- b. tipe ventilasi
- c. tipe dengan tromol (*with drum*)

Tipe tipe piringan cakram dapat dilihat dari gambar 2.7.



TIPE SOLID TIPE VENTILASI TIPE DENGAN TROMOL

Gambar 2.7. Tipe-tipe Piringan Cakram (*Disk Brake*)

Masalah umum yang terjadi pada cakram rem mobil yaitu sebagai berikut :

1. Pedal terlalu ringan dan dalam

Pedal rem yang tidak memiliki tekanan balik dan harus di injak terlalu dalam adalah masalah utama pada sebuah rem. Sehingga ketika kendaraan melewati jalan yang menurun, walau sudah menginjak pedal rem dalam-dalam mobil tetap akan meluncur. Masalah seperti ini biasanya disebabkan adanya kebocoran di sistem pengereman, yaitu master silinder *internal* atau *external* yang bocor. Satu-satunya perbaikan yang di sarankan adalah mengganti master silindernya dengan yang baru. Jangan ambil resiko, karena pedal rem ini adalah komponen terpenting dalam mobil Anda.

2. Mobil bergerak ke salah satu sisi

Sebuah mobil yang bergerak ke salah satu sisi akibat pengereman, sangatlah menyebalkan dan juga berbahaya. Masalah pengereman ini bisa disebabkan oleh beberapa hal, namun penyebab paling umum adalah kaliper yang membeku. Seiring waktu, kaliper dapat membeku secara bertahap, sebuah proses yang tidak diperhatikan dalam jangka waktu yang lama. Kondisi ini yang juga menyebabkan minyak rem tidak bisa mengalir dengan sempurna memang umumnya disebabkan oleh debu yang menempel pada piston kaliper. Untuk memperbaiki masalah ini, Anda perlu mengganti kaliper dengan yang baru. Kemungkinan lainnya adalah kerusakan pada katup atau master silinder yang tidak dipasang dengan benar. Kondisi ini relatif jarang ditemukan namun tidak boleh diabaikan begitu saja. Dengan alasan keamanan sistem pengereman mobil dirancang secara diagonal (bersilang). Rem kiri belakang bekerjasama dengan rem kanan depan, sementara rem kanan belakang bekerjasama dengan rem

kiri depan. Proses sistem diagonal inilah yang menyebabkan mobil bergerak ke salah satu sisi saat rem tersebut terjadi kerusakan. Jika ini penyebabnya segera gantilah komponen yang rusak, maka gejala tersebut akan teratasi.

3. Kemudi bergetar pada saat pengereman dan bunyi saat pengereman

Kondisi seperti ini adalah masalah pengereman yang sangat sering terjadi pada semua model dan tampilan mobil, biasanya getaran akan semakin terasa saat Anda memacu kendaraan dengan kecepatan tinggi. Kemungkinan kondisi ini disebabkan oleh cakram yang tidak rata akibat mobil sudah lama tidak digunakan dan menyebabkan tidak seimbang cakram mobil. Sisa air hujan atau kelembaban yang tinggi menyebabkan karat dan korosi pada cakram mobil Anda.

Untuk mengatasi masalah ini seharusnya tidak sulit. Jika piringan cakram masih cukup tebal maka bisa dikikis agar permukaannya kembali rata dan di *balancing* kembali sebelum pemasangan. Namun jika cakram sudah terasa tipis mau tidak mau harus diganti dengan yang baru.

4. Seluruh bagian mobil bergetar saat pengereman

Jika seluruh mobil anda bergetar saat pengereman bisa jadi masalah muncul dari rem belakang. Untuk menguji bahwa memang rem belakanglah masalahnya dengan menggunakan cara menggunakan rem tangan saat mobil berjalan dengan kecepatan rendah. Namun apabila mobil bergetar saat rem tangan diaktifkan maka sudah jelas ada masalah pada rem belakang mobil Anda. Pedeteksian masalah menggunakan cara ini hanya berlaku jika rem belakang mobil Anda masih menggunakan tipe *drum* (tromol). Jika mobil Anda sudah menggunakan rem

cakram di bagian belakang tanpa pengetahuan teknis lebih baik langsung saja menghubungi bengkel agar tidak ada kerusakan lebih buruk pada mobil.

2.5. Metode *Balancing*

Tujuan *balancing* adalah menyeimbangkan mesin putar, yang pada akhirnya akan mengurangi getaran (Tim Getaran Mekanis, 2002). Getaran yang rendah (*low vibration*) pada mesin akan :

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

sebelum tahun 1850 hanya dikenal *static balancing*. Mesin-mesin pada waktu itu merupakan mesin dengan putaran rendah sekitar 600 rpm. Setelah ditemukan motor listrik pada pertengahan abad 19, poros dapat berputar pada putaran 900 rpm, 1200rpm, 1800 rpm, dan 3600 rpm. Pada putaran ini gaya sentrifugal mempengaruhi kotruksi mesin secara keseluruhan (Wowk, 1995).

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 (Structures/Motion Lab, 2003).

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* (Wowk, 1995).

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 frekuensi getaran (Abidin, 2007).

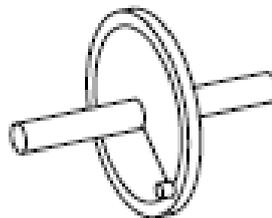
Fleksibilitas pada rotor dicapai tidak secara tiba-tiba, tetapi secara bertahap dengan bertambahnya putaran, dan meningkat secara kuadratis ketika dekat dengan resonansi atau putaran kritis. Pada kenyataannya banyak rotor akan menjadi fleksibel jika dipercepat ke putaran tinggi (Wowk, 1995). Secara umum, 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*) (IRD Entek, 1996).

