

# TUGAS AKHIR

## STUDI EXPERIMEN GETARAN PADA TROMOL REM MOBIL

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

**Disusun Oleh:**

**WAHYUDA KURNIADI**

**1207230041**



# UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Wahyuda Kurniadi  
NPM : 1207230041  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Studi Eksperimen Getaran Pada Tromol Rem Mobil  
Bidang ilmu :Kontruksi Dan Manufaktur

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

Medan, Maret 2019

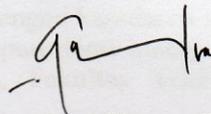
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



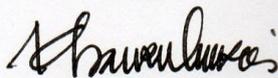
(H. Muharnif, S.T., M.Sc)

Dosen Penguji II



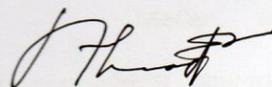
(Chandra A Siregar, S.T., M.T)

Dosen Penguji III



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

Dosen Penguji II



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

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



  
(Wahyuda Kurniadi, S.T., M.T)

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Wahyuda Kurniadi  
Tempat /Tanggal Lahir: Pintu Air / 29 Juni 1995  
NPM : 1207230041  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

### **“STUDI EXPERIMEN GETARAN PADA TROMOL REM MOBIL”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara 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 melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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

Medan, Maret 2019

----- Saya yang menyatakan,



(Wahyuda Kurniadi)

## ABSTRAK

Alat keseimbangan dinamik adalah suatu alat yang digunakan untuk menyeimbangkan poros, impeler, dan bahan rotary lainn. 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 tromol rem mobil yaitu menguji tromol rem mobil 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 amplitudo getaran 1,8 cps pada variasi kecepatan putaran 1000 Rpm getaran tromol masi dalam seimbang (*balance*) sedangkan di kecepatan putaran 2000 Rpm getaran naik sedikit dengan frekuensi getaran mencapai 2,9 cps, bisa dipastikan pada kondisi tersebut tromol masi seimbang atau *balance* dikarenakan tidak ada getaran yang melebihi batas kerja normal tromol rem mobil yaitu 1000 cps.

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

## **ABSTRACT**

*Dynamic balance tool is a device used to balance axle, impeller, and other rotary materials. High vibration levels indicate damage to engine components that can damage more severely. In this study an experimental study of the car brake drum, which determines the brake drum of the car with a rotation variation of 1000 Rpm and 2000 Rpm, which is obtained in which rotation occurs vibration. Test results data to determine the variation of vibration from the evolutionary speed of 1000 Rpm and 2000 Rpm. This test uses a sw420 vibration sensor and speed sensor that is applied to the Arduino Uno microcontroller. Testing by varying the speed of rotation using an inverter. From the test results obtained by the vibration amplitude of 1.8 cps at a variation of 1000 Rpm rotation speed still in balance (balance) at a rotation speed of 2000 Rpm vibration up with a vibration frequency reaching 2.9 cps, can be ascertained at that moment the balanced drum is balanced or balance because there is no vibration that exceeds the normal working limit of the car brake drum which is 1000 cps.*

**Keywords:** *balancing, unbalance, vibration*

## **KATA PENGANTAR**

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

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

1. Bapak Khairul Umurani,S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak H. Muarnif,S.T.,M.Sc selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Candra A Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Ade Faisal,S.T., M.Sc., Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan juga membantu penulis selama Tugas Akhir ini.
8. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Seluruh Bapak / Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
11. Kedua orang tua penulis, Ayahanda Kamaruddin, dan Ibunda Siti Aminah yang telah banyak memberikan kasih sayang, nasehatnya, doanya, serta pengorbanan yang tidak

dapat ternilai dengan apapun itu kepada penulis selaku anak yang di cintai dalam melakukan penulisan Tugas Akhir ini.

12. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
13. Seluruh rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin khususnya kelas A-3 Malam dan seluruh mahasiswa Fakultas Teknik.
14. Para sahabat tercinta dan keluarga dirumah yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis dengan memberikan masukan-masukan yang bermanfaat selama proses perkuliahan maupun dalam penulisan Tugas Sarjana ini.

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

Medan,   Maret 2019

Wahyuda Kurniadi

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1 Getaran	4
2.2 Penyebab Vibrasi Mesin	6
2.2.1 Getaran Yang Terjadi Disebabkan Oleh Tekanan Berulang	6
2.2.2 Kerenggangan Pada Komponen Mesin	7
2.2.3 Getaran Yang Diakibatkan Adanya Resonansi	7
2.3 Karakteristik Getaran	8
2.3.1 Getaran Mesin	9
2.3.2 Amplitudo	9
2.4 Pengolahan Data Getaran	13
2.5 Rem Tromol (Drum Brake)	14
2.5.1 Masalah Umum Yang Terjadi Pada Cakram Rem Mobil	16
2.6 Metode Balancing	17
2.7 Microcontroler	19
2.8 Sensor Yang Digunakan Pada Mesin Balancing	21
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>24</b>
3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	24
3.1.1. Tempat	24
3.1.2. Waktu Penelitian	24
3.2. Bahan dan Alat Penelitian	25
3.2.1. Bahan	25
3.2.2. Alat	26
3.3. Set Up Alat Keseimbangan Dinamik	34
3.4. Metode Penelitian	35
3.5. Prosedur Pengujian	36
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>37</b>

4.1. Pengujian	Data Hasil 37
4.2. Grafik Data Pengujian Tromol Rem Mobil Putaran 1000 Rpm	37
4.3. Grafik Data Pengujian Tromol Rem Mobil Putaran 2000 Rpm	42
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>47</b>
5.1. Kesimpulan	47
5.2. Saran	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Getaran dan Gelombang	4
Gambar 2.2	Ilustrasi Vibrasi Mesin	5
Gambar 2.3	Tekanan yang berulang pada mesin	6
Gambar 2.4	Kerenggangan Pada Komponen Mesin	7
Gambar 2.5	Karakteristik Getaran	8
Gambar 2.6	Getaran pada system pegas – massa sederhana	9
Gambar 2.7	Hubungan antara perpindahan, kecepatan, percepatan getaran	11
Gambar 2.8	Rumus	12
Gambar 2.9	Rumus	12
Gambar 2.10	Grafik Pengolahan Sinyal	13
Gambar 2.11	Komponen rem pada kendaraan roda empat	15
Gambar 2.12	Komponen rem tromol	15
Gambar 2.13	<i>Arduino UNO</i>	20
Gambar 2.14	<i>Vibration Sensor SW-420</i>	22
Gambar 2.15	Sensor Kecepatan	23
Gambar 2.16	Inverter	23
Gambar 3.1	Tromol Rem Mobil	25
Gambar 3.2	Poros	25
Gambar 3.3	<i>Flange</i>	26
Gambar 3.4	Baut Dan Mur	26
Gambar 3.5	Alat Keseimbangan Dinamik	27
Gambar 3.6	Motor Listrik AC	27
Gambar 3.7	Panel Listrik	28
Gambar 3.8	<i>Arduino UNO</i>	28
Gambar 3.9	Sensor Getaran	29
Gambar 3.10	Sensor Kecepatan	29
Gambar 3.11	Laptop	30
Gambar 3.12	Mesin Frais ( <i>Milling</i> )	30
Gambar 3.13	Mesin Bubut	31
Gambar 3.14	Sigmat	31
Gambar 3.15	Waterpass	32
Gambar 3.16	Mata Bor	32
Gambar 3.17	Kunci Pas Ring 14	33
Gambar 3.18	Meteran	33
Gambar 3.19	Inverter	33
Gambar 3.20	Set Up Alat Keseimbangan Dinamik	34
Gambar 3.21	Diagram Alir Percobaan	35
Gambar 3.22	Pemasangan poros pada alat keseimbangan dinamik	36
Gambar 4.1	Grafik Pengujian Tromol Rem Mobil Pada Putaran 1000 Rpm	38
Gambar 4.2	Grafik Kecepatan vs Waktu	38
Gambar 4.3	Grafik Perpindahan vs Waktu	39
Gambar 4.4	Grafik Percepatan vs Waktu	40
Gambar 4.5	Grafik Amplitudo vs Waktu	41
Gambar 4.6	Grafik Pengujian Tromol Rem Pada Putaran 2000 rpm	42
Gambar 4.7	Grafik Perpindahan vs Waktu	43

Gambar 4.8	Grafik Kecepatan vs Waktu	44
Gambar 4.9	Grafik Percepatan vs Waktu	45
Gambar 4.10	Grafik Amplitudo vs Waktu	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik dan Satuan Getaran	10
Tabel 3.1	Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	24

## DAFTAR NOTASI

No.	Simbol	Besaran	Satuan
1	$F_n$	frekuensi pribadi	Hz
2	$K$	kekakuan benda	N/m
3	$m$	massa benda	Kg
4	$n \text{ c}$	Kecepatan putaran	Rpm
5	$g$	Gram	-
6	$R$	Jari-jari	-
7	$\theta$	Sudut	-
8	$e$	Penambahan masa	-
9	$\omega$	Kecepatan sudut	-

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Mesin-mesin rotasi seperti mesin-mesin perkakas, *turbomachinery* untuk industri, mesin turbin gas pesawat terbang, dan lainnya. Pada umumnya terdiri dari poros yang berputar dengan putaran tertentu (Zhou and Shi. 2001). Agar dapat bekerja secara optimal maka mesin tersebut perlu dipelihara dan dirawat (*maintenance*). Prosedur perawatan dapat dilaksanakan secara terjadwal atau tidak terjadwal. Ketidak terjadwalan perawatan mesin akan mengakibatkan sebuah mesin dapat mengalami antara lain kegagalan suatu komponen yang salah satunya diakibatkan oleh ketidak seimbangan (*unbalance*) pada poros putar. Ketidakseimbangan ini akan menyebabkan suatu komponen mesin mengalami gaya sentrifugal tambahan yang disebabkan beban *unbalance*. Kondisi tersebut akan mengakibatkan getaran berlebihan yang akan menimbulkan kebisingan, dan selanjutnya menurunkan efisiensi mesin serta mengganggu kerja operator mesin tersebut.

Ketidakseimbangan dinamik (*dynamic unbalance*) pada mesin yang berputar menjadi masalah yang besar, karena sebagai sumber eksitasi getaran, gaya eksitasi tersebut naik secara kuadratis terhadap putaran dan linear terhadap eksentrisitas (Suhardjono, 2004). Demikian pula ketidakseimbangan yang terjadi pada tromol rem kendaraan jika melebihi batas standart yang diijinkan berakibat ketidaknyamanan dalam berkendara dan mengurangi umur pakai komponen yang langsung berkaitan dengan tromol rem tersebut. Selain daripada itu kendaraan sulit dikendalikan, menurunnya daya pengereman pada kendaraan dan memunculkan bunyi saat pengereman yang akan mengganggu pengendara sehingga sangat beresiko terhadap keamanan berkendara. *Balancing* merupakan prosedur perawatan untuk menghilangkan *unbalance* pada mesin dengan poros putar. Berdasarkan beban *unbalance* yang harus diatasi, metode *balancing* merupakan prosedur menambah atau mengurangi massa pada jarak radial tertentu untuk menyeimbangkan momen *unbalance*.

Berdasarkan uraian diatas, fenomena *unbalance* dan prosedur *balancing* merupakan hal yang harus dipelajari oleh rekayasawan teknik khususnya teknik mesin. Untuk meneliti fenomena ini, maka dilakukan penelitian yang mengembangkan proses keseimbangan pada mesin keseimbangan dinamik (*dynamic balancing*) dengan alat ukur berupa sensor getaran berbasis *Arduino UNO* sebagai *microcontroller* pembaca sensor getaran yang terhubung dengan komputer dengan hasil pencatatan datanya berupadata sheet. Proses *balancing* ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas getaran pada tromol rem mobil.

