

LEMBAR PENGESAHAN - I
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
STUDI EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK
GETARAN PADA PULLY ROLL PLAT

Disusun Oleh :

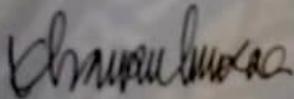
ABDUL HAPIZ SIREGAR

1407230197

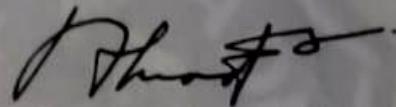
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

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

2018

LEMBAR PENGESAHAN - II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
STUDI EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK
GETARAN PADA PULLY ROLL PLAT

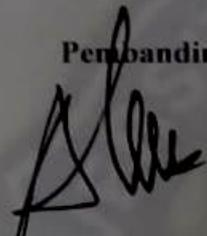
Disusun Oleh :

ABDUL HAPIZ SIREGAR

1407230197

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 28 Februari 2018

Pembanding - I

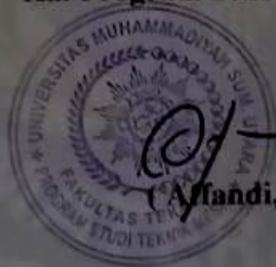

(Sudriman Lubis S.T.,M.T)

Pembanding - II


(Chandra A 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
2018

KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
STUDI EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK
GETARAN PADA PULLY ROLL PLAT

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

Disusun oleh :

NAMA : ABDUL HAPIZ SIREGAR

NPM : 1407230197



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Abdul Hapiz Siregar
Tempat / Tanggal Lahir : Cibaliung, 03 November 1996
NPM : 1407230197
Bidang Konsentrasi : Konstruksi 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 Eksperimental Karakteristik Getaran Pada Pully Roll Plat”

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 pada hakekatnya 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, 12 Maret 2018

Saya yang menyatakan,



ABDUL HAPIZ SIREGAR

ABSTRAK

Setiap benda yang memiliki pergerakan pasti akan memiliki getaran, besarnya nilai getaran berbanding lurus dengan tingginya aktifitas benda tersebut seperti gerak putar, gerak ayun dan gerak yang searah. Dari setiap jenis gerak memiliki karakteristik terhadap getaran dan yang berdampak timbulnya kebisingan (*noise*). Kebisingan yang timbul mengakibatkan ketidak nyamanan pada lingkungan hal ini menjadi perhatian yang serius mengingat pentingnya lingkungan yang sehat di jaman teknologi ini. Dilihat pada literatur, gerak putar yang dihasilkan mesin yang diteruskan ke pully masih banyak menimbulkan getaran. Besarnya nilai getaran bervariasi pada tingginya putaran mesin, jenis pully roll plat digunakan sebagai spesimen yang akan di uji keseimbangannya dengan menggunakan mesin balancing. Dari hasil studi maka didapat data pengujian yang ditunjukkan data hasil studi eksperimental ini dengan pengujian putaran yang bervariasi dimulai dari 1000, 2000 dan 3000 Rpm. Dengan hasil Amplitudo yang naik turun dimulai dari nilai yang terendah hingga amplitude yang terendah terus naik sampai dengan yang tertinggi, maka didapat nilai *Displecemen*, *Velocity* dan *Acceleration*, pada putaran 1000 rpm nilai velocity - 237146,04 – 1555325,67 mc/s, displecemen -19999614,55 – 27651649,89 mc/s dan acceleration -1825,07 – 2524,07 mc/s. Putaran 2000 rpm didapat nilai velocity -2570,91 – 3967,39 mc/s dan displecemen -741916,87 – 774191,92 cps/s dan acceleration -1812,55 – 2287,93 mc/s. Putaran 3000 rpm didapat nilai velocity -62381,21 – 15501,30 mc/s dan displecemen -4025948,21 – 43087,05 cps/s dan acceleration -40,83 – 0,44 mc/s.

Kata kunci : Karakteristik getaran pada pully roll plat, variasi putaran.

KATA PENGANTAR

*Bismillahirrohmanirohim
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 Eksperimental Karakteristik Getaran Pada Pully Roll Plat ”. 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 (Harni) dan Ayah (Rusli Siregar, S.Pi) yang tidak pernah berhenti memberi kasih sayang, perhatian, nasihat, materil dan doanya hingga saat ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian dan bimbingannya sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T.,M.Sc selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T. selaku Wakil Dekan III dan 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 Sudirman Lubis, 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 Chandra A Siregar, 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 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Pegawai Tata Usaha dan Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Serta seluruh keluarga, Maya Suhasni Siregar, Siti Hajar Siregar, S.P Abanda Wawan Setiawan Damanik, S.T, yang telah memberikan bantuan moril maupun materil serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya tugas sarjana ini dengan baik.
11. Serta Keluarga besar PK IMM Fakultas Teknik UMSU yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan doanya.
12. Teman satu perjuangan Satrio, Ilham Pratama Siregar, Wahyuda Kurniadi, M.Ikbal Azhari, Wismo Handoko, Jardin Habib Pohan, Riski Perdana Ibrahim, Rafsanzani Pane, Ahmad Hidyat Siregar dan seluruh teman teman A2 Siang, dan stambuk 2014.

Penulis menyadari tugas sarjana ini jauh dari sempurna dan banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan 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 bermanfaat 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*.

Bilahi filshabili haq, fastabiqul khairat.
Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Medan, 15 Februari 2018

Penulis

ABDUL HAPIZ SIREGAR

1407230197

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I.....	1
LEMBAR ASISTENSI TUGAS SARJANA.....	3
ABSTRAK.....	4
KATA PENGANTAR.....	6
DAFTAR GAMBAR.....	10
DAFTAR TABEL.....	12
DAFTAR NOTASI.....	13
DAFTAR GRAFIK.....	14
BAB 1 PENDAHULUAN.....	15
1.1. Latar Belakang.....	15
1.2. Perumusan Masalah.....	16
1.3. Tujuan Penelitian.....	17
1.4. Batasan Masalah.....	17
1.5. Manfaat Penelitian.....	18
1.6. Sistematika Penulisan.....	18
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	20
2.1. Getaran.....	20
2.2. Getaran Mekanik.....	21
2.3. Pengertian Pully Roll Plat Bending.....	31
2.5. Sensor-sensor Yang Digunakan Pada Mesin Balancing.....	34
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	37
3.1. Diagram Alir Percobaan.....	37
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	38
3.3. Bahan dan Alat.....	39

3.4. Set Up Alat Uji	47
3.5. Prosedur Pengujian	50
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1. Data Hasil Pengujian pada Pully Roll Plat	53
4.2. Perhitungan Data Hasil Studi Eksperimental	54
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1. Kesimpulan.....	66
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Getaran dan Gelombang	6
Gambar 2.2	Ilustrasi Vibrasi Mesin	7
Gambar 2.3	Konsep Dasar Getaran	9
Gambar 2.4	Getaran pada sistem pegas- Massa sederhana	9
Gambar 2.5	Ayunan Sederhana Harmonik	10
Gambar 2.6	Karakteristik Getaran	11
Gambar 2.7	Model Amplitodu	13
Gambar 2.8	Dispelcemeen dan Frequency	15
Gambar 2.9	Beda fasa antara perpindahan, kecepatan dan percepatan	16
Gambar 2.10	Proses kerja pully roll plat pada mesin bending	19
Gambar 2.11	Pully roll plat pada mesin bending	19
Gambar 2.12	<i>Ardoino UNO</i>	20
Gambar 2.13	<i>Vibration Sensor SW- 420</i>	21
Gambar 2.14	Sensor Kecepatan	23
Gambar 2.15	Inverter	23
Gambar 3.1	Diagram Alir Percobaan	24
Gambar 3.2	<i>Pully Roll Plat</i>	26
Gambar 3.3	Alat Uji	27
Gambar 3.4	Motor Listrik AC	27
Gambar 3.5	Panel Listrik	28
Gambar 3.6	<i>Ardoino UNO</i>	28
Gambar 3.7	Sensor Getaran	28
Gambar 3.8	Sensor Kecepatan	29
Gambar 3.9	<i>Laptop</i>	30
Gambar 3.10	Mesin Frais <i>Milling</i>	30
Gambar 3.11	Mesin Bubut	31
Gambar 3.12	<i>Sigmat</i>	32
Gambar 3.13	Waterpass	32
Gambar 3.14	<i>Meteran</i>	33
Gambar 3.15	Inventer	33
Gambar 3.16	Set Up Alat Uji	34
Gambar 3.17	Spesimen Percobaan Pully Roll Plat	37
Gambar 3.18	Pemasangan Spesimen Pada Mesin Balancing	37
Gambar 3.19	Mengkoneksi Arduino UNO ke laptop dan membuka software	38
Gambar 4.1	Grafik Perbandingan Perpandingan Vs Waktu	42
Gambar 4.2	Grafik Kecepatan Perpandingan Vs Waktu	42
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Percepatan Vs Waktu	43

Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Kecepatan, Percepatan dan Perpindahan Vs Waktu	43
Gambar 4.5	Grafik Amplitudo Vs Waktu Pada Putaran 1000 Rpm	44
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Perpindahan Vs Waktu	46
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Kecepatan Vs Waktu	46
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Percepatan Vs Waktu	47
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Kecepatan, Percepatan dan Perpindahan Vs Waktu	47
Gambar 4.10	Grafik Amplitudo Vs Waktu Pada Putaran 2000 Rpm	48
Gambar 4.11	Grafik Perbandingan Percepatan Vs Waktu	50
Gambar 4.12	Grafik Perbandingan Perpindahan Vs Waktu	50
Gambar 4.13	Grafik Perbandingan Kecepatan Vs Waktu	51
Gambar 4.14	Grafik Perbandingan Kecepatan, Percepatan dan Perpindahan Vs Waktu	51
Gambar 4.15	Grafik Amplitudo Vs Waktu Pada Putaran 3000 Rpm	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Satuan yang digunakan tiap karakteristik	17
Tabel 3.1	Jadwal dan Kegiatan saat melakukan penelitian	25
Tabel 4.1	Data perhitungan Displacement, Velocity dan Acceleration pada putaran 1000 Rpm	41
Tabel 4.2	Data perhitungan Displacement, Velocity dan Acceleration pada putaran 2000 Rpm	45
Tabel 4.3	Data perhitungan Displacement, Velocity dan Acceleration pada putaran 3000 Rpm	49

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
X	<i>Displacemen</i>	Mm
\dot{X}	<i>Velocity</i>	mm/s
\ddot{X}	<i>Acceleration</i>	gmm/s ²
t	Waktu	Detik
n	Putaran	Rpm
W	Berat beban	N
ω	Kecepatan Angular	Rad/dtk

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1	Grafik Perbandingan Perpindahan Vs Waktu	42
Grafik 2	Grafik Kecepatan Perpindahan Vs Waktu	42
Grafik 3	Grafik Perbandingan Percepatan Vs Waktu	43
Grafik 4	Grafik Perbandingan Kecepatan, Percepatan dan Perpindahan Vs Waktu	43
Grafik 5	Grafik Amplitudo Vs Waktu Pada Putaran 1000 Rpm	44
Grafik 6	Grafik Perbandingan Perpindahan Vs Waktu	46
Grafik 7	Grafik Perbandingan Kecepatan Vs Waktu	46
Grafik 8	Grafik Perbandingan Percepatan Vs Waktu	47
Grafik 9	Grafik Perbandingan Kecepatan, Percepatan dan Perpindahan Vs Waktu	47
Grafik 10	Grafik Amplitudo Vs Waktu Pada Putaran 2000 Rpm	48
Grafik 11	Grafik Perbandingan Percepatan Vs Waktu	50
Grafik 12	Grafik Perbandingan Perpindahan Vs Waktu	50
Grafik 13	Grafik Perbandingan Kecepatan Vs Waktu	51
Grafik 14	Grafik Perbandingan Kecepatan, Percepatan dan Perpindahan Vs Waktu	51
Gambar 15	Grafik Amplitudo Vs Waktu Pada Putaran 3000 Rpm	52

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri yang sangat pesat khususnya pada bidang permesinan terlihat sangat cepat berkembang dengan baik di Indonesia, seperti industri pembangkit listrik, pertambangan minyak, gas, batu bara, otomotif dan lainnya tumbuh menjamur hingga saat ini. Industri-industri tersebut banyak menggunakan mesin berputar contohnya mesin seperti pompa, kompresor dan turbin, menjadi mesin yang memiliki pengaruh paling besar baik dalam produksi maupun kegiatan sehari-hari. Semua kegiatan tersebut banyak menimbulkan efek yang membuat ketidaknyamanan pada lingkungan sekitar karena adanya suara atau kebisingan (*noise*) yang berkaitan dengan getaran (*vibrasi*) yang dihasilkan dari mesin yang digunakan. Suara yang dihasilkan biasanya timbul akibat adanya getaran yang berlebihan dari suatu penggerak, dan getaran tersebut biasanya muncul akibat dari persinggungan dua benda yang tidak sejajar (*Unbalance*) yang mengakibatkan getaran. Semakin tinggi getaran dari suatu mesin maka tingkat efektivitas kerja dari mesin tersebut semakin berkurang. Untuk menyelesaikan masalah di atas perlu dilakukan suatu analisis tentang getaran yang bertujuan untuk mengenal karakteristik dari suatu getaran.

Dengan mengetahui karakteristik pada suatu mesin yang berputar kita dapat menentukan bagaimana keadaan mesin tersebut dan kondisi pada saat mesin dioperasikan dengan menentukan karakteristik getaran kita bisa menentukan pengoperasian peralatan dan kondisi mekanis peralatan. Keuntungan utama mengetahui karakteristik adalah dapat mengidentifikasi perkembangan masalah

sebelum masalah itu menjadi sangat serius dan menyebabkan *downtime* yang tidak terjadwal. Hal ini dapat dicapai dengan melakukan pemantauan berkala dari getaran mesin baik dengan secara kontinu atau dengan interval yang terjadwal. Pemantauan getaran yang teratur dapat mendeteksi bantalan yang tidak sempurna atau cacat, peralatan mekanik yang kendor dan indikator atau gigi yang rusak.

Unbalance adalah kondisi merupakan penyebab paling besar dari terjadinya getaran berlebih yang menyebabkan kegagalan pada mesin berputar yaitu dengan porsi sebesar 40%, sehingga *vibration tools* akan memiliki pengaruh yang besar pada *Toolbox* yang tersedia. Vibration analisi tidak menyelesaikan masalah sendiri, namun dibantu dengan hardware dan software daignosa yang terkait, orang yang berkompeten di bidang getaran membutuhkan kemampuan problem-solving untuk menggunakan data dari instrument tersebut. Dengan *vibration toolbox, analyst* diuntut menyelesaikan masalah dengan cepat, *toolbox* yang berisikan metode harus dipilih dengan tepat dari kemungkinan masalah yang terjadi (Vowk. 1994).

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat di rumuskan masalah penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana menentukan *balance* dan *unbalance* pada pully roll plat dengan variasi putaran 1000 Rpm, 2000 Rpm dan 3000 Rpm.
2. Studi eksperimental karakteristik getaran pada pully roll plat.

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Dapat melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan proses pengambilan data pada pengujian

1.3.2 Tujuan Khusus

2. Mengetahui karakteristik getaran pully roll plat dengan variasi putaran 1000 Rpm, 2000 Rpm dan 3000 Rpm.
3. Mengetahui karakteristik getaran pada saat perpindahan, kecepatan dan percepatan dengan variasi putaran.