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 (Abidin, 2007).

2.6. *Two-Plane Balancing*

Unbalance yang disebabkan adanya eksentrisitas antara sumbu poros dengan titik berat massa yang berputar akan menimbulkan getaran yang cukup besar. Frekuensi 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 2.8.



Gambar 2.8. Eksentrisitas.

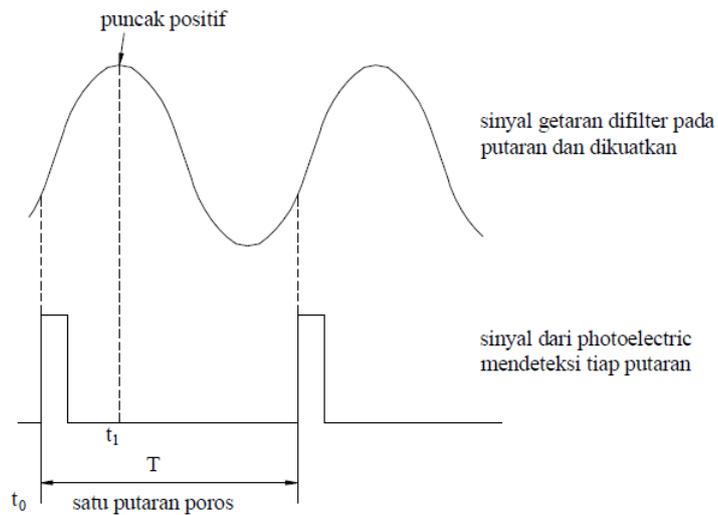
Massa *unbalance* terletak pada sudut drajat tertentu terhadap sumbu poros yang berputar dengan frekuensi putar yang sesuai dengan putaran kerja poros.

Gaya sentrifugal yang dihasilkan berupa frekuensi. 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 cakram dapat diseimbangkan, terlebih dahulu harus dapat diketahui posisi frekuensi getaran yang tidak seimbang. Besarnya massa yang ditambahkan atau dikurangi dapat diperoleh dari pengukuran dan perhitungan. Untuk dapat mengetahui frekuensi getaran yang tidak seimbang, digunakan instrumen pengukuran yang konfigurasinya tergantung pada metode yang dipakai untuk mengetahui *unbalance* suatu sistem rotari. Pada penelitian ini digunakan metode frekuensi getaran.

Dalam metode penyeimbangan vektor dilakukan dengan Sinyal yang dihasilkan *proximity sensor* berupa sinyal pemicu (*trigger*), sehingga untuk pengukuran beda fasa dilakukan dengan metode *trigger-sensor* (Wowk, 1995). 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 2.9. Selanjutnya sudut fasa dapat ditentukan dengan persamaan perhitungan beda fasa.



Gambar 2.9. Metode Perhitungan Sudut Fasa Dari Sinyal Getaran dan *Ttrigger* (wowk, 1995)

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

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

Keterangan :

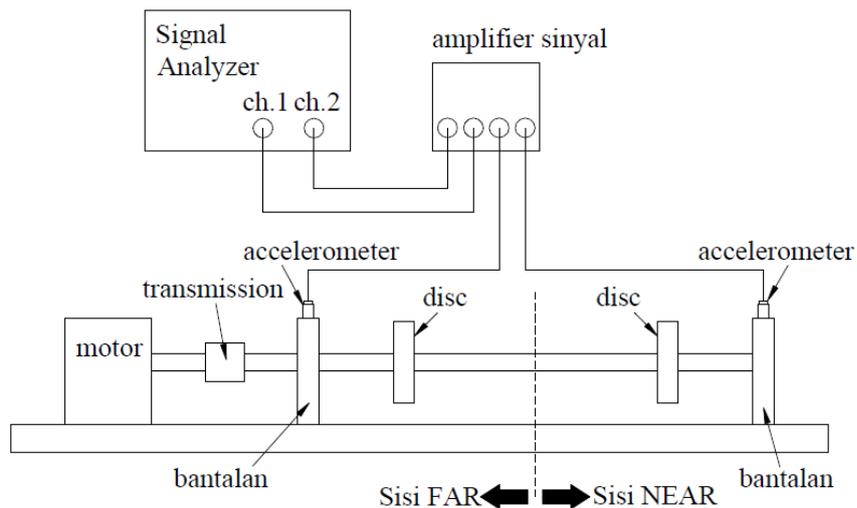
Φ : beda fasa

t_1 : waktu saat terjadi puncak pada gelombang respon getaran

t_0 : waktu mulai/referensi dari sinyal yang dihasilkan oleh *proximity sensor*

T : waktu total sinyal yang merupakan waktu putaran poros

Beda fasa dinyatakan dengan Φ , variabel t_1 menyatakan waktu pada saat *proximity sensor proximity sensor proximity sensor proximity sensor* 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 2.10. 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 2.10. 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.