## 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana keseimbangan tromol rem mobil dengan variasi putaran 1000 rpm dan 2000 rpm.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa tujuan yang hendak dicapai dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui getaran yang terjadi pada tromol rem mobil.
2. Untuk mengetahui keseimbangan (*balance*) atau tidak seimbangan (*unbalance*) tromol rem mobil dengan variasi putaran kerja 1000 rpm dan 2000 rpm.
3. Untuk mengetahui tromol rem mobil masih layak di gunakan atau tidak.

## 1.4. Pembatasan Masalah

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

1. Alat yang digunakan untuk melihat getaran pada tromol rem mobil yaitu alat keseimbangan dinamik yang berada pada laboratorium program studi teknik mesin UMSU.
2. Ketidakseimbangan yang dianalisa hanya ketidakseimbangan yang diakibatkan oleh adanya massa *unbalance* pada tromol rem saja, ketidakseimbangan yang diakibatkan oleh sebab yang lain tidak termasuk dalam studi ini.

## 1.5. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk memberikan informasi kepada khalayak ramai mengenai teknik keseimbangan (*balancing*) dan getaran pada tromol rem mobil sehingga pengendara dapat lebih berhati – hati dalam berkendara.
2. Dalam bidang ilmu pengetahuan ini dapat dijadikan perencanaan sebagai tambahan informasi dalam getaran pada tromol rem mobil.

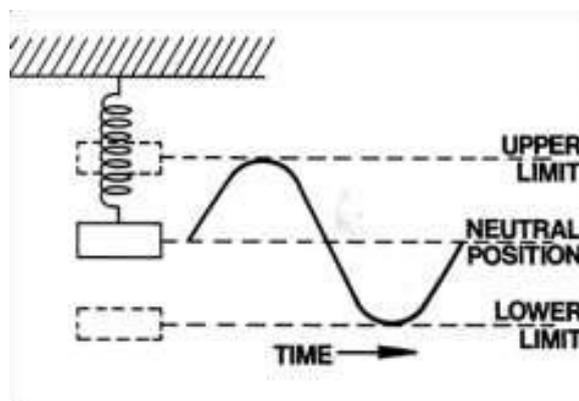
## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Getaran

Getaran adalah gerakan kontinyu, acak atau periodik dari suatu objek yang disebabkan oleh pegeksitasi alami dari struktur dan kerusakan mekanis ([www.migas-indonesia.com](http://www.migas-indonesia.com), 2005). Jika dijabarkan lebih lanjut definisi getaran (*vibration*) adalah gerakan yang berulang-ulang dengan tempo yang cepat pada mesin.

Masalah masalah mekanik yang terjadi dapat diketahui dengan mengukur karakteristik getaran pada mesin tersebut , karakteristik karakteristik getaran yang penting antara lain adalah :

- 1) Frekuensi getaran
- 2) Perpindahan getaran (*vibration displacement*)
- 3) Kecepatan getaran (*vibration velocity*)
- 4) Percepatan getaran (*vibration acceleration*)
- 5) Phase getaran

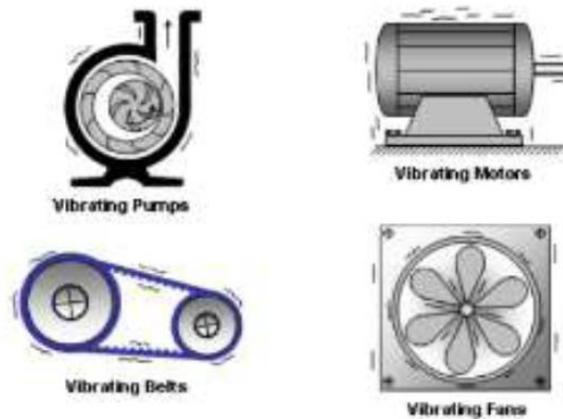


Gambar 2.1. ilustrasi getaran dan gelombang ([www.vibrasiblog.bolgspot.com](http://www.vibrasiblog.bolgspot.com))

Ilustrasi sederhana dari getaran adalah pegas dengan sebuah beban, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. pada posisi netral maka pegas akan merenggang untuk mengimbangi beban. Jika pegas ini iberi gaya seketika dengan menarik beban, misalkan pada posisi bawah kemudian langsung dilepaskan akan membuat beban bergerak bolak-balik dari posisi bawah menuju posisi atas dan seterusnya guna mengimbangi gaya seketika tersebut.

Gerakan dari beban yang bergerak bolak-balik akan membentuk sebuah gelombang dengan domain waktu.

Kasus yang dominan terjadi dalam getaran mesin adalah yang disebabkan oleh gaya eksitasi yang berasal dari mesin itu sendiri. Gambar 2.2 dibawah mengilustrasikan vibrasi yang terjadi pada mesin-mesin seperti pompa, motor, sabuk dan kipas.



Gambar 2.2. Ilustrasi Vibrasi Mesin (Vyas Mukesh : 5)

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 antifriksi (*faulty antifriction bearing*), kerusakan pada bantalan *sleeve* (*sleeve bearing*), kelonggaran mekanik (*mechanical looseness*), buruknya sabuk penggerak (*faulty drive belt*), kerusakan roda gigi (*gear problem*), masalah listrik (*electrical problem*), resonansi (*resonance*), gaya aerodinamika (*aerodynamic and hydraulic forces*), gaya *reciprocating* (*reciprocating forces*), dan gesekan (*rubbing*) (IRD Entek, 1996).

Ketidakeimbangan (*unbalance*) merupakan kondisi yang dialami poros putar sebagai akibat dari gaya sentrifugal, yang kemudian akan menimbulkan gaya getaran. Selanjutnya gerak poros dan gaya getaran akan diteruskan ke bantalan. Besarnya *unbalance* ini juga dipengaruhi oleh putaran. Suatu poros dapat mengalami *unbalance*, yang disebabkan bahan poros tidak homogen (lubang/*void* yang terjadi pada saat pembuatan poros), eksentrisitas poros, penambahan alur dan pasak poros, serta distorsi yang dapat berupa retakan (*crack*), bekas pengelasan, atau perubahan bentuk pada poros.

Prosedur perawatan untuk mengurangi *unbalance* pada mesin disebut *balancing*. *Balancing* terdiri dari prosedur pengukuran getaran dan menambahkan atau mengurangi

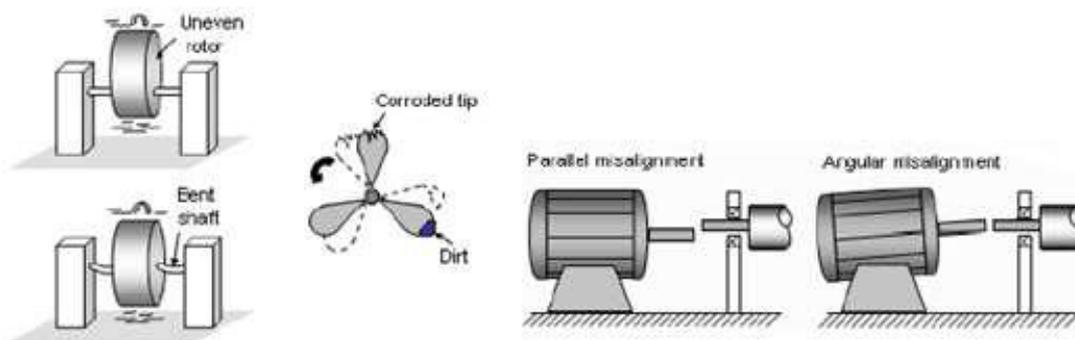
beban untuk mengatur distribusi massa. Tujuan *balancing* adalah menyeimbangkan mesin putar, yang pada akhirnya akan mengurangi getaran (Tim Getaran Mekanis, 2002).

## 2.2. Penyebab Vibrasi Mesin

Seperti yang telah disebutkan diatas bahwa vibrasi mesin terjadi karena adanya gaya pada suatu mesin yang mempengaruhinya yaitu gaya yang ditimbulkan dari dalam ataupun gaya yang dihasilkan dari luar mesin itu sendiri. Adapun 3 penyebab utama terjadinya vibrasi mesin yang merupakan representasi dari gaya dalam maupun luar, sebagai berikut :

### 2.2.1. Getaran Yang Terjadi Disebabkan Oleh Tekanan Yang Berulang

Mesin akan bergetar apabila diberi tekanan yang berulang, dalam konteks vibrasi mesin tekanan yang berulang terjadi karena *unbalance rotation*, ketidaklurusan (*misalgmt*), komponen yang usang, dan pemasangan komponen yang kurang tepat.



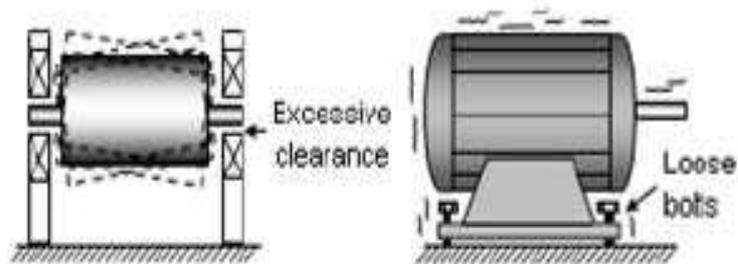
Gambar 2.3. Tekanan yang berulang pada mesin (Vyas Mukesh : 8)

Gambar 2.3 diatas mengilustrasikan tekanan yang berulang pada mesin sehingga timbul vibrasi. Pada gambar paling kiri digambarkan adanya *unbalance cerotation* karena poros yang melengkung dan rotor yang tidak tepat ditengah poros. Pada gambar tengah digambarkan terjadi korosi pada kompinen pisau kipas sehingga terjadilah vibrasi. Pada dua gambar paling kanan digambarkan terjadi *misalignment* saat pemasanga sambungan motor, hal ini menyebabkan terjadinya vibrasi.

### 2.2.2. Kerenggangan Pada Komponen Mesin

Penyebab terjadinya vibrasi mesin selanjutnya adalah kerenggangan (*looseness*). Kerenggangan dari bagian-bagian mesin juga dapat menyebabkan terjadinya vibrasi mesin.

Jika salah satu bagian mesin renggang maka vibrasi mesin yang seharusnya masih dalam toleransi bisa menjadi berlebihan dan bahkan tak terkendali. Pada gambar 2.4 dibawah mengilustrasikan terjadinya kerenggangan pada bagian bearing dan bagian baut dudukan motor sehingga terjadi vibrasi.



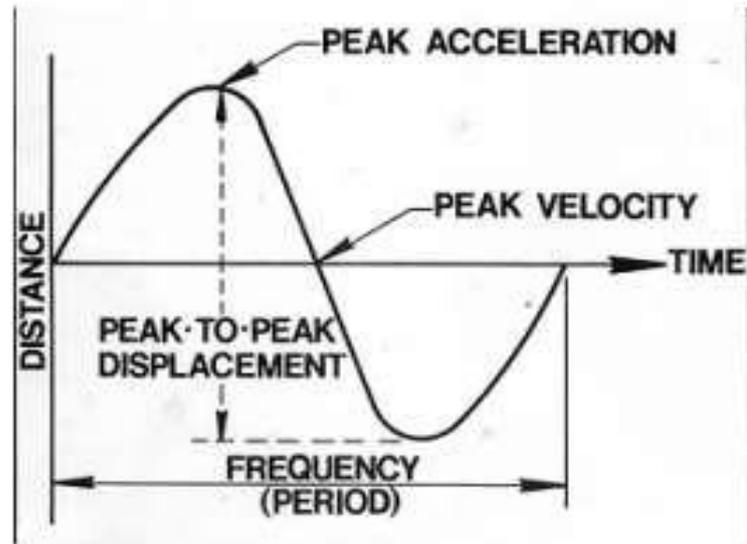
Gambar 2.4. Kerenggangan Pada Komponen Mesin (Vyas Mukesh : 9)

### 2.2.3. Getaran Yang Diakibatkan Adanya Resonansi

Mesin cenderung akan bergetar pada tingkat osilasi tertentu yang disebut tingkat osilasi alami. Pada tingkat osilasi ini mesin akan memilih bergetar. Sebagian besar mesin memiliki lebih dari dua substruktur yang berbeda tingkat osilasi alami akan menunjukkan setidaknya dua tingkat osilasi alami. Secara umum, semakin kompleks mesin semakin banyak tingkat osilasi alaminya.