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 pully roll palt 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 pully roll plat, getaran yang diakibatkan oleh sebab-sebab lain tidak termasuk dalam studi ini.
3. Pembahasan hanya dititik beratkan pada proses penyeimbangan getaran pada pully roll plat dan menganalisa getaran pada pully roll plat pada mesin balancing dengan menggunakan software Arduino.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi masukan bagi dunia industri dalam bidang perancangan mesin *balancing*.
2. Memberikan kontribusi dalam memperkaya bahan pengajaran, khususnya dalam bidang balancing.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

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 getaran 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

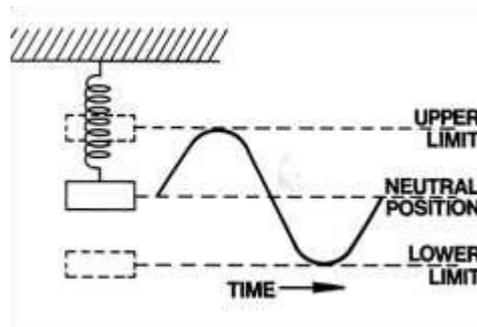
7. LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Getaran

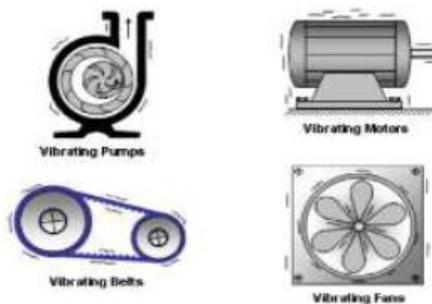
Kata vibrasi atau getaran berasal dari kata dasar getar, yang menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) getar bermakna gerak yang berulang-ulang secara cepat. Jika dijabarkan lebih lanjut definisi vibrasi atau getaran adalah gerakan yang berulang-ulang dengan tempo yang cepat. Contoh yang paling sederhana dari vibrasi adalah pendulum yang berayun, senar gitar yang dipetik dsb. Jadi, secara bahasa definisi vibrasi mesin adalah gerakan yang berulang-ulang dengan tempo yang cepat pada mesin.



Gambar 2.1 Ilustrasi Getaran dan Gelombang

Ilustrasi sederhana dari getaran adalah pegas dengan sebuah beban, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Pada posisi netral (neutral position) maka pegas akan merenggang untuk mengimbangi beban. Jika pegas ini diberi gaya seketika dengan menariknya beban misalkan pada posisi bawah (lower position) 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 dengandomain waktu. Secara istilah, vibrasi mesin (*Vibration of Machinery*) diartikan sebagai gerakan bolak-balik dari mesin secara utuh atau komponen mekanik mesin sebagai reaksi dari adanya gaya yang mempengaruhinya baik itu gaya dalam maupun gaya luar. Kasus yang dominan terjadi dalam vibrasi mesin adalah yang disebabkan oleh gaya eksitasi yang berasal dari mesin itu sendiri. Gambar 2.2 di bawah mengilustrasikan vibrasi yang terjadi pada mesin-mesin seperti pompa, motor, sabuk, dan kipas.



Gambar 2.2 Ilustrasi Vibrasi Mesin

2.2. Getaran Mekanik

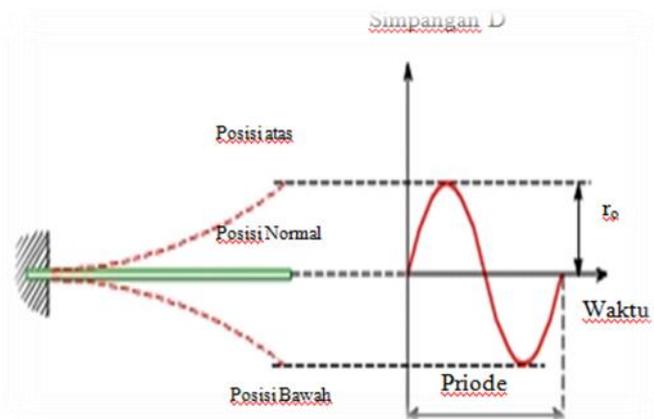
Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu bergetar. Sinyal getaran yang dibangkitkan oleh setiap mesin atau struktur rekayasa (*engineering*) mengalami getaran sampai derajat tertentu, dan rancangannya biasa memerlukan pertimbangan sifat osilasinya. Hal ini mengandung informasi penting yang berhubungan dengan kondisi mesin tersebut. Getaran yang terjadi memiliki ciri khusus sehingga bisa ditentukan sumber getarnya. Oleh karena itu, respon getaran bisa dijadikan sebagai informasi awal yang actual untuk menentukan kondisi mesin.

Hampir semua alat gerak mempunyai masalah getaran karena adanya ketidak seimbangan mekanisme, *mechanical failures* karena material *fatigue*, Getaran dapat mengakibatkan keausan yang lebih cepat, Dalam proses manufaktur, getaran dapat menyebabkan hasil akhir yang buruk.

2.2.1. Konsep Analisa Getaran

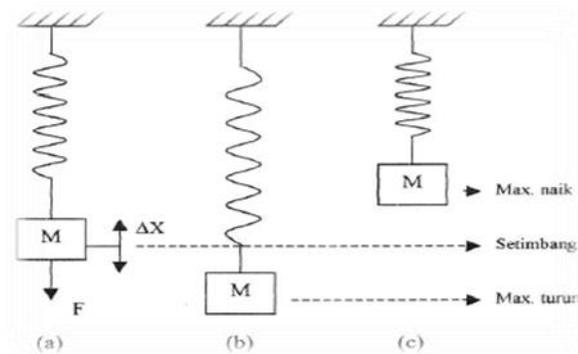
Data getaran yang biasanya diperoleh dalam bentuk sinyal (*analog*) listrik yang kontinu yang dihasilkan dari transducer, dimana masing-masing sinyal analog tersebut menunjukkan besar regangan, tegangan, gaya, atau parameter gerakan sesaat (*displacement, velocity, dan acceleration*) sebagai fungsi waktu. Sinyal yang demikian disebut sebagai *time history*. Suatu *sample* data didefinisikan sebagai *time history* dari pengukuran getaran tunggal $x(t)$ dalam durasi tertentu.

Getaran diartikan sebagai gerak osilatif disekitar posisi tertentu. Gerak periodik adalah suatu gerak gelombang yang berulang setelah selang waktu tertentu. Bentuk paling sederhana dari gerak periodik adalah gerak harmonik. Grafik gerak harmonik-periodik menampilkan perpindahan pada sumbu vertikal dan waktu pada sumbu horizontal. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Konsep Dasar Getaran

Contoh sederhana fenomena getaran dapat dilihat pada sebuah pegas yang salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya diberi massa M seperti Gambar 2.4. berikut.



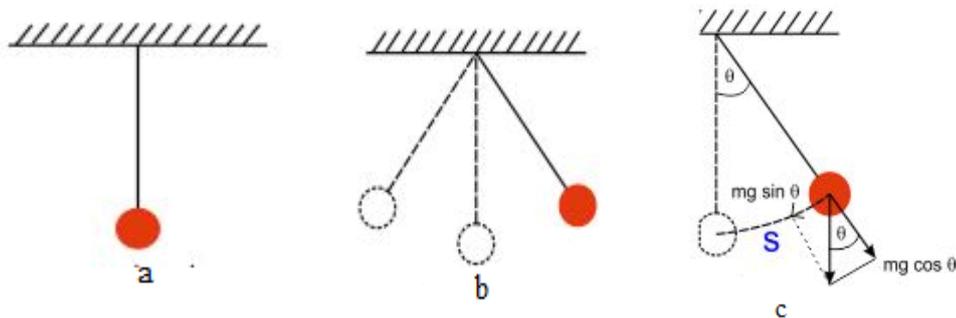
Gambar 2.4. Getaran pada sistim pegas-Massa sederhana

Mula-mula sistem dalam keadaan setimbang (gambar 2.4.a). Jika massa diberi gaya F maka massa akan turun sampai batas tertentu (gambar 2.4.b). Perpindahan maksimum posisi massa bergantung pada besarnya gaya F , massa dan kekuatan tarik pegas melawan gaya F tersebut. Jika gaya sebesar F tidak dikenakan lagi pada massa, maka massa akan ditarik ke atas oleh pegas karena tenaga potensial yang tersimpan dalam pegas (gambar 2.4.c). Massa akan kembali ke posisi kesetimbangan, selanjutnya bergerak ke atas sampai batas tertentu. Perpindahan maksimum ke atas dipengaruhi oleh kekuatan tarik pegas dan massa benda.