Dalam metode penyeimbangan frekuensi getaran sinyal yang dihasilkan dari sensor getaran SW420. Getaran yang dihasilkan merupakan frekuensi getraan, spesimen *unbalance* dapat dilihat dari grafik getaran/frekuensi dimana ada sudut puncak getaran seperti gelombang/frekuensi getaran, jika getarannya tidak stabil maka spesimen dalam keadaan seimbang dan begitu pula sebaliknya. Dalam metode ini penyeimbangan dapat dilakukan dengan menentukan sudut spesimen dengan cara menandai sudut 0^0-360^0 pada spesimen. kemudian massa penyeimbang dipasang/ditempel di sudut spesimen secara sembarang dengan menentukan berat massa tersebut. Kemudian akan terlihat perbedaan frekuensi getaran dari penambahan massa penyeimbang yang dipasang pada spesimen pada sudut yang bervariasi. Lalu bandingkan semua frekuensi getaran pada sudut yang bervariasi, frekuensi getaran yang rendahlah yang akan menjadi titik pusat penambahan massa penyeimbang. Sedangkan frekuensi getaran yang tinggi akan menjadi titik yang *unbalance*.

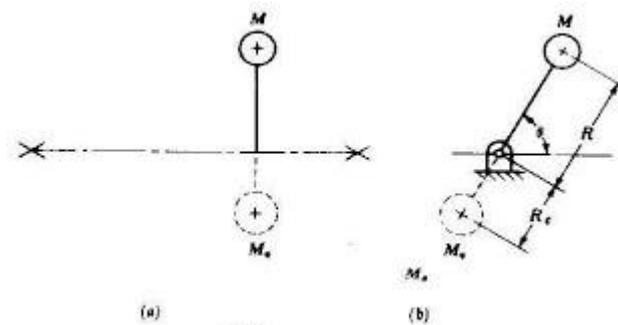
2.7. Membuat Seimbang Massa-massa Yang Berputar

Kita telah mempelajari gaya kelembaman dalam berbagai 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. 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).

2.7.1. Massa Berputar Tunggal

Untuk melukiskan prinsip-prinsip yang terlibat, kita mulai dengan memperhatikan gambar 2.11,



Gambar 2.11. 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 (George H Martin, 1994).

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

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

$$\text{Atau } M_e R_e = MR \quad (2.2)$$

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

Jika harga dari R_e dipilih secara sembarang, maka harga M_e dapat ditentukan dengan persamaan (2.2). Pada waktu keseimbangan statis terjadi, porosnya tidak akan mempunyai kecenderungan untuk berputar pada bantalannya, tidak peduli ke posisi mana ia berputar (George H Martin, 1994).

b. Keseimbangan dinamis membutuhkan bahwa jumlah gaya kelembaman dalam Gambar 2.11. adalah nol. Jadi jika kecepatan sudutnya adalah ω ,

$$\begin{aligned} MR\omega^2 - M_e R_e \omega^2 &= 0 \\ M_e R_e &= MR \end{aligned} \quad (2.3)$$

Keterangan :

M : Massa

R : Jari-jari

ω : Kecepatan sudut

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

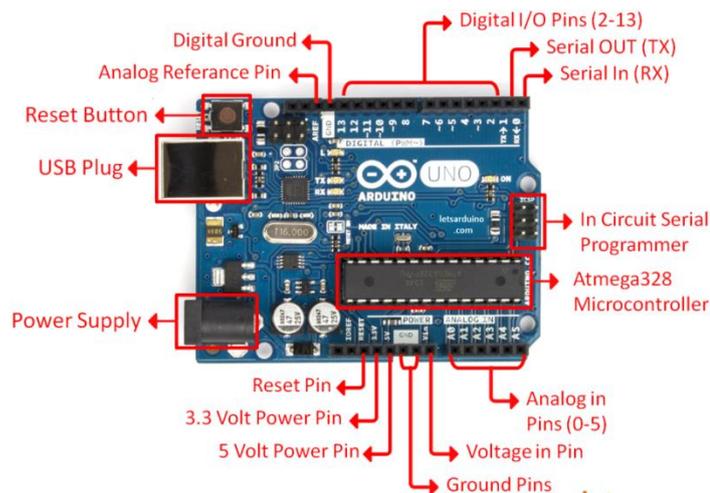
Dari persamaan-persamaan (2.2) dan (2.3) kita lihat bahwa keseimbangan statis dan dinamis akan dicapai jika kita membuat

$$M_e R_e = MR$$

2.8. *Microcontroler*

Microcontroler 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*. *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 kontroler 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 2.13. *Arduino UNO*

Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang *microcontroller*, mudah menghubungkan ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. *Arduino UNO* dapat dilihat pada gambar 2.13.

2.9. Sensor-sensor Yang Digunakan Pada Mesin *Balancing*

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

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

Sensor getaran adalah sensor untuk mendeteksi getaran/*shock*, dimana cara kerja sensor ini adalah dengan menggunakan 1 buah pelampung logam yang akan bergetar didalam tabung yang berisi 2 elektroda ketika modul sensor menerima getaran/*shock*. Dapat digunakan untuk aplikasi robotika, sensor keamanan (dipasang di jendela), sensor tabrakan, dan lain sebagainya. Sangat cocok untuk dikoneksikan ke *Arduino* atau *minsys* lainnya. *Vibration sensor SW-420* dapat dilihat pada gambar 2.15.