### 2.3. Karakteristik Getaran

Dari sub bab 2.1 diatas diketahui bahwa gerakan dari getaran akan membentuk suatu gelombang yang mempresentasikan parameter getaran. Ada tiga parameter utama yang digunakan sebagai acuan dalam pengukuran getaran mesin. Dengan mengacu pada gerakan pegas, kita dapat mempelajari karakteristik suatu getaran dengan memetakan gerakan dari pegas terhadap fungsi waktu.

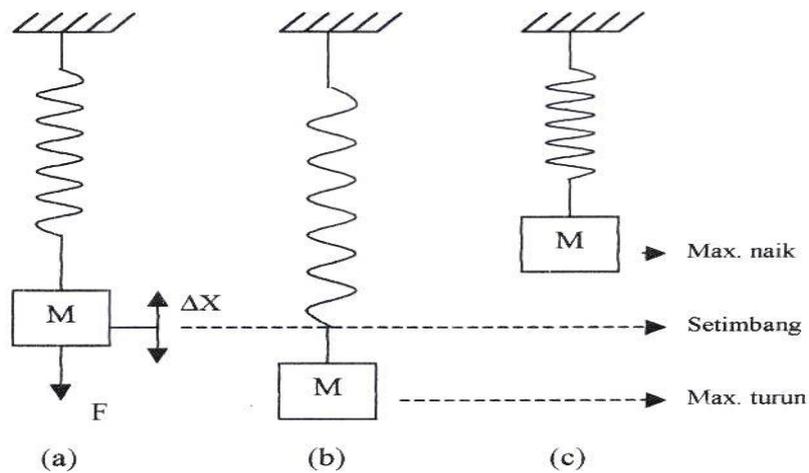


Gambar 2.5. Karakteristik Getaran ([www.vibrasiblog.blogspot.com](http://www.vibrasiblog.blogspot.com))

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. Gerak beban dari posisi netralnya kebatas atas kemudian kembali ke posisi netral (kesetimbangan) dan bergerak kembali kebatas bawah kemudian kembali keposisi kesetimbangan, menunjukkan gerakan satu siklus. Waktu untuk melakukan gerak satu siklus ini disebut periode, sedangkan jumlah siklus yang dihasilkan dalam interval waktu tertentu disebut frekuensi. Dalam analisis getaran mesin, frekuensi lebih bermanfaat karena berhubungan dengan rpm (putaran) suatu mesin. Karakteristik pada suatu sistem dapat dilihat pada gambar 2.5.

### 2.3.1. Getaran Mesin

Contoh sederhana frekuensi getaran dapat dilihat pada sebuah pegas yang salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya di beri massa  $M$  seperti gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.6 getaran pada sistem pegas–massa sederhana

Mula-mula sistem dalam keadaan seimbang (gambar 26)

- jika massa di beri gaya  $F$  maka massa akan turun sampai batas tertentu (gambar 2.6)
- perpindahan maksimum posisi massa bergantung pada besarnya gaya  $F$ , tidak dikenakan lagi pada massa, maka massa akan ditarik ke atas oleh pegas karena tenaga potensialnya tersimpan pada pegas (gambar 2.6 )
- massa akan kembali keposisi kesetimbangan. Selanjutnya bergerak ke atas sampai batas tertentu, perpindahan maksimum ke atas dipengaruhi oleh kekuatan tarik pegas dan massa benda.

Proses tersebut akan berulang sampai tidak ada pengaruh gaya luar pada sistem. Gerakan massa naik turun ini disebut osilasi mekanis, berkaitan dengan mesin. Getaran (*machinery vibration*) didefinisikan gerakan bolak balik dari mesin atau elemen mesin dari posisi setimbang.

### 2.3.2. Amplitudo

Amplitudo adalah ukuran atau besarnya sinyal getaran yang dihasilkan. Amplitudo dari sinyal getaran ini mengidentifikasi besarnya gangguan yang terjadi. Semakin tinggi nilai amplitudo menandakan semakin besargangguan yang terjadi. Dalam pengukuran getarn mesin, amplitudo dapat direpresentasikan sebagai perpindahan, kecepatan dan percepatan. Amplitudo dalam sistem internasional bisa disimbolkan dengan ( $A$ ) dan memiliki satuan ( $m$ ). Jenis amplitudo yang akan diukur menentukan jenis sensor yang akan digunakan.

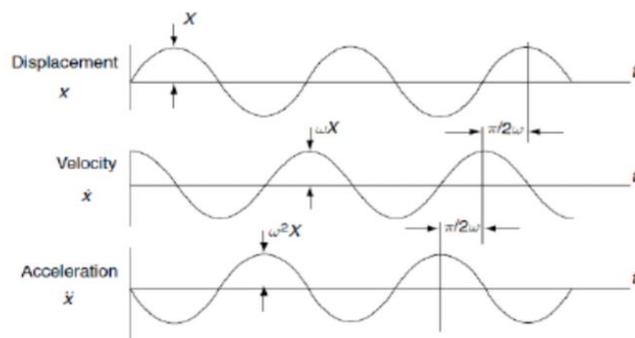
Satuan yang digunakan tiap karakteristik dapat dilihat pada tabel 2.1. Untuk keperluan program *preventive maintenance*, kecepatan getar adalah karakteristik yang penting di ukur.

Tabel 2.1. Karakteristik dan satuan getaran.

Karakteristik Getarn	Satuan	
	Metrik	British
Perpindahan	Microns peak to peak (1 $\mu$ m = 0.01 mm)	Mils peak to peak (0.001)
Kecepatan	Mm/sG	In/s G
Percepatan	(I <sub>g</sub> = 980 cm/s <sup>2</sup> )	(I <sub>g</sub> =5386 in/s <sup>2</sup> )
Frekuensi	Cpm,cps,Hz	Cpm,cps,Hz

a. Perpindahan

Pengukuran perpindahan dalah pengukuran jarak perpindahan benda dari posisi awal saat terjadi getaran. Dalam unit SI satuan jarak adalah meter (m), namun untuk pengukuran getaran umumnya menggunakan standar micron ( $\mu$ m) atau mils. Pengukuran perpindahan getaran umumnya menggunakan *sensor non-contact seperti sensor eddy-current* atau *sensor proximity capacitive*.



Gambar 2.7. Hubungan antara perpindahan, kecepatan dan percepatan getaran.(www.vibrsiblog.blogspot.com).

Dalam pengukuran getaran mesin sebagai standar digunakan jarak perpindahan puncak ke puncak (*peak to peak displacement*), Contohnya adalah perpindahan poros karena gerak putarnya

#### b. Kecepatan

Kecepatan adalah laju perubahan jarak per satuan waktu. Kecepatan merupakan salah satu indikator yang paling baik untuk mengetahui masalah getaran pada mesin kecepatan sedang. Jika melihat pada gambar 2.5 di atas maka kecepatan suatu benda adalah nol ketika masih dalam posisi berhenti dan ketika dalam posisi puncak sebelum berubah arah ke arah yang berlawanan. Satuan yang digunakan industri untuk kecepatan umumnya menggunakan standar mm/s atau inci/s. Pengukuran kecepatan getaran umumnya menggunakan *transducer swing coil velocity*.

#### c. Percepatan

Percepatan adalah laju perubahan kecepatan terhadap perubahan waktu. Percepatan merupakan parameter yang sangat penting dalam analisis mesin yang berputar. Dalam unit SI satuan percepatan adalah meter per sekon<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>), namun industri umumnya menggunakan standar g (*gravity*) dimana 1 g = 9,8 m/s<sup>2</sup>. Parameter percepatan getaran diukur menggunakan *transducer accelerometer*.

### 3. Frekuensi

Frekuensi adalah banyaknya gelombang getaran dalam satu satuan waktu. Unit satuan untuk frekuensi biasanya ditunjukkan dalam satuan *cycle per second* (CPS) atau *cycle per minute* (CPM) ataupun dalam satuan hertz, dimana nilai 1 CPS sama dengan 1 Hz (CPS = Hz). Frekuensi merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk analisis kondisi mesin sama halnya dengan detak jantung yang mengindikasikan kesehatan. Frekuensi getaran penting diketahui dalam analisis getaran mesin untuk menunjukkan masalah yang terjadi pada mesin mesin tersebut. Dengan mengetahui frekuensi getaran, akan memungkinkan untuk dapat mengidentifikasi bagian mesin yang salah 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.

$$Fn = \frac{120 \times f}{P} \quad 2.8$$

Putaran yang bersesuaian dengan frekuensi ( $fn$ ) sebuah benda atau sistem yang bergetar. Frekuensi putar akan mengakibatkan amplitudo getaran yang paling besar secara matematik dituliskan dengan rumus :

$$nc = 60 \times fn \quad 2.9$$

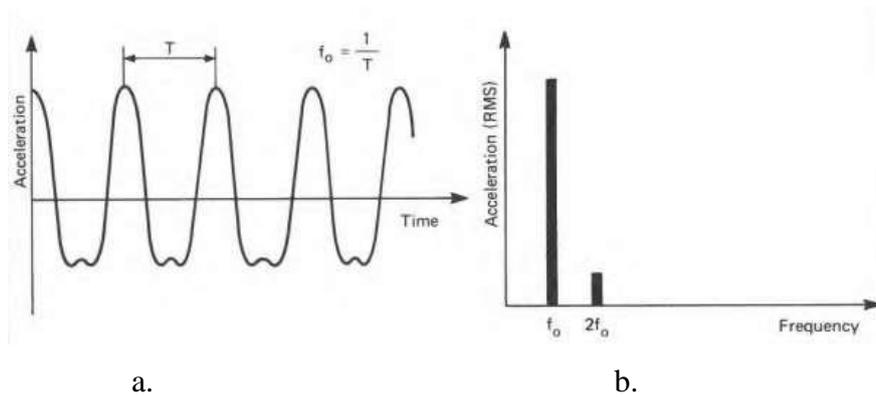
Mesin-mesin putar dalam pengoperasiannya harus menghindari semua frekuensi. Misalkan putaran maksimum mesin pompa yang disambungkan dengan sistem perpipaan yang telah diketahui frekuensi-frekuensi pribadinya ( $f_{n1}$  s/dfn ) adalah 3000 rpm dan gaya eksitasi mesin pompa hanya disebabkan ketidakseimbangan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

#### 4. Fase

Fase adalah perpindahan atau perubahan posisi pada bagian-bagian yang bergetar secara relatif untuk menentukan titik referensi atau titik awal pada bagian lain yang bergetar pada frekuensi yang sama.

#### 2.4. Pengolahan Data Getaran

Data hasil pengukuran getaran dapat diolah menggunakan dua domain, yaitu domain waktu dan domain frekuensi. Dua domain ini menampilkan parameter parameter getaran untuk keperluan monitoring serta analisis.