Selain bisa kita jumpai pada pegas, getaran harmonik juga bisa kita temukan pada ayunan sederhana. Kembali pada definisi getaran sebagai gerakan

bolak-balik melewati sebuah titik keseimbangan, gerakan ini juga terjadi pada ayunan sederhana.

Coba kita perhatikan gambar dibawah, Yang dinamakan ayunan sederhana terdiri dari sebuah bandul dengan massa (m) tertentu yang digantung di ujung tali dengan panjang L (massa tali diabaikan). Pada awalnya bandul berada pada posisi diam pada sebuah titik yang disebut titik keseimbangan/titik B (perhatikan gambar a). Kemudian bandul tersebut ditarik ke titik A dengan sudut simpangan sebesar θ yang nilinya kecil ($< 10^\circ$), kemudian bandul dilepaskan. Bandul tersebut akan bergerak dari titik A menuju titik B kemudian ke C, lalu ke A, ke B, dan seterusnya.

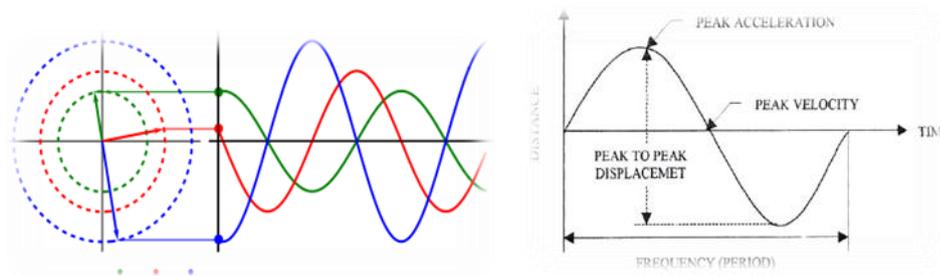


Gambar 2.5 Ayunan Sederhana Harmonic

Jika kita uraikan gaya nya (perhatikan gambar c). Pada saat bandul punya simpangan sejauh θ terhadap gaya berat benda ($m.g$). Jika diuraikan gayanya yang bekerja maka akan ada gaya yang searah dengan tali dan gaya yang tegak lurus dengan tali. Pada kondisi seperti gaya pemulih adalah gaya yang tegak lurus dengan tali ayunan ($mg \sin \theta$).Rumus gaya pemulih.

2.2.2. Karakteristik Getaran

Kondisi mesin dan kerusakan mekanis dapat diketahui dengan mempelajari karakteristik getarannya. Pada suatu sistem pegas-massa, karakteristik getaran dapat dipelajari dengan membuat grafik pergerakan beban terhadap waktu, seperti terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Karakteristik Getaran

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

2.2.3. Frekuensi Getaran

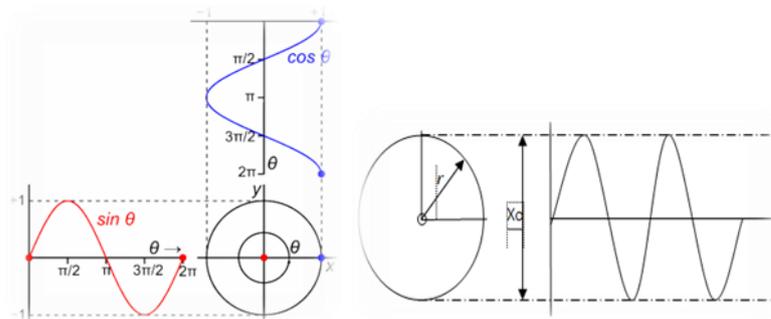
Frekuensi adalah jumlah siklus pada tiap satuan waktu. Besarnya dapat dinyatakan dengan siklus per detik (*cycles per second/cps*) atau siklus per menit (*cycles per minute/cpm*). Frekuensi getaran penting diketahui dalam analisis

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.

2.2.4. Amplitudo (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. Gambar 2.7. adalah model amplitudo yang memperlihatkan hubungan dari gerakan poros yang berputar dengan *amplitude*.



Gambar 2.7 Model Amplitudo

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 2.6. 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.

Hubungan antara perpindahan (μm) dan waktu (s) untuk gerak harmonik dapat dinyatakan secara matematik sebagai berikut :

$$X = X_0 \text{Sin } \omega t \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana perpindahan maksimum diekspresikan sebagai X_0 , yang juga disebut sebagai amplitudo, sedang ω adalah frekuensi angular yang umumnya dinyatakan dalam rad/det. Dalam analisa getaran dikenal pula definisi lain untuk frekuensi, yang diberi notasi f dan didefinisikan sebagai jumlah siklus per satuan waktu. Satuan yang umum digunakan untuk f adalah siklus per menit (cpm) atau

siklus per detik (cps, Hz). Kecepatan dan percepatan gerak harmonik dapat diperoleh dengan differensiasi. Dengan menggunakan notasi titik untuk turunannya, maka didapat :

Kecepatan (*Velocity*) mm/s

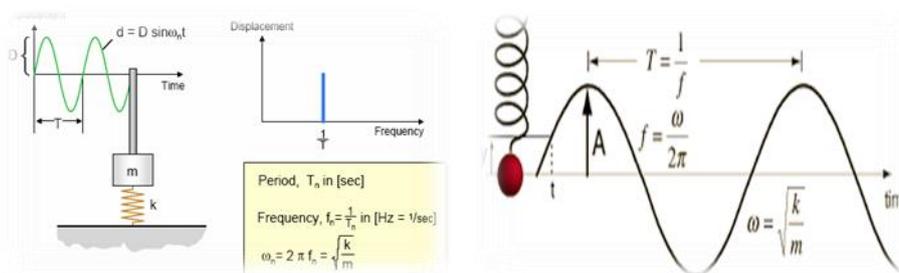
$$\dot{X} = \frac{dx}{dt} = X_o \omega \cos \omega t \dots\dots\dots (2.2)$$

Percepatan (*Acceleration*) gmm/s²

$$\ddot{X} = \frac{d^2x}{dt^2} = -X_o \omega^2 \sin \omega t \dots\dots\dots (2.3)$$

$$1g = 9,807m/s^2$$

Dengan amplitudo dapat terbaca indikasi beratnya kerusakan pada mesin dan dapat digunakan untuk mengukur beberapa masalah getaran. Bagaimanapun unit yang pasti mengacu pada respon getaran frekuensi. Gambar 2.8. menunjukkan *Displacement* dan *Frequency*.



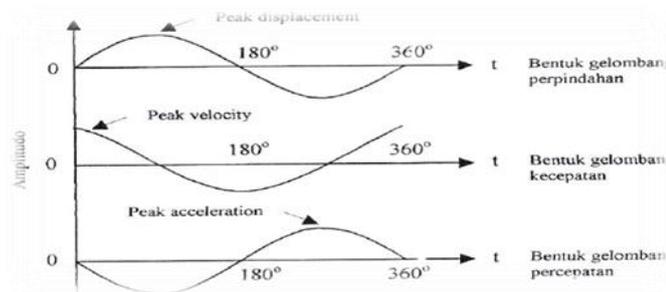
Gambar 2.8. *Displacement* dan *Frequency*

Perpindahan (*displacement*) mengindikasikan berapa jauh suatu objek bergetar, kecepatan (*velocity*) mengindikasikan berapa cepat objek bergetar dan

percepatan (*acceleration*) suatu objek bergetar terkait dengan gaya penyebab getaran.

2.2.5. Fasa (*Phase*)

Fasa didefinisikan sebagai posisi elemen getaran terhadap titik tertentu atau elemen getaran lainnya. Fasa menunjukkan perbedaan awal siklus terjadi. Hubungan fasa antara perpindahan, kecepatan, dan percepatan diilustrasikan pada Gambar 2.8, kecepatan puncak maju (*peak forward velocity*) terjadi pada 90° sebelum puncak perpindahan positif (*peak positive displacement*). Dengan kata lain, kecepatan mendahului 90° terhadap perpindahan, sedangkan percepatan tertinggal 180° terhadap perpindahan.