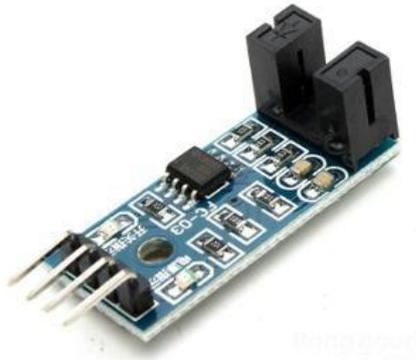
Gambar 2.14. *Vibration Sensor SW-420*

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

Sensor kecepatan adalah jenis celah *opto-coupler* yang akan menghasilkan sinyal *output high* TTL ketika sebuah objek terdeteksi pada celah. Yang berfungsi sebagai pendeteksi kecepatan pada motor dan sebagainya. Sensor kecepatan yang banyak digunakan pada pendeteksi kecepatan motor, RPM, pengukuran putaran, *tachometer*, pembatas kecepatan dan lain-lain. Sensor kecepatan dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.15. Sensor Kecepatan

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-aturl). Inverter juga memiliki sebuah sirkuit pengontrol. Inverter dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.16. Inverter

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

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

3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan studi ekspeimen getaran pada cakram rem mobil dilaksanakan di laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan studi eksperimen dilakukan setelah mendapat persetujuan judul dari dosen pembimbing, 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
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

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

3.2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Cakram rem mobil

Cakram rem mobil digunakan sebagai spesimen yang akan di uji keseimbangannya.



Gambar 3.1. Cakram Rem Mobil

2. Poros

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



Gambar 3.2. Poros

3. Flange

Flange digunakan sebagai pengikat/penyambung spesimen keporos agar spesimen terikat dengan porosnya.



Gambar 3.3. Flange

4. Baut dan mur

Baut dan mur digunakan untuk pengikat/penghubung flange dengan cakram rem mobil.



Gambar 3.4. Baut dan Mur

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 3.5. Alat Keseimbangan Dinamik

2. Motor listrik AC

Motor listrik AC digunakan sebagai penggerak poros dengan bantuan belting sebagai penerus putaran motor listrik AC.



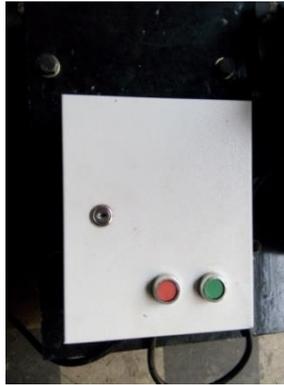
Gambar 3.6. Motor Listrik AC

Spesifikasi :

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

3. Panel listrik

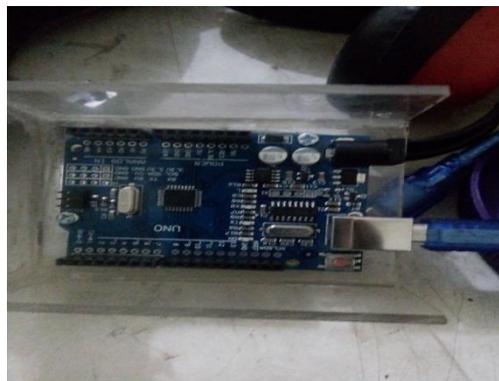
Panel listrik digunakan sebagai pemutus dan penyambung daya motor.



Gambar 3.7. Panel Listrik

4. *Arduino UNO*

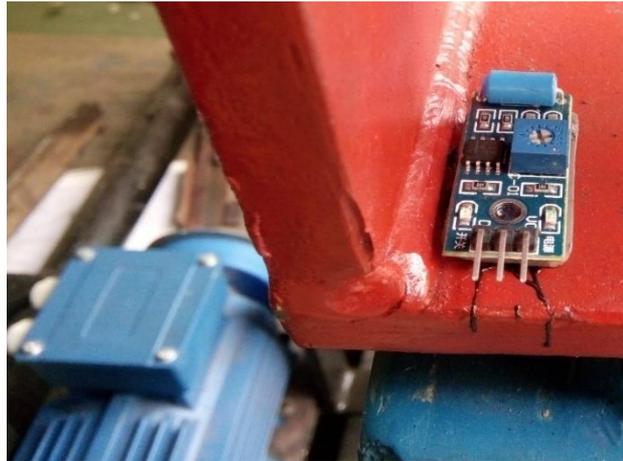
Arduino UNO digunakan sebagai *microconteller* pembaca sensor getaran dan sensor kecepatan motor AC yang terhubung dengan komputer. Hasil pencatatan data berupa data sheet.



Gambar 3.8. *Arduino UNO*

5. Sensor Getaran

Sensor getaran digunakan sebagai pendeteksi getaran dari area yang dipasangkan sensor getaran. Untuk mendeteksi getaran/tidak keseimbangan yang terjadi pada speseimen yang akan uji.



Gambar 3.9. Sensor Getaran

6. Sensor kecepatan

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



Gambar 3.10. Sensor Kecepatan

7. Laptop

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



Gambar 3.11. Laptop

8. Mesin frais (*milling*)

Mesin frais digunakan untuk pembuatan/pengeboran lubang baut flange.



Gambar 3.12. Mesin Frais (*Milling*)

Spesifikasi :

- Type : Emco F3
- Produksi : Maier dan Co – Austria
- Motor Power : 1,1/1,4 Kw
- Speed : 1400/2800 Rpm
- Spindle Speed : 80-160-245-360-490-720-1100-2200.

9. Mesin bubut

Mesin bubut digunakan untuk pembuatan poros spesimen yang akan diuji.



Gambar 3.13. Mesin Bubut

10. Sigmat

Sigmat digunakan sebagai alat pengukur diameter spesimen dan poros.