Gambar 2.10. Grafik Pengolah Sinyal (Broch,25)

a. Grafik domain waktu

Sinyal getaran yang diperoleh melalui pengukuran baik menggunakan sensor *accelerometer*, *swing coil velocity* maupun *eddy-current* sensor merupakan sinyal dinamik yang nilainya berubah setiap waktu. Oleh karena itu, maka diperlukan pengolahan sinyal getaran dengan domain waktu. Grafik *waveform* merupakan grafik yang menampilkan amplitudo getaran dengan domain waktu. Pengolahan data getaran dengan domain waktu biasanya digunakan untuk monitoring getaran secara *realtime*.

b. Grafik domain frekuensi

Secara konseptual, pengolahan data dengan domain frekuensi dilakukan dengan mengkonversi data domain waktu ke dalam domain frekuensi menggunakan proses transformasi fourier cepat. Penggunaan data domain frekuensi ini untuk keperluan analisa setelah diketahui trend level getaran yang terukur pada data domain waktu melebihi getaran yang diperbolehkan.

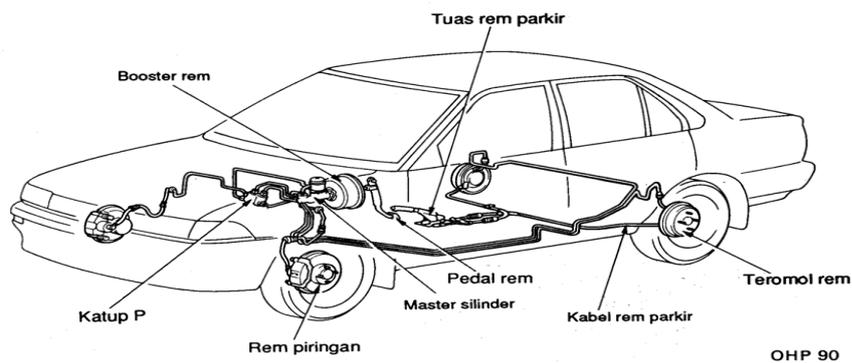
2.5. Rem Tromol (*Drum Brake*)

Pada penelitian ini penulis akan melakukan pengujian pada rem tromol mobil untuk mengetahui bagaimana karakteristik getaran rem tromol mobil tersebut. Rem tromol adalah jenis rem pada kendaraan yang masih digunakan hingga saat ini. Pengoperasiannya biasanya digunakan untuk jenis pengereman roda bagian belakang. Ketika *brake lining* bergesekan dengan *brake drum*, panas yang ditimbulkan dapat mencapai 200-300 derajat celcius.

Rem berfungsi untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan kendaraan, memungkinkan parkir pada tempat yang menurun dan sebagai alat pengaman dan menjamin

pengendalian yang aman. Rem yang digunakan pada kendaraan bermotor dapat digolongkan menjadi beberapa tipe tergantung pada penggunaannya.

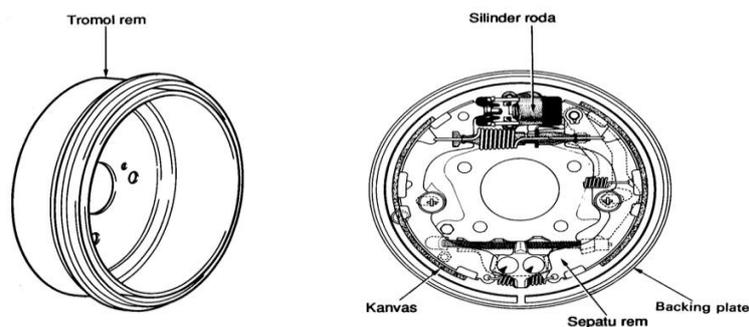
- a. Rem kaki (*foot brake*) digunakan untuk mengontrol kecepatan dan menghentikan kendaraan.
- b. Rem parkir (*parking brake*) digunakan terutama untuk memarkir kendaraan.
- c. Rem tambahan (*auxiliary brake*) digunakan pada kombinasi rem biasa (kaki) yang digunakan pada truk diesel dan kendaraan berat.



Gambar 2.11. komponen rem pada kendaraan roda empat

([www.isuzu.training.center.co.id/sistem-rem](http://www.isuzu.training.center.co.id/sistem-rem))

Prinsip rem adalah mengubah energi gerak menjadi energi panas. Umumnya rem bekerja disebabkan oleh adanya sistem gabungan penekanan melawan sistem gerak putar. Efek pengereman (*braking effect*) diperoleh dari adanya gesekan yang ditimbulkan antara dua objek/benda. Pada rem tromol, kekuatan tenaga pengereman diperoleh dari sepatu rem yang diam menekan bagian dalam tromol yang berputar. Komponen rem tromol terdiri dari *backing plate*, silinder roda, sepatu rem dan kanvas, tromol rem.



Gambar 2.12. Komponen Rem Tromol

([www.isuzu.training.center.co.id/sistem-rem](http://www.isuzu.training.center.co.id/sistem-rem))

Tromol rem terbuat dari besi tuang (*gray cast iron*). Ketika kanvas menekan bagian dalam dari tromol akan terjadi gesekan yang menimbulkan panas yang mencapai suhu 200-300<sup>0</sup>C. Pada kondisi tersebut tromol rem akan mengalami keausan, dan menyebabkan harus adanya perbaikan yang diakibatkan oleh keausan tersebut. Karena bisa saja tromol rem yang aus tersebut mengalami ketidakseimbangan (*unbalance*) sehingga perlu perbaikan. Dari penguraian ini maka dibutuhkan perbaikan pada tromol rem yang fungsinya untuk menormalkan lagi fungsi kerja rem tersebut.

#### 2.5.1. Masalah umum yang terjadi pada cakram rem mobil

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 disarankan 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. Pendeteksian 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.

## 2.6. 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).

## 2.7. *Microcontroller*

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

Pada studi eksperimental ini *microcontroller* yang digunakan yaitu *Arduino UNO*. *Arduino UNO* adalah sebuah *board microcontroller* yang didasarkan pada ATmega328 (*data sheet*). *Arduino UNO* mempunyai 14 pin *digital input/output* (6 diantaranya dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 *input analog*, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah *ICSP header*, dan sebuah tombol reset. Menurut syahwil (2013), arduino merupakan kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang didalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip *microcontroller* jenis AVR dari atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik.

Secara umum, arduino terdiri dari dua bagian, yaitu :

- a. *Hardware* berupa papan i (I/O) yang *open source*.
- b. *Software arduino* yang juga *open source*, meliputi *software arduino IDE* untuk menulis program dan driver untuk koneksi dengan komputer.



Gambar 2.13. *Arduino UNO*( [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

*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.

a. Kelebihan arduino

Arduino merupakan platform mikrokontroler yang bertujuan menyederhanakan berbagai macam kerumitan maupun detail rumit pada pemrograman mikrokontroler sehingga menjadi paket yang mudah digunakan (*easy to use*). Selain kelebihan utama tersebut, arduino juga menawarkan berbagai keunggulan lainnya seperti berikut :

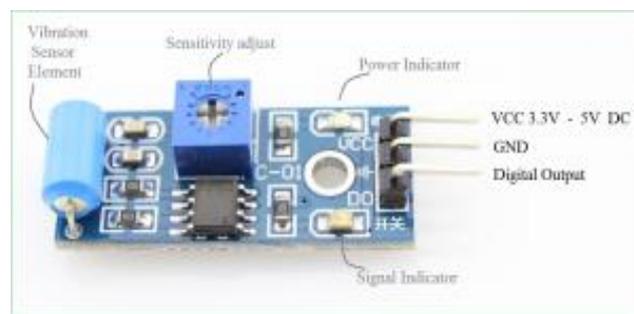
- Ekonomis. biaya pembuatan board arduino cukup murah dibandingkan dengan platform mikrokontroler lainnya.
- Sederhana dan mudah pemrogramannya. Arduino sangat ramah bagi pengguna pemula karena memang dikembangkan dalam dunia pendidikan.
- Perangkat lunaknya *open source*. Perangkat lunak Arduino IDE dipublikasikan secara *open source*.
- Perangkat kerasnya *open source*.
- Tidak perlu perangkat chip programmer. Tersedia bootloader yang menangani upload program dari komputer.
- Sudah memiliki sarana komunikasi USB. Sehingga memudahkan pengguna komputer terbaru yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.
- Bahasa pemrograman relatif mudah, karena software arduino dilengkapi dengan kumpulan library yang cukup lengkap.
- Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada *board arduino* misalkan *shield GPS, Ethernet, SD Card*, dll.

## 2.8. 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 2.14.



Gambar 2.14. *Vibration Sensor SW-420* ( [www.vibration.sensor.com](http://www.vibration.sensor.com) )

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 2.15.



Gambar 2.15. Sensor Kecepatan ([www.Andromina.robot.com](http://www.Andromina.robot.com))

## 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 2.16.



Gambar 2.16. Inverter

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian perlu di perhatikan 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 eksperimen getaran pada tromol 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 perakitan alat keseimbangan dinamik dan pengambilan data kurang lebih 6 bulan. Waktu penelitian ini terlihat pada tanggal 5 Oktober 2018 dan terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 : Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		10	11	12	1	2	3
1	Mulai						
2	Persiapan spesimen						
3	Pembuatan <i>Flange</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 penelitian ini yaitu sebagai berikut :

#### 1. Tromol rem mobil

Tromol rem mobil digunakan sebagai spesimen dalam penelitian ini yang akan di uji keseimbangannya.



Gambar 3.1. Tromol 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 dengan poros agar spesimen terikat pada poros alat uji keseimbangan dinamik dan pengujian pun bisa dilakukan.



Gambar 3.3. Flange

#### 4. Baut dan Mur

Baut dan mur digunakan sebagai pengikat/ penghubung flange dengan spesimen yang akan diuji.



Gambar 3.4. Baut dan Mur

#### 3.2.2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

##### 1. Alat keseimbangan dinamik

Alat keseimbangan dinamik digunakan sebagai alat bantu pengujian keseimbangan pada spesimen yang berbentuk rotor atau poros. Pengujian dalam alat keseimbangan dinamik untuk melengkapi uji komputasi dengan alat bantu arduino UNO untuk mengetahui titik *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 bealting sebagai penerus putaran motor listrik AC.



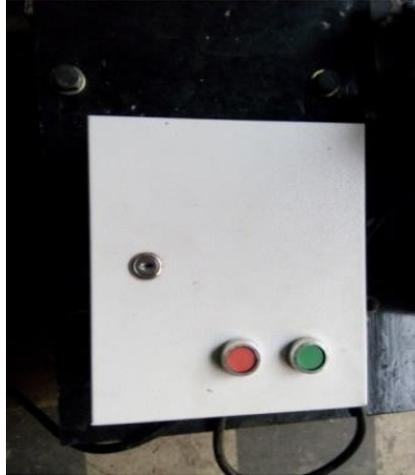
Gambar 3.6. Motor Listrik

Spesifikasi :

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

## 3. Panel listrik

Panel listrik digunakan sebagai pemutus dan penyambung daya pada motor listrik dengan aliran daya listrik PLN.



Gambar 3.7. Panel Listrik

#### 4. Arduino UNO

Arduino UNO digunakan sebagai microcontroller pembaca alat sensor getaran dan sensor kecepatan yang sudah dispesifikasikan dengan alat uji keseimbangan dinamik yang data nya nanti akan terekam pada laptop atau PC komputer. Hasil pencatatan data berupa data sheet dan grafik.



Gambar 3.8. *Arduino UNO*

#### 5. Sensor getaran

Sensor getaran digunakan sebagai pendeteksi getaran dari area yang dipasngkan sensor getaran. Sensor getaran ini yang mendeteksi getaran pada spesimen yang akan diuji dan mengetahui karakteristik getaran pada spesimen apakah getaran yang dialami spesimen masi terbilang stabil (*balance*) ataupun unbalance. Nantinya getaran tersebut akan terdeteksi pada laptop dan akan bisa menanganinya lebih lanjut.