Gambar 2.9. Beda fasa antara perpindahan, kecepatan, dan percepatan.

Pengukuran fasa memberikan cara untuk menentukan bagaimana suatu elemen bergetar relatif terhadap elemen lain. Perbandingan gerak relatif dari dua atau lebih elemen mesin sering diperlukan dalam diagnosis kerusakan spesifik suatu mesin. Sebagai contoh, bila analisis menyatakan bahwa getaran suatu mesin tidak sefasa dengan getaran *base*-nya, maka mungkin terjadi kelonggaran baut atau kelonggaran mesin dari *base*-nya. Jadi kecepatan dan

percepatan juga harmonik dengan frekuensi osilasi yang sama, tetapi memiliki beda fasa terhadap perpindahan, berturut-turut dengan $\frac{\pi}{2}$ dan π radian.

Analisa getaran merupakan cara yang paling handal untuk mendeteksi awal gejala kerusakan mekanik, elektrik pada peralatan, sehingga analisa getaran ini menjadi pilihan teknologi *predictive maintenance* yang paling sering digunakan. Satuan yang sering digunakan terdapat pada tabel 2.1

Tabel 2.1. Satuan yang digunakan tiap karakteristik

Karakteristik Getaran	Satuan	
	Metrik	British
Perpindahan	microns peak to peak (1 μm = 0.001 mm)	mils peak to peak (0.001 in)
Kecepatan	mm/s	in/s
Percepatan	G (gmm/s ²) (1g = 9,807 m/s ²)	G (1g = 53,86 in/s ²)
Frekuensi	cpm, cps, Hz	cpm, cps, Hz
Pase	derajat	Derajat

Proses penentuan transduser yang akan digunakan harus mempertimbangkan parameter apa yang kita inginkan untuk diukur. Biasanya parameter - parameter tersebut adalah perpindahan, kecepatan dan percepatan.

2.2.6. Standart Pengukuran Getaran

Nilai efektif kecepatan getaran digunakan untuk menilai kondisi mesin. Nilai ini dapat ditentukan oleh hampir semua pengukuran perangkat getaran konvensional. Standart yang digunakan untuk pengukuran getaran antara lain ASTM D3580-95 (Standart Test Methods For Vibration), ANSI S3.40 (Mechanical Vibration and Shock), DIN 31692-3 (Vibration Monitoring) dan ISO 10816 dengan perincian sebagai berikut:

ISO 10816-1 : Pengukuran getaran untuk evaluasi mesin oleh non-rotating bagian umum

ISO 10816-2 : Pengukuran getaran untuk evaluasi mesin non-rotating bagian base turbin uap dan generator yang melebihi 50MW dengan operasi kecepatan 1500 rpm, 1800 rpm, 3000 rpm, 3600 rpm.

ISO 10816-3 : Pengukuran getaran untuk evaluasi mesin non-rotating bagian industri mesin dengan daya nominal di atas 15 kW dan nominal kecepatan antara 120 rpm dan 15 rpm.

ISO 10816-4 : pengukuran getaran untuk evaluasi mesin non-rotating bagian turbin gas didorong tidak termasuk pesawat dan turunannya.

2.3. Pengertian Pully Roll Plat Bending

Bending merupakan pengerjaan dengan cara memberi tekanan pada bagian tertentu sehingga terjadi deformasi plastis pada bagian yang diberi tekanan. Sedangkan proses bending merupakan proses penekukan atau pembengkokan menggunakan alat bending manual maupun menggunakan mesin bending. Pengerjaan bending biasana dilakukan pada bahan plat baja karbon rendah untuk menghasilkan suatu produk dari bahan plat. Ada pun alat pembendingan yang digunakan ialah roll plat bending.

Cara kerja mesin roll plat tersebut adalah motor memutar speed reducer, kemudian putaran tersebut akan di teruskan pada gear dan rantai akan menggerakkan poros bawah yang telah terhubung dengan *roller* penekuk, selanjutnya *roller* penekuk pada bagian atas akan ikut berputar karena telah terhubung dengan *roller* bagian bawah melauai roda gigi yang terdapat pada bagian samping *roller*, setelah kedua *roller* berputar plat yang berada di

tengah-tengah kedua *roll* tersebut akan terhimpit dan menjadi bergelombang, plat akan keluar bersamaan dengan putaran *roll* tersebut. Pada gambar 2.10. menunjukkan proses kerja pully roll plat pada mesin bending .



Gambar 2.10. Proses kerja pully roll plat pada mesin bending

1. Pully roll plat bending

Roll bending yaitu bending iyalah bahan yang terbuat dari plat berbentuk silinder yang biasanya digunakan untuk membentuk silinder, atau bentuk-bentuk lengkung lingkaran dari plat logam yang disisipkan pada suatu roll yang berputar. roll tersebut mendorong dan membentuk plat yang berputar secara terus menerus hingga terbentuklah silinder, plat dan yang lain. Pada Gambar 2.11. Pully roll plat pada mesin bending.

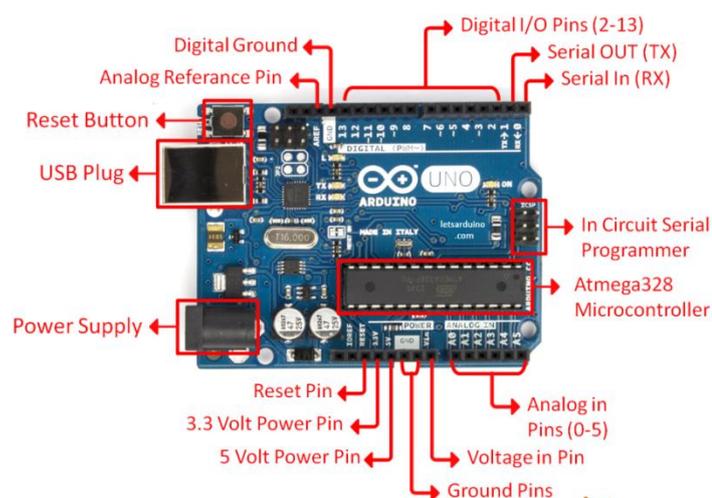


Gambar 2.11. Pully roll plat pada mesin bending

2.4. *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* 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 2.12. *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 2.12.

2.5. 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 2.13



Gambar 2.13. *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 2.14.



Gambar 2.14. 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-atur). Inverter juga memiliki sebuah sirkuit pengontrol. Inverter dapat dilihat pada gambar 2.15.