Gambar 3.14. Sigmat

11. Waterpass

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



Gambar 3.15. Waterpass

12. Mata bor 12

Digunakan sebagai mata bor mesin *milling* yang akan membuat diameter lubang pada flange.



Gambar 3.16. Mata Bor

13. Kunci pas ring 14

Kunci pas ring digunakan sebagai pengunci baut flange dan cakram.



Gambar 3.17. Kunci Pas Ring 14

14. Meteran

Meteran digunakan sebagai alat untuk mengukur panjang poros.



Gambar 3.18. Meteran

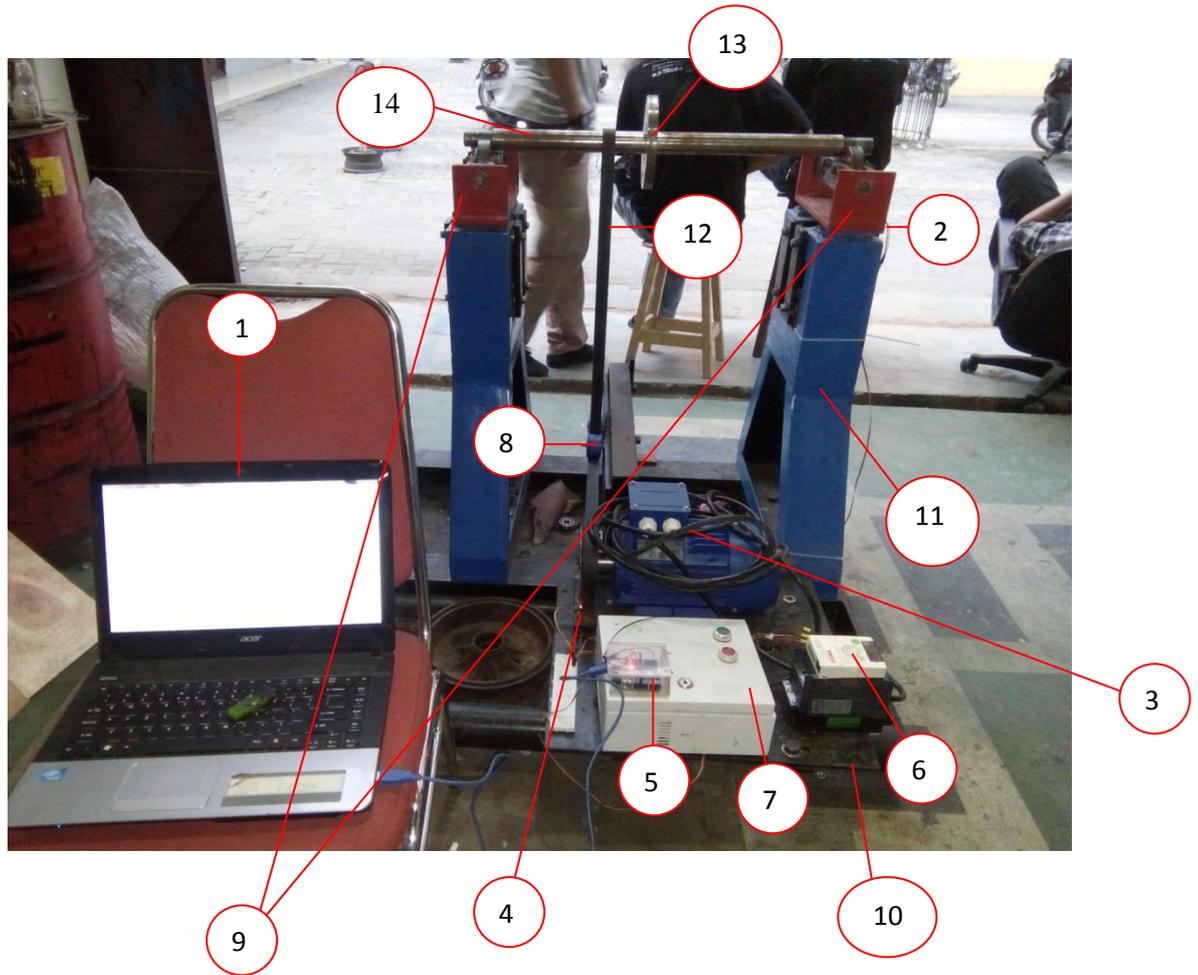
15. Inverter

Sebagai pengatur kecepatan pada motor AC.