Gambar 3.9. Sensor Getaran

6. Sensor kecepatan

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



Gambar 3.10. Sensor Kecepatan

7. Laptop

Laptop digunakan untuk menampilkan data sheet atau grafik yang dideteksi oleh microcontroller 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

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

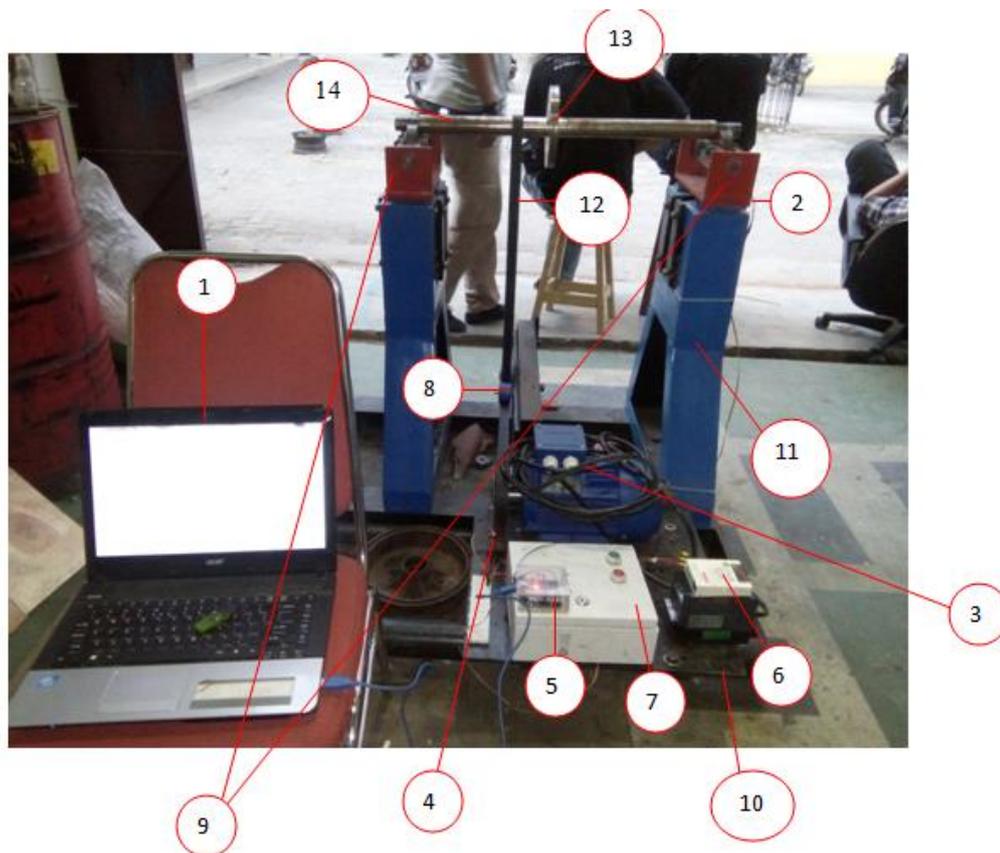
15. Inverter

Sebagai pengatur kecepatan putaran pada motor listrik.



Gambar 3.19. Inverter

### 3.3. Set Up Alat Keseimbangan Dinamik

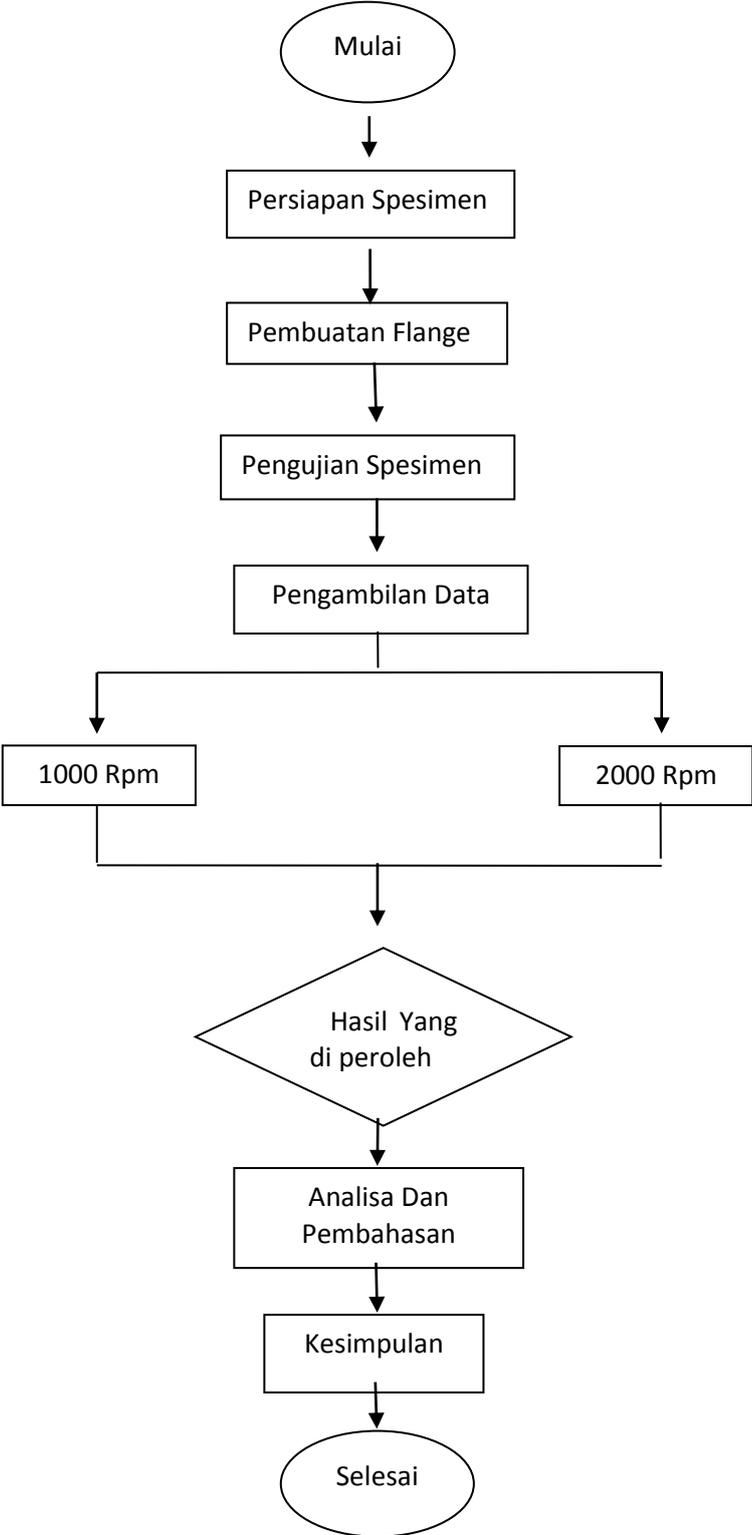


Gambar 3.20. Set Up alat Keseimbangan Dinamik

Keterangan :

- |                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| 1. Laptop               | 8. Pully                     |
| 2. Sensor Getar 500-420 | 9. <i>Roller balancing</i>   |
| 3. Motor kistrik AC     | 10. Dudukan motor listrik AC |
| 4. Sensor kecepatan     | 11. Tiang kaku               |
| 5. <i>Arduino UNO</i>   | 12. <i>Bealting</i>          |
| 6. Inverter             | 13. <i>Flange</i>            |
| 7. Panel listrik        | 14. Poros                    |

3.4. Metode Penelitian



Gambar 3.21 Diagram alir percobaan

### 3.5. Prosedur Pengujian

1. Menyiapkan spesimen tromol rem mobil yang akan diuji.
2. Memasang flange dan tromol pada poros alat keseimbangan dinamik.
3. Menaikan poros tersebut ke alat keseimbangan dinamik.



Gambar 3.22. pemasangan poros pada alat keseimbangan dinamik.

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 listrik.
7. Memvariasikan kecepatan putaran motor listrik 1000 rpm dan 2000 rpm.
8. Memulai pengambilan data saat mesin *balancing* hidup.
9. Menyimpan data yang telah direkam oleh arduino sebagai data pengujian.
10. Membaca ketidakseimbangan tromol rem mobil dengan cara melihat data grafik pengujian yang terekam oleh *arduino*.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### 4.1. Data Hasil Pengujian

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

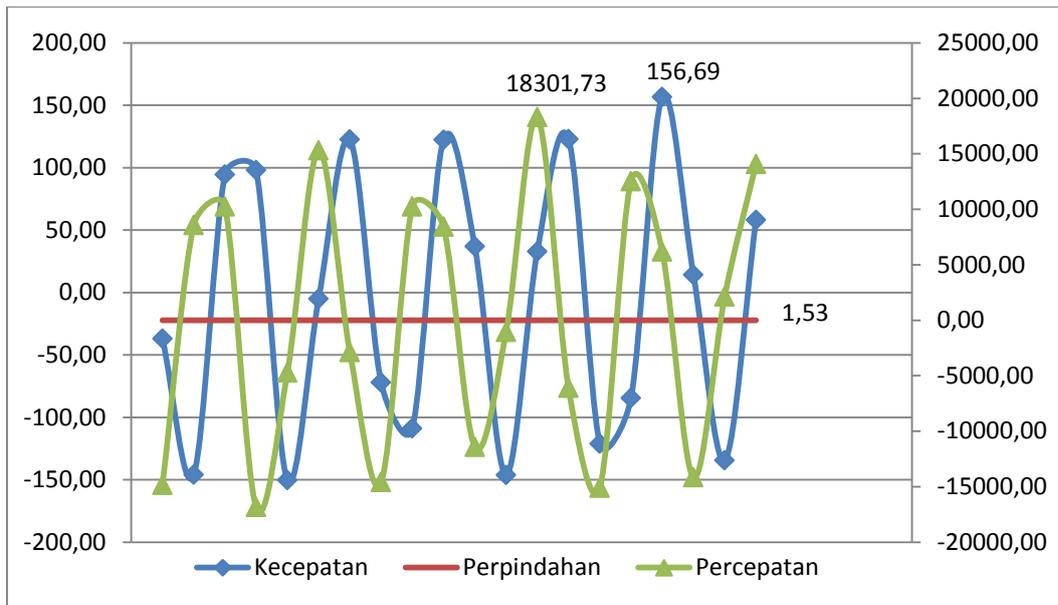
1. Grafik data pengujian tromol rem mobil pada putaran 1000 Rpm.
2. Grafik data pengujian tromol rem mobil pada putaran 2000 Rpm.

Data hasil pengujian studi eksperimen ini dibagi menjadi 2 agar dapat dilihat dari grafik putaran yang berbeda dengan menguji spesimen tersebut di dalam putaran yang bervariasi. Variasi putaran ini sangat diperlukan dalam studi eksperimen ini dikarenakan nantinya putaran tersebut akan mempengaruhi getaran yang terjadi pada spesimen. Jika putaran motor listrik rendah maka getaran yang terjadi pada spesimen akan rendah pula begitu pula sebaliknya. Shi (2005) telah mengembangkan metode *balancing* untuk poros yang bekerja pada putaran tinggi, namun menyeimbangkan poros tersebut pada putaran yang lebih rendah. Dan hasil penelitiannya menghasilkan reduksi getaran pada bantalan lebih dari 50% dibandingkan dengan kondisi awalnya, sehingga dikatakan *balancing* yang dilakukan adalah efektif. Sangat sulit untuk menyeimbangkan poros ketika poros tersebut beroperasi dengan putaran yang tinggi.