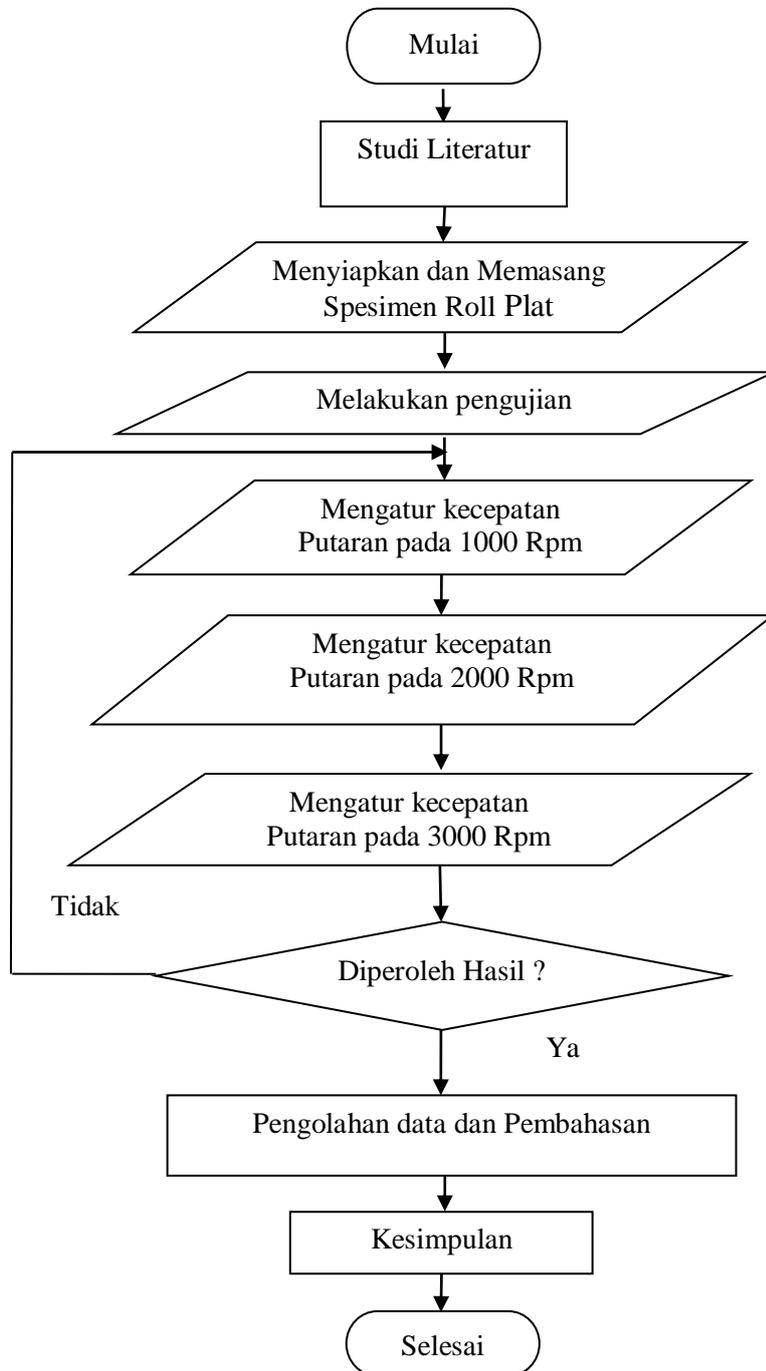


Gambar 2.15. Inverter

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Percobaan



Gambar 3.1. Diagram Alir Percobaan

3.2. 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.

3.2.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan studi karakteristik ekspeimental getaran pada pully roll plat dilaksanakan di laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.2.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan dilakukan setelah mendapat persetujuan judul dari dosen pembimbing, kemudian dilakukan pengujian dan pengambilan data kurang lebih 7 bulan.

Tabel 3.1 : Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian.

No	Kegiatan	September	Okteber	Nevenber	Desember	Januari	Februari	Maret
1	Study literatur							
2	Desain Mesin Balancing							
3	Pembuatan Alat Mesin Balancing							
4	Pengujian Spesimen							
5	Evaluasi data penelitian							

3.3. Bahan dan Alat

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

3.3.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Pully roll plat

Pully roll plat digunakan sebagai spesimen yang akan di uji keseimbangan dengan menggunakan mesin balancing.



Gambar 3.2. Pully roll plat

3.3.2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Alat Uji (*balancing machine*)

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



Gambar 3.3. Alat Uji

2. Motor listrik AC

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



Gambar 3.4. Motor Listrik AC

Spesifikasi :

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

3. Panel listrik

Untuk menjaga keamanan pada saat terjadinya gangguan dalam aliran listrik, selain itu box panel berguna untuk melindungi panel listrik dari kerusakan baik itu yang disengaja ataupun tidak disengaja.



Gambar 3.5. 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 3.6. *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 3.7. Sensor Getaran

6. Sensor kecepatan

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



Gambar 3.8. Sensor Kecepatan

7. Laptop

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



Gambar 3.9. Laptop

8. Mesin frais (*milling*)

Mesin frais digunakan untuk pembuatan/pengeboran lubang baut pada mesin balancing.



Gambar 3.10. 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 3.11. Mesin Bubut

10. Sigmat

Sigmat adalah alat yang digunakan untuk mengukur suatu benda yang memiliki tingkat ketelitian satu per-seratus milimeter, dengan

memakai alat ukur ini Anda bisa tahu ukuran suatu benda secara pasti.



Gambar 3.12. Sigmat

11. Waterpass

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



Gambar 3.13. Waterpass

12. Meteran

alat ukur yang sangat penting dipergunakan dalam perancangan. Alat ini karena semua pekerjaan pasti berhubungan dengan ukuran. Alat ukur dapat dijumpai dalam berbagai bentuk dan ukuran, bahan alat ukur ada yang terbuat dari kayu, kain, plastik dan juga dari plat besi.



Gambar 3.14. Meteran

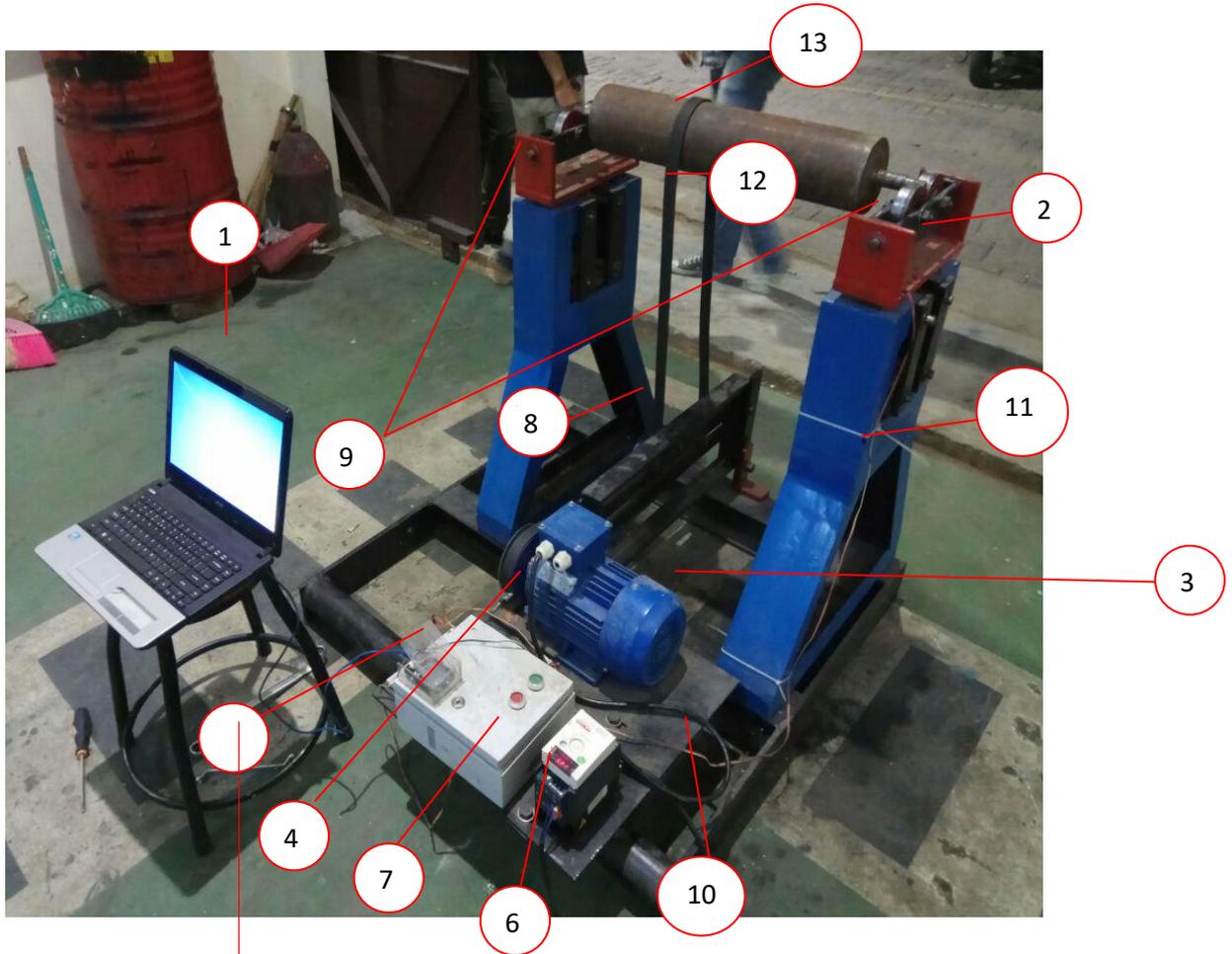
13. Inverter

Alat untuk mengubah sistem tegangan DC ke tegangan AC. Lebih spesifik lagi, fungsi inverter adalah mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC yang simetris dengan amplitudo dan frekuensi tertentu



Gambar 3.15. Inverter

3.4. Set Up Alat Uji



Gambar 3.16. Set Up Alat Uji

Keterangan :

1. Laptop

Berfungsi sebagai alat untuk menampilkan data sheet yang di deteksi oleh program arduino.