Gambar 3.19. Inverter

3.3. Set Up Alat Keseimbangan Dinamik



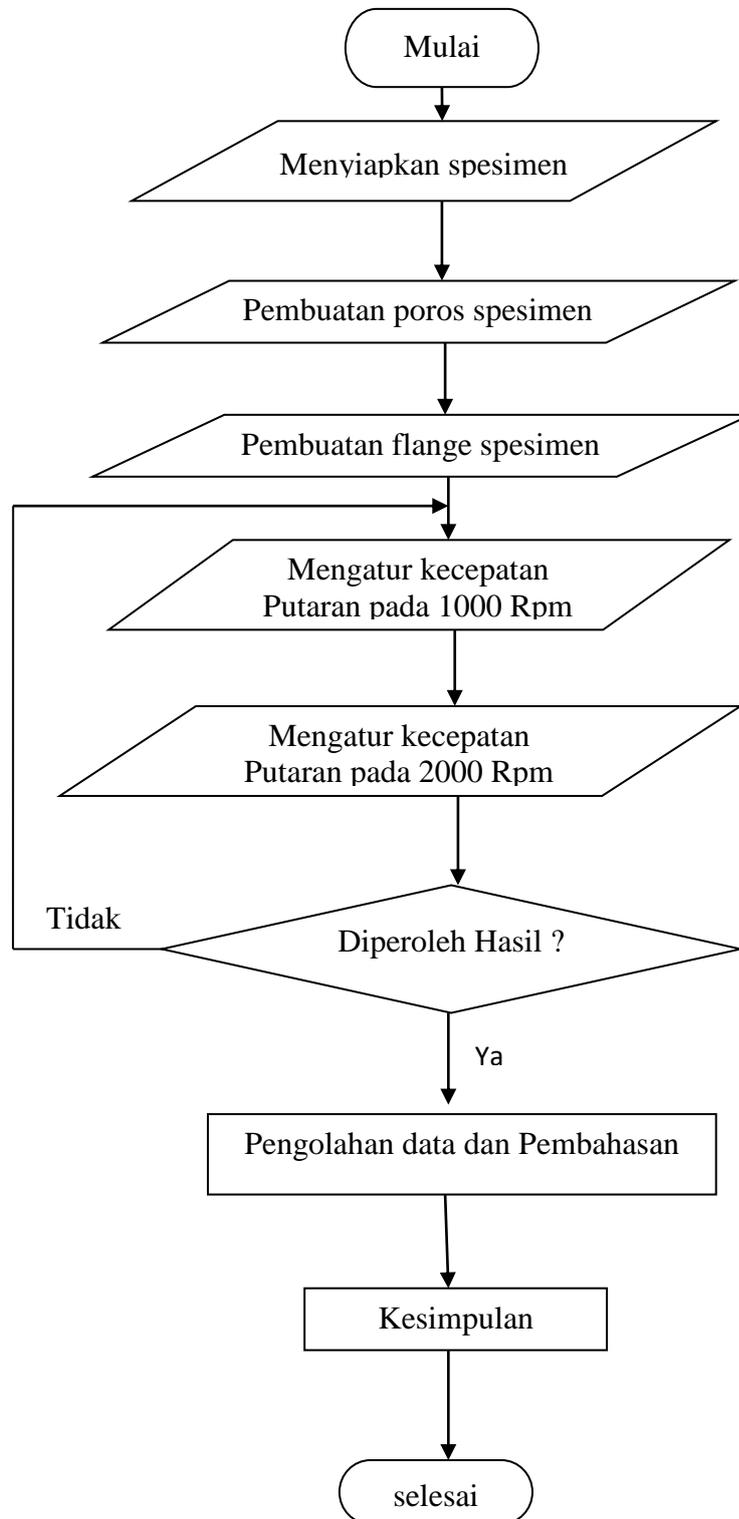
Gambar 3.20. Set Up Alat Keseimbangan Dinamik

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. *Flange*
14. Poros

3.4. Diagram Alir Percobaan



Gambar 3.21. Diagram Alir Percobaan

3.5. Prosedur Pengujian

1. Menyiapkan spesimen cakram rem mobil.



Gambar 3.22. Spesimen/Cakram Rem Mobil

2. Memasang flange dan cakram pada poros.



Gambar 3.23. Pemasangan Flange dan Cakram

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*.
6. Mengatur kecepatan putaran pada motor.
7. Memvariasikan kecepatan putaran motor 1000 Rpm dan 2000 Rpm
8. Memulai pengambilan data saat mesin *balancing* hidup.
9. Menyimpan data yang telah direkam oleh *Arduino Uno* sebagai data pengujian.
10. Membaca ketidakseimbangan cakram rem mobil dengan melihat getaran yang terjadi pada mesin *balancing*. Getaran tersebut akan direkam oleh sensor dan hasilnya dicatat sebagai data pengujian.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengujian

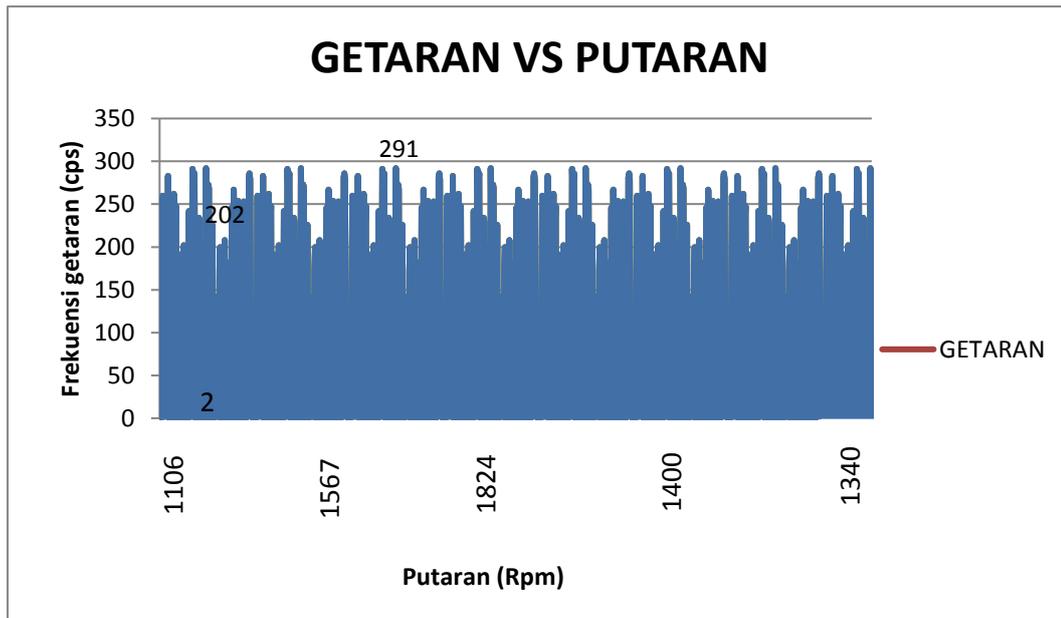
Dari hasil studi eksperimen, maka didapat data pengujian yang ditunjukkan pada tabel 4.1 dan 4.2. Data hasil studi eksperimen ini dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Data pengujian cakram rem mobil pada putaran 1000 Rpm
2. Data pengujian cakram rem mobil pada putaran 2000 Rpm