Putaran kerja pada motor listrik saat melakukan penyeimbangan akan sangat berpengaruh pada proses ini. Dimana nanti spesimen akan diuji dengan kecepatan berbeda yang bertujuan untuk mengetahui di putaran kerja berapakah spesimen mengalami *unbalance* dengan putaran kerja motor listrik yang paling tinggi 2000 Rpm. Proses penyeimbangan yang dilakukan pada variasi putaran yang berbeda jika spesimen tidak mengalami getaran yang tinggi atau getaran yang tidak melebihi batas kerja normal pada spesimen bisa dikatakan spesimen tersebut *balancing* begitu pula sebaliknya.

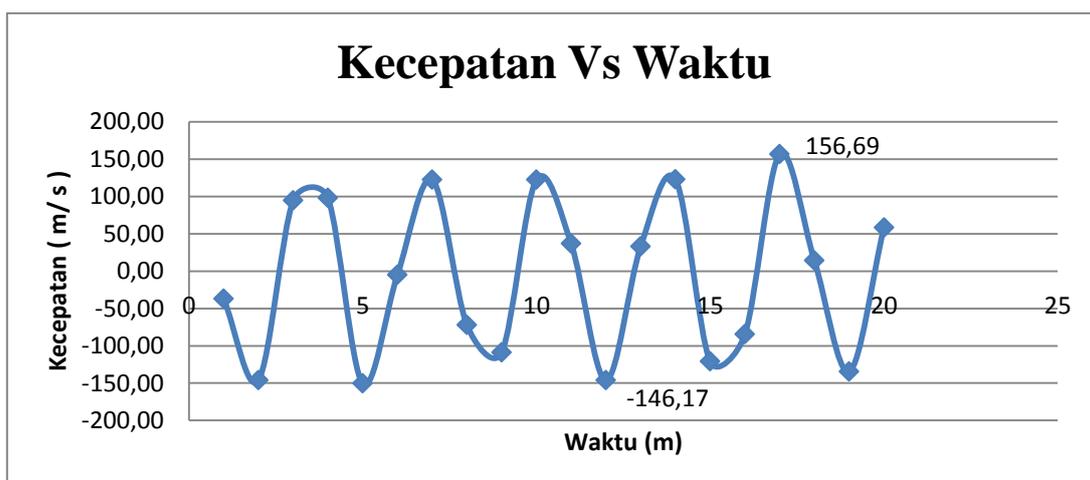
#### 4.2. Grafik Data Pengujian Tromol Rem Mobil Pada Putaran 1000 rpm

Grafik data pengujian tromol rem mobil pada variasi putaran 1000 rpm dapat dilihat pada gambar grafik berikut :



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Tromol Rem Pada Putaran 1000 rpm

Pada grafik diatas dapat dilihat gelombang yang bervariasi dari kecepatan, perpindahan dan percepatan. Nilai kecepatan yang tertinggi yaitu 156,69 *micron/second* dan nilai dari perpindahan pada grafik sebesar 1,53 mc/s dan untuk nilai percepatan yang tertinggi pada grafik 18301,73 mc/s. Pada grafik kita bisa lihat perpindahan getaran spesimen hanya sedikit yaitu 1,53 mc/s dari titik 0 sebelum adanya getaran, kondisi ini bisa dibidang spesimen masih dalam keadaan normal atau *balance*. Adapun pecahan grafik diatas sebelum grafik tersebut dijadikan menjadi satu.

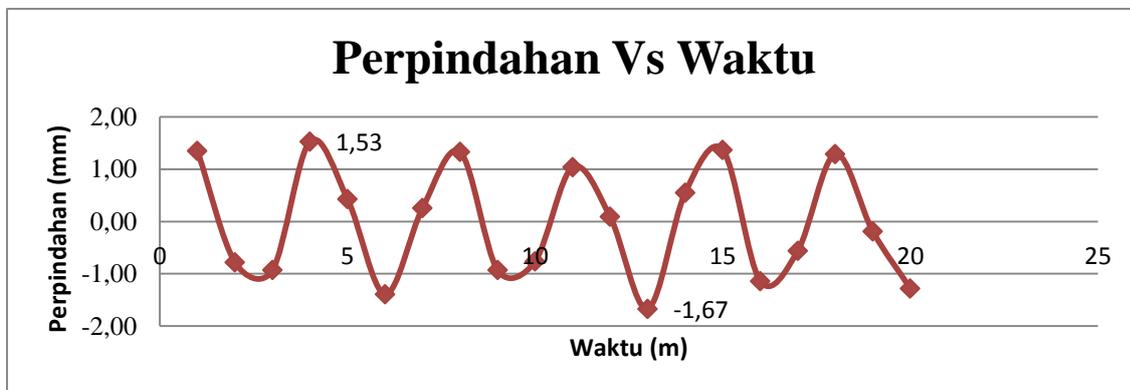


Gambar 4.2. Grafik Kecepatan vs Waktu

Keterangan 4.2 Olah Data kKecepatan vs Waktu

$$\dot{X} = \omega A \cos \omega t$$

N0.	Waktu	Putaran	Aplitude	$\omega$	Perpindahan	Kecepatan
1	19:10:02	1187,05	1,4	104,667	1,35	-37,10
2	19:10:03	1228,59	1,6	104,667	-0,78	-145,99
3	19:10:04	1215,6140	1,3	104,667	-0,93	94,52
4	19:10:05	1203,09	1,8	104,667	1,53	97,96
5	19:10:06	1218,04	1,5	104,667	0,43	-150,40
6	19:10:07	1201,09	1,4	104,667	-1,39	-5,10
7	19:10:08	1212,07	1,2	104,667	0,26	122,54
8	19:10:09	1216,25	1,5	104,667	1,33	-72,09
9	19:10:10	1217,82	1,4	104,667	-0,93	-108,89
10	19:10:11	1212,18	1,4	104,667	-0,76	122,43
11	19:10:12	1204,21	1,1	104,667	1,04	36,84
12	19:10:13	1217,27	1,4	104,667	0,09	-146,17
13	19:10:14	1198,25	1,7	104,667	-1,67	32,94
14	19:10:15	1228,86	1,3	104,667	0,55	122,97
15	19:10:16	1198,00	1,8	104,667	1,37	-121,11
16	19:10:17	1198,95	1,4	104,667	-1,14	-84,73
17	19:10:18	1207,71	1,6	104,667	-0,56	156,69
18	19:10:19	1221,24	1,3	104,667	1,29	14,20
19	19:10:20	1201,39	1,3	104,667	-0,19	-134,51
20	19:10:21	1209,93	1,4	104,667	-1,28	58,05

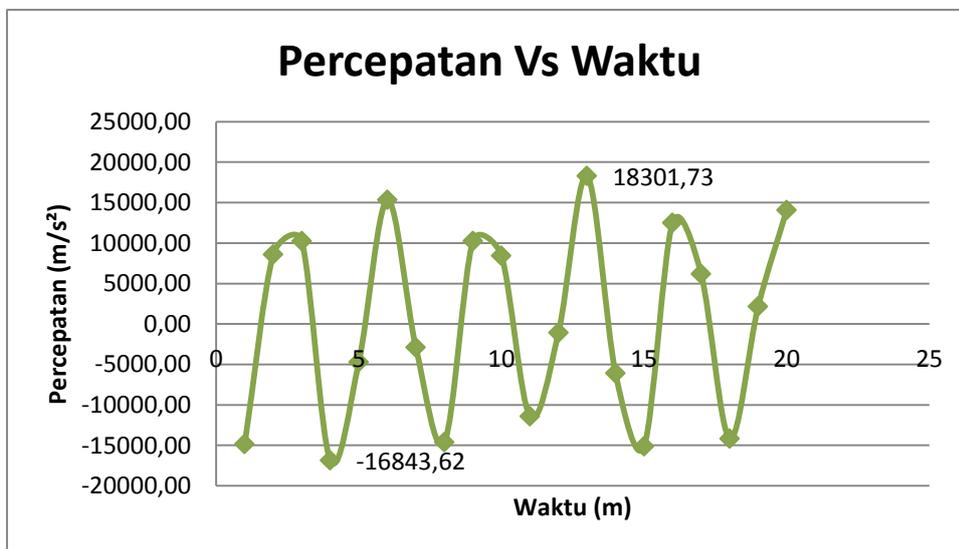


Gambar 4.3. Grafik Perpindahan vs Waktu

Keterangan 4.3 Grafik Perpindahan vs Waktu

$$X = A \sin \omega t$$

N0.	Waktu	Putaran	Aplitude	$\omega$	Perpindahan
1	19:10:02	1187,05	1,4	104,667	1,35
2	19:10:03	1228,59	1,6	104,667	-0,78
3	19:10:04	1215,6140	1,3	104,667	-0,93
4	19:10:05	1203,09	1,8	104,667	1,53
5	19:10:06	1218,04	1,5	104,667	0,43
6	19:10:07	1201,09	1,4	104,667	-1,39
7	19:10:08	1212,07	1,2	104,667	0,26
8	19:10:09	1216,25	1,5	104,667	1,33
9	19:10:10	1217,82	1,4	104,667	-0,93
10	19:10:11	1212,18	1,4	104,667	-0,76
11	19:10:12	1204,21	1,1	104,667	1,04
12	19:10:13	1217,27	1,4	104,667	0,09
13	19:10:14	1198,25	1,7	104,667	-1,67
14	19:10:15	1228,86	1,3	104,667	0,55
15	19:10:16	1198,00	1,8	104,667	1,37
16	19:10:17	1198,95	1,4	104,667	-1,14
17	19:10:18	1207,71	1,6	104,667	-0,56
18	19:10:19	1221,24	1,3	104,667	1,29
19	19:10:20	1201,39	1,3	104,667	-0,19
20	19:10:21	1209,93	1,4	104,667	-1,28