2. Sensor getar SW-420

Berfungsi sebagai pendeteksi getaran ketika melakukan pengujian pada alat balancing dinamik

3. Motor listrik AC
Berfungsi sebagai penggerak poros dengan bantuan belting sebagai penerus putaran motor listrik.
4. Sensor kecepatan/Rpm
Berfungsi sebagai alat pengukur kecepatan pada motor
5. *Arduino UNO*
Berfungsi sebagai microcontroler pembaca sensor getaran dan sensor kecepatan motor yang terhubung dengan komputer.
6. Inverter
Berfungsi untuk merubah kecepatan motor dengan cara merubah frekuensi outputnya.
7. Panel listrik
Berfungsi sebagai tempat dudukan konektor dan switch on-off sebagai penyambung dan pemutus arus listrik.
8. Pully
Berfungsi sebagai sabuk untuk menjalankan sesuatu, kekuatan alur yang berfungsi menghantarkan suatu daya.
9. *Roller balancing*
Berfungsi sebagai dudukan poros pada saat poros akan diputar.
10. Dudukan motor listrik AC
Berfungsi sebagai dudukan motor listrik pada mesin balancing dinamik.
11. Tiang kaku
Berfungsi sebagai tiang kaki yang menopang roller balancing dan komponen lainnya pada mesin balancing dinamik.

12. *Bealting*

Berfungsi untuk memindahkan tenaga menggerakkan poros dari komponen, seperti motor listrik, dengan jalan menghubungkan poros tersebut dengan sebuah tali khusus.

13. Pully Roll Plat Atau Spesimen

Berfungsi sebagai bahan uji eksperimental yang akan diuji pada alat balancing untuk mengetahui kereteristik getaran.

3.5. Prosedur Pengujian

1. Menyiapkan spesimen pully roll plat.



Gambar 3.17. Spesimen percobaan Pully Roll Plat

2. Menaikan pully roll plat pada mesin balancing dengan tepat, pada dudukan mesin balancing.



Gambar 3.18. Pemasangan Spesimen pada Mesin Balancing

3. Memasang sabuk pada spesimennya yang sudah dinaikan pada mesin *balancing*.
4. Mengkoneksikan semua sensor/alat ukur yang terprogram dalam *Arduino Uno* ke laptop, dan buka software penunjuk alat ukur tersebut.



Gambar 3.19. Mengkoneksi *Arduino Uno* ke laptop, dan buka software

5. Hidupkan mesin *balancing*.
6. Mengatur kecepatan putaran pada motor.
7. Memvariasikan kecepatan putaran motor 1000 Rpm, 2000 Rpm dan 3000 Rpm.
8. Memulai pengambilan data saat mesin *balancing* hidup.
9. Menyimpan data yang telah direkam oleh *Arduino Uno* sebagai data pengujian.

10. Membaca ketidakseimbangan pully roll plat 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 pada Pully Roll Plat

Dari hasil studi eksperimen, maka didapat data pengujian yang ditunjukkan

Data hasil studi eksperimental ini dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Data pengujian pully roll plat pada putaran 1000 Rpm
2. Data pengujian pully roll plat pada putaran 2000 Rpm
3. Data pengujian pully roll plat pada putaran 3000 Rpm

Data hasil studi eksperimen dibagi menjadi 3 agar dapat dilihat dimana putaran pully roll plat yang seimbang dan tidak seimbang dengan variasi putaran yang berbeda. Dan dapat dilihat perbedaannya dari putaran 1000 Rpm, 2000 Rpm, dan 3000 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 spesimen yang tidak stabil.

4.2. Perhitungan Data Hasil Studi Eksperimental

1.1.1. Data Pengujian Pully Roll Plat Pada Putaran 1000 Rpm

Penyelesain untuk natural gerak pada putaran 1000 Rpm

Putaran = 1000 Rpm

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \times n$$

$$\omega = \frac{2 \times 3,14}{60} \times 1000 \text{ Rpm}$$

$$\omega = 104,667 \text{ Rps}$$

Untuk mencari nilai (*Displesemen*) perpindahan, Kecepatan (*Velocity*) dan (*Acceleration*) Percepatan. Menggunakan persamaan 2.1, 2.2 dan 2.3 maka amplitudo dalam derit ke-1 data yang di hasilkan *Vibration Sensor* diperoleh seperti yang terlihat pada di bawah.

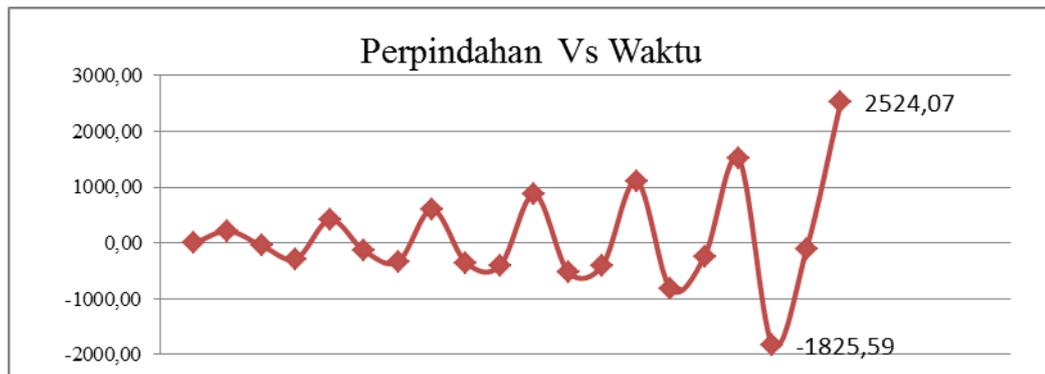
Tabel 4.1. data perhitungan *displecemen*, *velocity* dan *acceleration*.

Waktu	Displacement (m/s)	Velocity (m/s)	Acceleration (m/s²)
	$X = A \sin \omega t$	$\dot{X} = \omega A \cos \omega t$	$\ddot{X} = -\omega^2 A \sin \omega t$
Detik ke-1	-5,87	-399,28	-64298,00
Detik ke-2	216,59	-10071,62	2372743,25

Perhitungan ketiga amplitudo diatas diteruskan untuk setiap detik selanjutnya dan untuk mempercepat penghitungan dilakukan dengan menggunakan program *microsoft excel* yang diperlihatkan pada tabel 4.1.

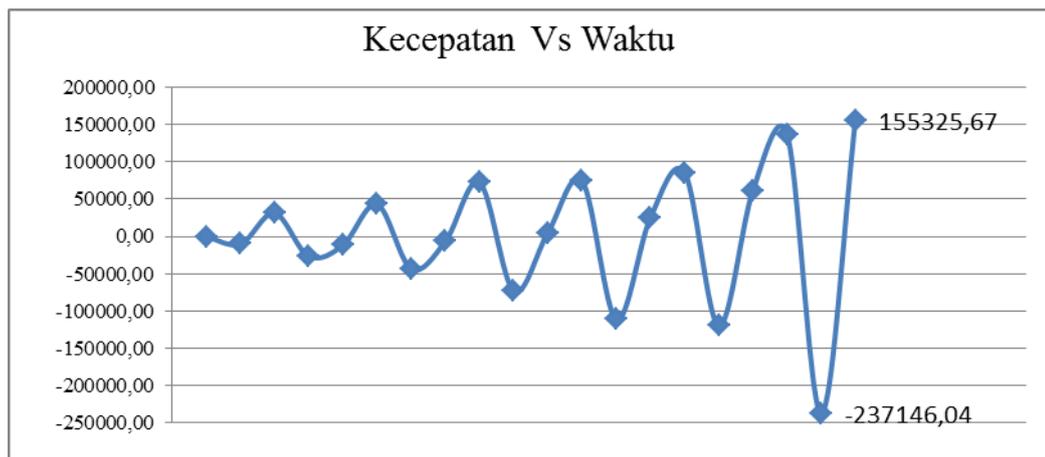
Data pengujian pully roll plat pada putaran 1000 Rpm dapat dilihat pada lampiran 2.