Data hasil studi eksperimen dibagi menjadi 2 agar dapat dilihat dimana putaran cakram yang seimbang dan tidak seimbang dengan variasi putaran yang berbeda. Dan dapat dilihat perbedaannya dari putaran 1000 Rpm dan 2000 Rpm, kondisi ini terjadi diakibatkan karena putaran yang semakin tinggi maka semakin besar pula terjadinya getaran pada mesin *balancing* karena putaran motor yang sangat tinggi mengakibatkan getaran terhadap seluruh mesin *balancing*. Getaran ini diakibatkan karena tidak adanya bantalan/peredam getaran pada motor listrik yang akan meminimalkan getaran pada seluruh mesin *balancing*. Begitu juga pada kecepatan rendah getaran terjadi diakibatkan putaran mesin yang tidak stabil/konstan dan mengakibatkan putaran poros yang tidak stabil.

4.2. Data Pengujian Cakram Rem Mobil Pada Putaran 1000 Rpm

Data pengujian cakram rem mobil pada putaran 1000 Rpm dapat dilihat pada gambar grafik sebagai berikut :

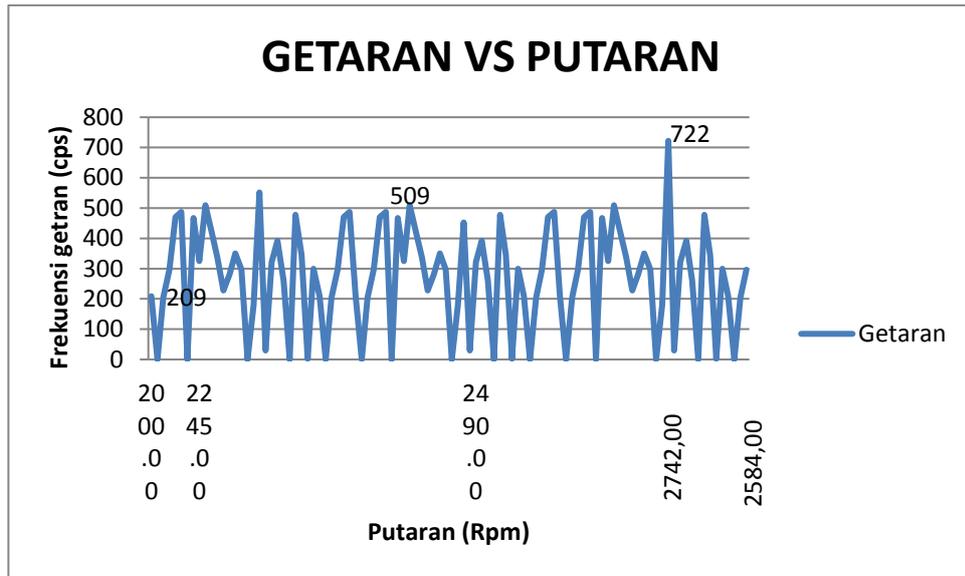


Gambar 4.1 Grafik Data Pengujian Cakram Rem Mobil Pada Putaran 1000 Rpm

Pada grafik 4.1. kita bisa lihat bagaimana kondisi keseimbangan cakram rem mobil. Pada putaran 1000 Rpm sampai dengan 1824 Rpm grafik getaran menunjukkan frekuensi yang tertinggi yaitu 291 cps (*cycles per second*). Gerakan frekuensi getaran tersebut harmonis dan tidak ada getaran yang melebihi 1000 cps sehingga kondisi ini bias dikatakan masih stabil/*balance*.

4.3. Data Pengujian Cakram Rem Mobil Pada Putaran 2000 Rpm

Data pengujian cakram rem mobil pada putaran 2000 Rpm dapat dilihat pada gambar grafik sebagai berikut :