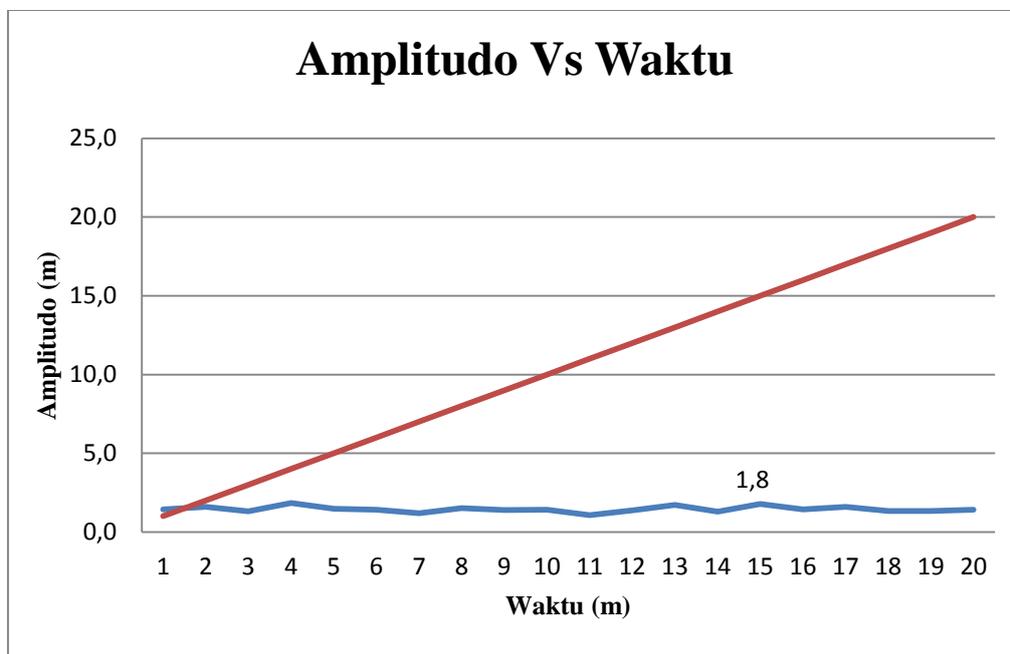


Gambar 4.4. Grafik Percepatan vs Waktu

Keterangan 4.4 Grafik Percepatan vs Waktu

$$\ddot{x} = -\omega^2 A \sin \omega t$$

N0.	Waktu	Putaran	Aplitude	$\omega$	Perpindahan	Kecepatan	Percepatan
1	19:10:02	1187,05	1,4	104,667	1,35	-37,10	-14837,46
2	19:10:03	1228,59	1,6	104,667	-0,78	-145,99	8587,10
3	19:10:04	1215,6140	1,3	104,667	-0,93	94,52	10244,47
4	19:10:05	1203,09	1,8	104,667	1,53	97,96	-16843,62
5	19:10:06	1218,04	1,5	104,667	0,43	-150,40	-4712,51
6	19:10:07	1201,09	1,4	104,667	-1,39	-5,10	15327,92
7	19:10:08	1212,07	1,2	104,667	0,26	122,54	-2883,20
8	19:10:09	1216,25	1,5	104,667	1,33	-72,09	-14597,70
9	19:10:10	1217,82	1,4	104,667	-0,93	-108,89	10263,22
10	19:10:11	1212,18	1,4	104,667	-0,76	122,43	8427,21
11	19:10:12	1204,21	1,1	104,667	1,04	36,84	-11417,03
12	19:10:13	1217,27	1,4	104,667	0,09	-146,17	-1068,80
13	19:10:14	1198,25	1,7	104,667	-1,67	32,94	18301,73
14	19:10:15	1228,86	1,3	104,667	0,55	122,97	-6094,85
15	19:10:16	1198,00	1,8	104,667	1,37	-121,11	-15104,77
16	19:10:17	1198,95	1,4	104,667	-1,14	-84,73	12512,97
17	19:10:18	1207,71	1,6	104,667	-0,56	156,69	6184,64
18	19:10:19	1221,24	1,3	104,667	1,29	14,20	-14163,87
19	19:10:20	1201,39	1,3	104,667	-0,19	-134,51	2147,58
20	19:10:21	1209,93	1,4	104,667	-1,28	58,05	14082,20



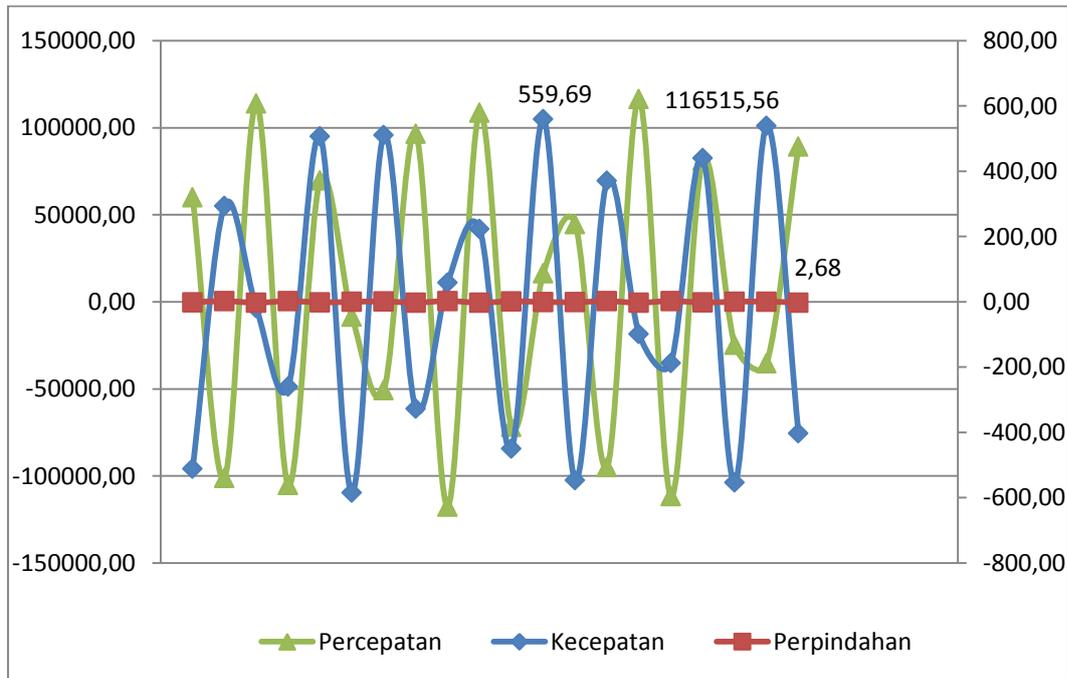
Gambar 4.5. Grafik Amplitudo vs Waktu

Pada grafik 4.5 kita bisa lihat bagaimana kondisi keseimbangan dari spesimen tromol rem mobil. Pada putaran 1000 rpm grafik getaran menunjukkan Amplitudo yang tertinggi yaitu 1,8 cps (*cycles per second*). Gerakan frekuensi getaran tersebut harmonik dan tidak ada

getaran yang melebihi batas kerja normal pada tromol rem mobil sehingga kondisi tromol rem bisa dikatakan masih stabil/*balance*.

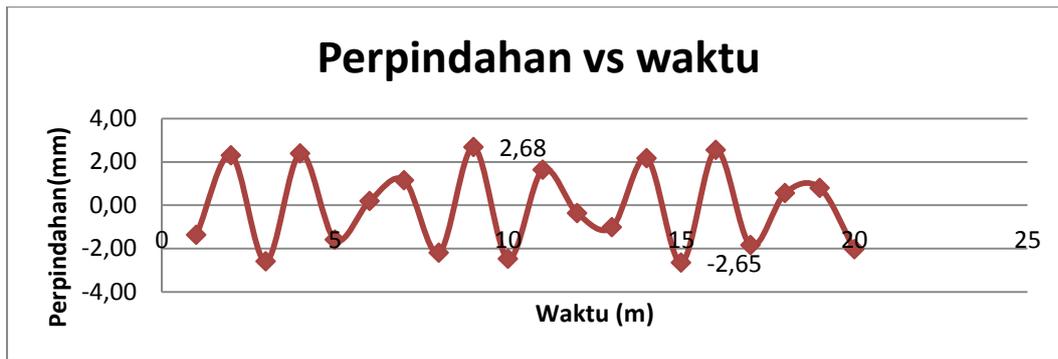
#### 4.3. Grafik Data Pengujian Tromol Rem pada Putaran 2000 Rpm

Grafik data pengujian tromol rem mobil pada unjuk kerja putaran motor listrik 2000 rpm dapat dilihat pada gambar grafik berikut :



Gambar 4.6. Grafik Pengujian Tromol Rem Pada Putaran 2000 rpm

Pada grafik diatas dapat dilihat gelombang yang bervariasi dari kecepatan, perpindahan dan percepatan. Nilai kecepatan yang tertinggi yaitu 559,69 *micron/second* dan nilai dari perpindahan pada grafik sebesar 2,68 mc/s dan untuk nilai percepatan yang tertinggi pada grafik 116515,56 mc/s. Pada grafik kita bisa lihat perpindahan getaran speseimen mulai meningkat dengan nilai 2,68 mc/s dari titik 0 sebelum adanya getaran kondisi ini bisa dibilang spesimen masih dalam keadaan normal atau *balance*. Adapun pecahan grafik diatas sebelum grafik tersebut dijadikan menjadi satu. Agar lebih mudah dalam membaca grafik getaran tersebut.

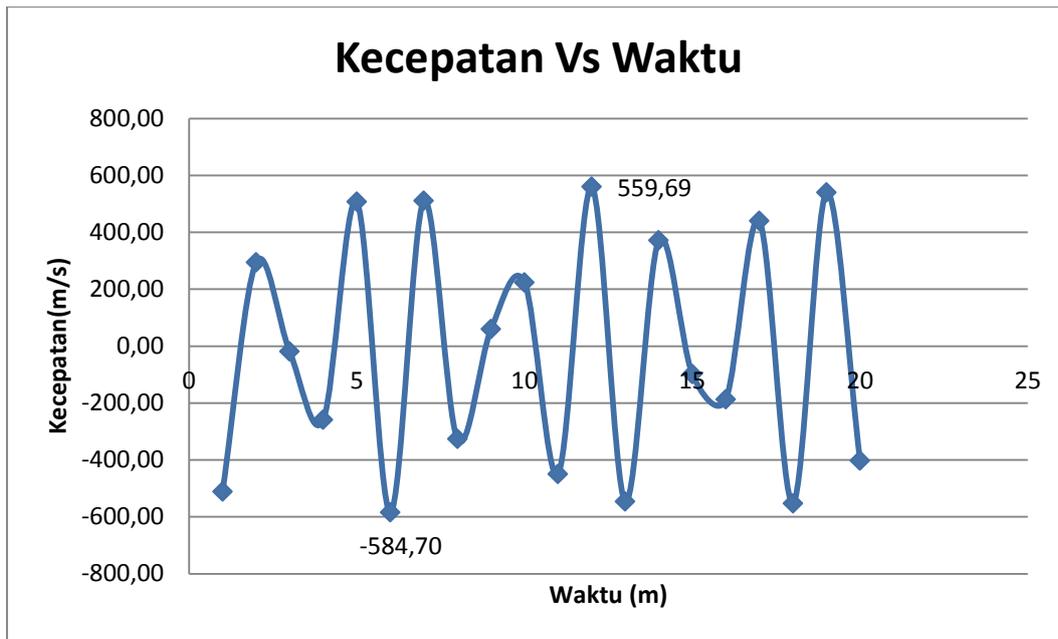


Gambar 4.7. Grafik Perpindahan vs Waktu

Keterangan 4.7 Grafik perpindahan vs waktu

$$X = A \sin \omega t$$

No	Waktu	Putaran	Amplitudo	$\omega$	Perpindahan
1	19:16:50	2223,2807	2,8	209,333	-1,37
2	19:16:51	2246,1607	2,7	209,333	2,30
3	19:16:52	2259,1346	2,6	209,333	-2,59
4	19:16:53	2249,3636	2,7	209,333	2,39
5	19:16:54	2227,9455	2,9	209,333	-1,59
6	19:16:55	2244,0755	2,8	209,333	0,19
7	19:16:56	2219,6429	2,7	209,333	1,15
8	19:16:57	2251,6000	2,7	209,333	-2,20
9	19:16:58	2247,0185	2,7	209,333	2,68
10	19:16:59	2216,0182	2,7	209,333	-2,47
11	19:17:00	2259,2222	2,7	209,333	1,63
12	19:17:01	2244,3273	2,7	209,333	-0,37
13	19:17:02	2250,4528	2,8	209,333	-1,02
14	19:17:03	2236,5185	2,8	209,333	2,16
15	19:17:04	2216,8519	2,7	209,333	-2,65
16	19:17:05	2235,5091	2,7	209,333	2,54
17	19:17:06	2222,2963	2,8	209,333	-1,84
18	19:17:07	2237,0755	2,7	209,333	0,56
19	19:17:08	2242,3273	2,7	209,333	0,80
20	19:17:09	2216,1509	2,8	209,333	-2,03