Gambar 4.2. Grafik data pengujian cakram rem mobil pada putaran 2000 Rpm

Pada gambar 4.2 kita bisa lihat bagaimana kondisi keseimbangan cakram rem mobil pada kecepatan putaran 2000 Rpm. Dari kecepatan putaran 2000 Rpm sampai kecepatan putaran tertinggi yaitu 2742 Rpm. Dari gambar grafik diatas kita lihat frekuensi getaran terjadi dari 0 – 722 cps (*cycles per second*). Kondisi ini disebabkan semakin tinggi kecepatan putaran motor listrik maka semakin bertambah pula frekuensi getaran yang terjadi. Pada kondisi ini specimen masi dalam keadaan stabil/*balance* karena tidak ada frekuensi getaran yang mencapai pada frekuensi 1000 cps.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari analisa yang telah dilakukan oleh penulis, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Pengujian yang didapat dari variasi kecepatan putaran 1000 Rpm dan 2000 Rpm dan didapatkan perbedaan grafik antara kecepatan putaran 1000 Rpm dan 2000 Rpm. Pada grafik putaran 1000 Rpm frekuensi getaran mulai dari 0 sampai dengan 291 cps (*cycles per second*) sedangkan pada grafik putaran 2000 Rpm sampai dengan putaran 2742 Rpm frekuensi getaran mulai dari 0 sampai 722 cps.
2. Pada hasil pengujian pada kecepatan putaran 1000 Rpm grafik getaran yang didapat masih stabil atau bisa dibilang *balance*. Karena tidak terjadi getaran yang melebihi frekuensi 1000 cps pada saat pengujian. Dari putaran 1066 Rpm sampai dengan putaran 1824 Rpm tidak terjadi frekuensi getaran yang berlebih dan frekuensi yang tertinggi sampai 291 cps.
3. Pada hasil pengujian pada kecepatan putaran 2000 Rpm sampai dengan 2742 Rpm frekuensi getaran mulai tinggi sampai frekuensi 722 cps. Kondisi ini disebabkan karena semakin tinggi putaran motor listrik maka semakin tinggi juga frekuensi getaran yang terjadi dan kondisi ini masih stabil dikarenakan tidak ada frekuensi getaran yang melebihi 1000 cps

5.2. Saran

1. Sebaiknya untuk pengujian studi eksperimen getaran selanjutnya agar ditambahkan bantalan/peredam getaran pada dudukan motor agar tidak terjadinya getaran motor yang langsung pada mesin *balancing* karena getaran ini mempengaruhi perekaman data sensor getaran.
2. Sebaiknya mesin *balancing* diperbaruhi kembali agar pengambilan data dan proses penyeimbangannya dapat berjalan dengan mudah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aifu Zainur Rahman, 2015, "Rancang Bangun Alat Ukur Getaran Mesin Berbasis Arduino", Universitas Negeri Semarang, [Online : lib.unnes.ac.id/21129/1/5301410037-s.pdf]. diakses pada tanggal 6 juni 2017].
- Abidin, Zainal., 1996, *Vibration Monitoring Balancing/Alignment*, LPM-ITB, Bandung.
- Abidin, Zainal., 2007, *Mailing List*.
- 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].
- Arduino, [Online : <https://forum.arduino.cc/index.php?.topic=476382.0> diakses pada tanggal 8 juni 2017].
- Arduino Uno, [Online : ilearning.mc/sample.page.162/arduino/pengertian-arduino.uno/ diakses pada tanggal 8 juni 2017].
- Automotive education. Rem cakram", [Online : arifotomotif-smkn-2-garut.blogspot.co.id/2014/rem-cakram-uraian-rem-cakram-disc-brake.html]. diakses pada tanggal 8 juni 2017].
- Balancing machine, [Online: <http://www.alatuji.com/article/detail/347/balancing-machine/>]. diakses pada tanggal 12 juni 2017].
- Dimaragonas, Andrew D., Sam Haddad., 1992, *Vibration for Engineers*, Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Dwi Rahmanto, 2007, "Pengaruh Variasi Putaran Terhadap Efektivitas *Balancing* Poros Fleksible Pada Poros *Two-plane Balancing*", Universitas Sepuluh Maret Surakarta , [Online : <https://eprint.uns.ac.id/5099/1/71200607200908391.pdf>]. diakses pada tanggal 6 juni 2017].
- Entek IRD, The Machinery Information Company., 1996, *Dynamic Balancing*, Entek IRD International Company 1700 Edison Dr. Milford Ohio USA.
- George H. Martin, 1994, "Kinematika dan dinamika teknik", diterjemahkan oleh Ir. Setiyobakti, Penerbit Erlangga.
- Harie Satiyadi Jaya, 2010, "Tesis Studi Eksperimental Karakteristik 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].
- Jabir, Ahmad., 2003, *Perilaku Dinamik Sistem Poros Rotor dengan Cacat Retak Transversal*, Saintek, Jurnal Ilmiah dan Rekayasa, Volume 7 Nomor 1, Juli

- 2003, Lembaga Penelitian Universitas 17 Agustus Surabaya, hal 25 – 37.
- Structures/Motion Lab. 20-263-571, section 001, 002, 003, Hewlet Packard, 2003.
- Tim Getaran Mekanis., 2002, *Panduan Praktikum Fenomena Dasar Mesin, sub Getaran Mekanis, modul III. Balancing Empat Putaran (Four-run balancing)*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Wowk, Victor., 1995, *Machinery Vibration, Balancing*, McGraw-Hill Inc, New York.

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 : ILHAM PRATAMA SIREGAR
2. Jenis Kelamin : Laki – Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 11 Desember 1994
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Belum Menikah
6. Tinggi / Berat Badan : 166 cm / 50 kg
7. Agama : Islam
8. Alamat : Jl.Keruntung No.29 MEDAN
Kecamatan Tembung
9. No. Hp : +6282210259532
10. Email : ilhampratama_srg@yahoo.com

B. Riwayat Pendidikan

1. 2000 – 2006 : Lulus SD Negeri 060874
Medan perjuangan, Medan
2. 2006 – 2009 : Lulus SMP Negeri 27 Medan
3. 2009 – 2012 : Lulus SMK Negeri 4 Medan
4. 2012 – 2017 : Kuliah di Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara, Fakultas Teknik, Program
Studi Teknik Mesin S1