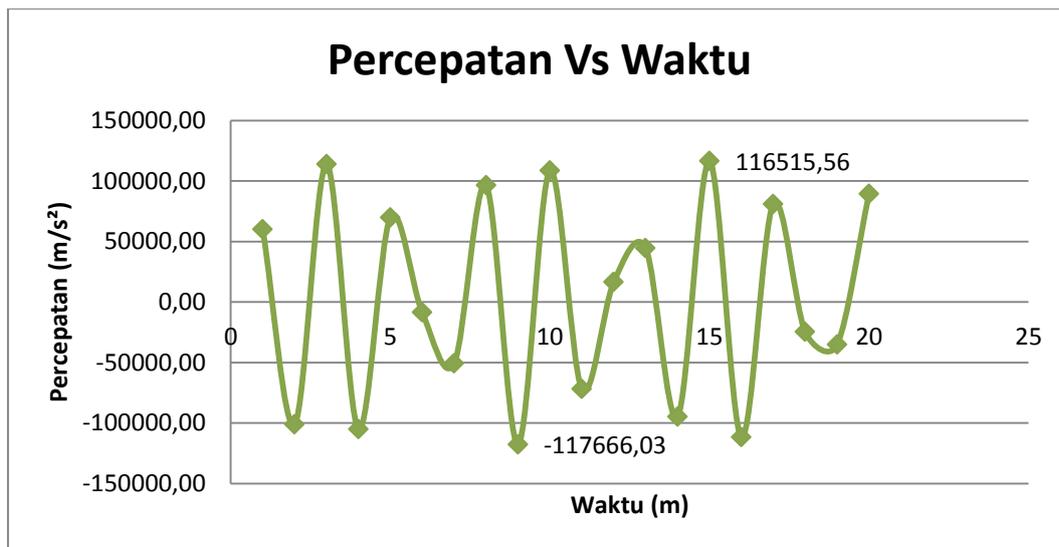


Gambar 4.8. Grafik Kecepatan vs Waktu

Keterangan 4.8 Grafik Kecepatan vs Waktu

$$\dot{X} = \omega A \cos \omega t$$

No	Waktu	Putaran	Amplitudo	$\omega$	Perpindahan	Kecepatan
1	19:16:50	2223,2807	2,8	209,333	-1,37	-510,98
2	19:16:51	2246,1607	2,7	209,333	2,30	293,91
3	19:16:52	2259,1346	2,6	209,333	-2,59	-19,00
4	19:16:53	2249,3636	2,7	209,333	2,39	-259,50
5	19:16:54	2227,9455	2,9	209,333	-1,59	507,18
6	19:16:55	2244,0755	2,8	209,333	0,19	-584,70
7	19:16:56	2219,6429	2,7	209,333	1,15	510,85
8	19:16:57	2251,6000	2,7	209,333	-2,20	-326,89
9	19:16:58	2247,0185	2,7	209,333	2,68	59,10
10	19:16:59	2216,0182	2,7	209,333	-2,47	223,83
11	19:17:00	2259,2222	2,7	209,333	1,63	-449,37
12	19:17:01	2244,3273	2,7	209,333	-0,37	559,69
13	19:17:02	2250,4528	2,8	209,333	-1,02	-545,98
14	19:17:03	2236,5185	2,8	209,333	2,16	371,54
15	19:17:04	2216,8519	2,7	209,333	-2,65	-98,19
16	19:17:05	2235,5091	2,7	209,333	2,54	-187,06
17	19:17:06	2222,2963	2,8	209,333	-1,84	440,07
18	19:17:07	2237,0755	2,7	209,333	0,56	-552,83
19	19:17:08	2242,3273	2,7	209,333	0,80	539,55
20	19:17:09	2216,1509	2,8	209,333	-2,03	-402,27

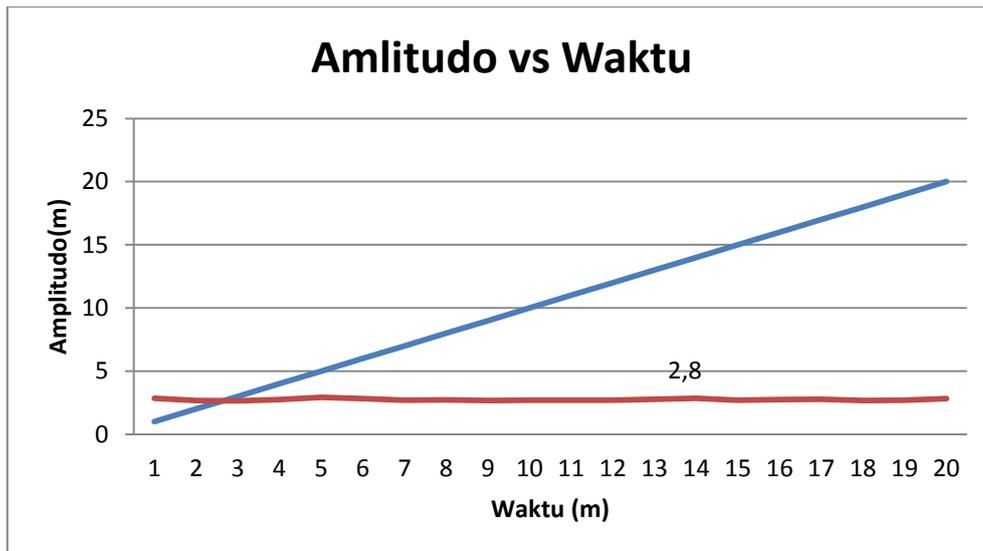


Gambar 4.9. Grafik Percepatan vs Waktu

Keterangan 4.9 Grafik Percepatan vs Waktu

$$\ddot{X} = -\omega^2 A \sin \omega t$$

No	Waktu	Putaran	Amplitudo	$\omega$	Perpindahan	Kecepatan	Percepatan
1	19:16:50	2223,2807	2,8	209,333	-1,37	-510,98	60107,30
2	19:16:51	2246,1607	2,7	209,333	2,30	293,91	-101058,65
3	19:16:52	2259,1346	2,6	209,333	-2,59	-19,00	113863,31
4	19:16:53	2249,3636	2,7	209,333	2,39	-259,50	-105106,26
5	19:16:54	2227,9455	2,9	209,333	-1,59	507,18	69834,07
6	19:16:55	2244,0755	2,8	209,333	0,19	-584,70	-8563,17
7	19:16:56	2219,6429	2,7	209,333	1,15	510,85	-50620,63
8	19:16:57	2251,6000	2,7	209,333	-2,20	-326,89	96518,19
9	19:16:58	2247,0185	2,7	209,333	2,68	59,10	-117666,03
10	19:16:59	2216,0182	2,7	209,333	-2,47	223,83	108641,30
11	19:17:00	2259,2222	2,7	209,333	1,63	-449,37	-71758,17
12	19:17:01	2244,3273	2,7	209,333	-0,37	559,69	16474,42
13	19:17:02	2250,4528	2,8	209,333	-1,02	-545,98	44627,63
14	19:17:03	2236,5185	2,8	209,333	2,16	371,54	-94896,19
15	19:17:04	2216,8519	2,7	209,333	-2,65	-98,19	116515,56
16	19:17:05	2235,5091	2,7	209,333	2,54	-187,06	-111646,51
17	19:17:06	2222,2963	2,8	209,333	-1,84	440,07	81042,85
18	19:17:07	2237,0755	2,7	209,333	0,56	-552,83	-24611,15
19	19:17:08	2242,3273	2,7	209,333	0,80	539,55	-35237,08
20	19:17:09	2216,1509	2,8	209,333	-2,03	-402,27	89236,65



Gambar 4.10. Frekuensi vs Waktu

Pada grafik 4.10 kita bisa lihat bagaimana kondisi keseimbangan dari spesimen tromol rem mobil. Pada putaran 2000 rpm grafik getaran menunjukkan amplitudo yang tertinggi yaitu 2,9 cps (*cycles per second*). Gerakan amplitudo getaran tersebut harmonik dan tidak ada getaran yang melebihi batas kerja normal pada tromol rem mobil sehingga kondisi tromol rem bisa dikatakan masih stabil/*balance*. Selisih getaran pada putaran 1000 rpm dan 2000 rpm hanya sedikit dan tidak akan menyebabkan getaran pada komponen tromol rem ataupun gangguan pada setir sehingga bisa dikatakan pada kondisi ini spesimen tromol rem mobil masih *balance*.

## **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 didapat hasil amplitudo 1,8 cps (*cycles per second*) sedangkan pada grafik putaran 2000 Rpm didapat hasil amplitudo 2,9 cps. Dari data tersebut kita bisa melihat selisih frekuensi getaran yang sedikit dari kedua grafik tersebut. Dan bisa dipastikan kondisi dari pengujian tromol rem mobil ini masi seimbang (*balance*).
2. Pada hasil pengujian pada kecepatan putaran 1000 Rpm grafik amplitudo yang didapat yaitu 1,8 cps yang tertinggi dan perpindahannya bernilai 1,53 mc/s. Kondisi ini masih normal atau bisa dibilang *balance*, karena tidak terjadi getaran yang melebihi batas kerja normal pada tromol rem mobil tersebut.
3. Pada hasil pengujian pada kecepatan putaran 2000 Rpm frekuensi getaran mulai meningkat sedikit hingga mencapai amplitudo 2,9 cps. Dengan perpindahan bernilai 2,68 mc/s. Selisih dari putaran 1000 rpm dengan 2000 rpm hanya sedikit. Kondisi ini disebabkan karena kondisi spesimen atau tromol rem yang diuji masih stabil atau *balance*.

#### 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 pengambilan data pada sensor getaran.
2. Sebaiknya ditambahkan pegangan pengaman pada poros agar tidak membahayakan apabila getaran terlalu tinggi sehingga poros tidak terpental.
3. Sebaiknya mesin *balancing* diperbarui kembali agar pengambilan data dan proses penyeimbangannya dapat berjalan dengan mudah.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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 : [www.andromina.robot.encoderandarduinotutorial-abouttutorial-about.com](http://www.andromina.robot.encoderandarduinotutorial-abouttutorial-about.com). diakses pada tanggal 8 juni 2017].
- Arduino Uno, [Online : [www.pengertian-arduino.uno.com](http://www.pengertian-arduino.uno.com) diakses pada tanggal 8 juni 2017].
- Broch, Jens Trampe. 1985. *Mechanical Vibration and Shock Measurements*. 2nd Ed. Soborg: K. Larsen & Son. [Online: [www.bksv.com/doc/bn1330.pdf](http://www.bksv.com/doc/bn1330.pdf). Diakses tanggal 8 juni 2017].
- Entek IRD, The Machinery Information Company., 1996, *Dynamic Balancing*, Entek IRD International Company 1700 Edison Dr. Milford Ohio USA.
- Isuzu Training Center, “ Sistem Rem” [online : [www.isuzu.sistem-rem.com](http://www.isuzu.sistem-rem.com) diakses pada tanggal 10 januari 2018]
- Shi, Liu., 2005, *A Modified Balancing Method for Flexible Rotor Based on MultisensorFusion*, The State Key Laboratory for Manufacturing System Engineering, Xi’an Jiaotong University, *Journal of Applied Sciences* 5 (3): (2005), p 465 – 495
- Shuctures/Motion, Lab,2003
- Syahwil, Muhammad. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- 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.
- Vyas, Mukesh. *Vibration Monitoring System Basics*. Forbess Marshall – Shinkawa. [Online:[http://www.forbesmarshall.com/fm\\_micro/news\\_room.aspx?Id=shinkawa&nid=61](http://www.forbesmarshall.com/fm_micro/news_room.aspx?Id=shinkawa&nid=61). Diakses tanggal 8 juni 2017]
- Wowk, Victor., 1995, *Machinery Vibration, Balancing*, McGraw-Hill Inc, New York.
- Zhou, Shiyu., and Shi Jianjun., 2001, *Active Balancing and Vibration Control of Rotating Machinery: A Survey*, article, *The Shock and Vibration Digest*. Vol. 33 No. 4 July 2001 p 361 – 371 © Sage Publications

[www.migas-indonesia.com](http://www.migas-indonesia.com)

[www.vibrasiblogspot.com](http://www.vibrasiblogspot.com)