Setelah perhitungan pada putaran 1000 Rpm selama 20 detik, maka dapat kita lihat grafik perbandingan *displecemen*, *velocity* dan *acceleration* yang terjadi dari masing-masing getaran pada gambar dibawah ini.



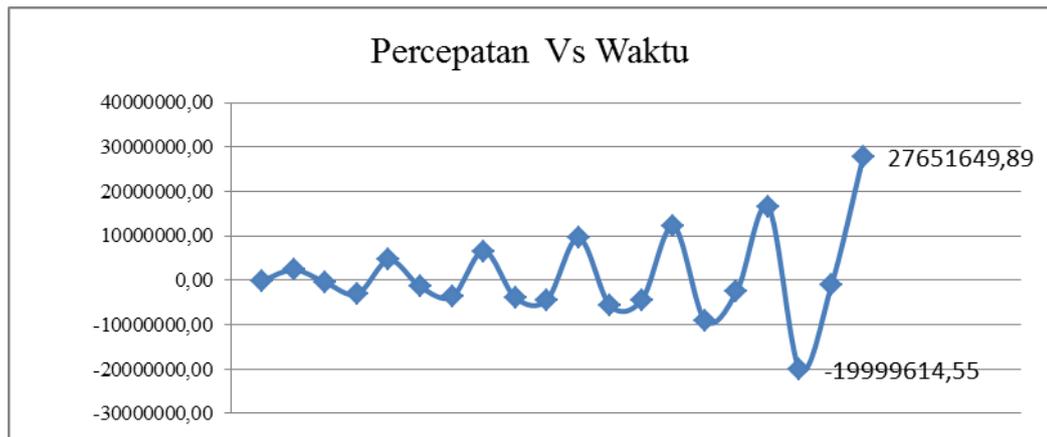
Gambar 4.1. Grafik Perbandingan Perpindahan Vs Waktu

Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari perpindahan. Nilai perpindahan yang terendah pada grafik sebesar $-1825,59 \text{ m/s}^2$ dan untuk nilai perpindahan pada grafik nilai tertinggi sebesar $2524,07 \text{ m/s}^2$.



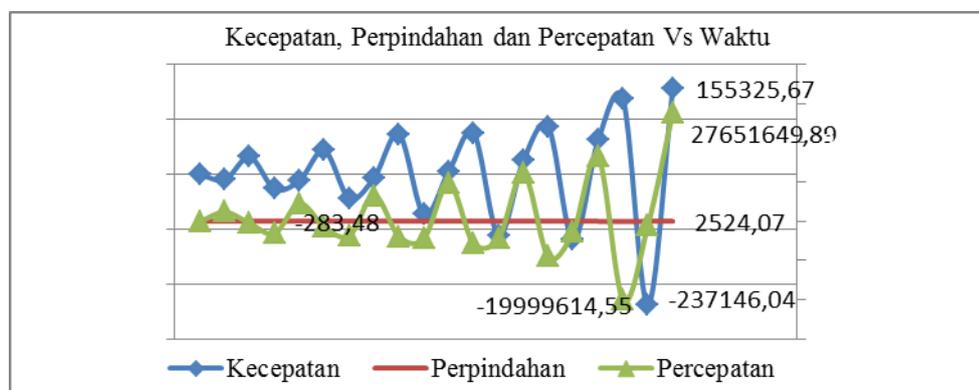
Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Kecepatan Vs Waktu

Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari kecepatan. Nilai kecepatan yang terendah pada grafik sebesar - 237146,04 m/s dan untuk nilai perpindahan pada grafik nilai tertinggi sebesar 155325,67 m/s.



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Percepatan Vs Waktu

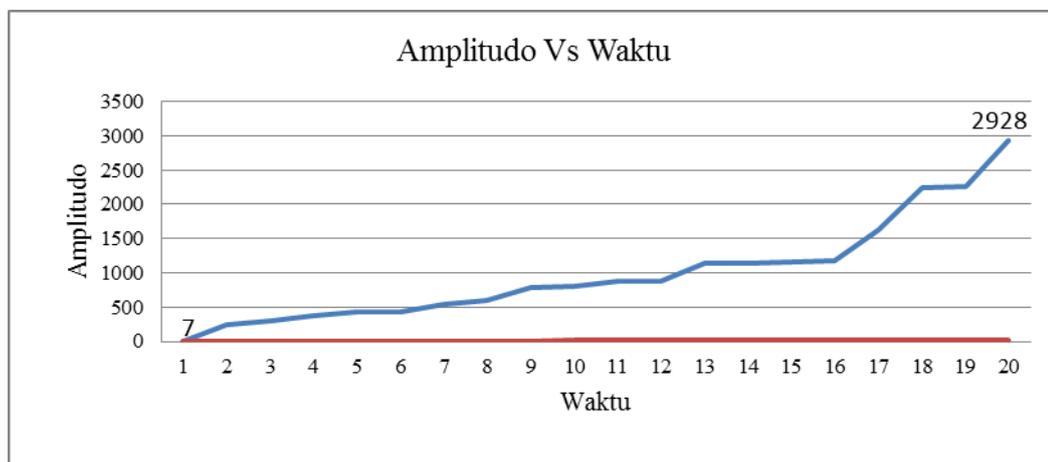
Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari kecepatan. Nilai kecepatan yang terendah pada grafik sebesar -19999614,55 m/s dan untuk nilai perpindahan pada grafik nilai tertinggi sebesar 27651649,89 m/s.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Kecepatan, Perpindahan dan Percepatan Vs Waktu

Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari kecepatan, perpindahan dan percepatan. Maka kita dapat melihat variasinya grafik pada saat putaran 1000 rpm dengan naik turunnya nilai kecepatan, percepatan dan perpindahan Vs waktu.

Setelah perhitungan pada putaran 1000 Rpm selama 20 detik, maka dapat kita lihat grafik perbandingan amplitudo getaran yang terjadi dari masing-masing getaran, seperti terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Amplitudo Vs Waktu

Pada grafik 4.5. kita bisa lihat bagaimana kondisi keseimbangan pully roll plat. Pada putaran 1000 Rpm grafik getaran menunjukkan amplitudo yang terendah yaitu 7 mc/s dan nilai yang tertinggi yaitu 2928 cm/s. Frekuensi terus naik seiring bertambahnya putaran dilihat dari grafik amplitudo tertinggi terdapat pada putaran 1000 Rpm selanjutnya frekuensi mengalami kenaikan dan penurunan sesuai dengan jumlah putarannya. Gerakan amplitudo getaran tersebut tidak harmonik, dan tidak ada getaran yang melebihi 1000 cps sehingga kondisi ini bias dikatakan masih stabil/*balance*.

1.1.2. Data Pengujian Pully Roll Plat Pada Putaran 2000 Rpm

Penyelesain untuk natural gerak pada putaran 2000 Rpm

Putaran = 2000 Rpm

$$w = \frac{2\pi}{60} \times n$$

$$w = \frac{2 \times 3,14}{60} \times 2000 \text{ Rpm}$$

$$w = 314.000 \text{ Rbs}$$

Untuk mencari nilai (*Displesemen*) perpindahan, Kecepatan (*Velocity*) dan (*Accelaration*) Percepatan. Menggunakan persamaan 2.1, 2.2 dan 2.3 maka amplitudo dalam derit ke-1 data yang di hasilkan *Vibration Sensor* diperoleh seperti yang terlihat pada di bawah.

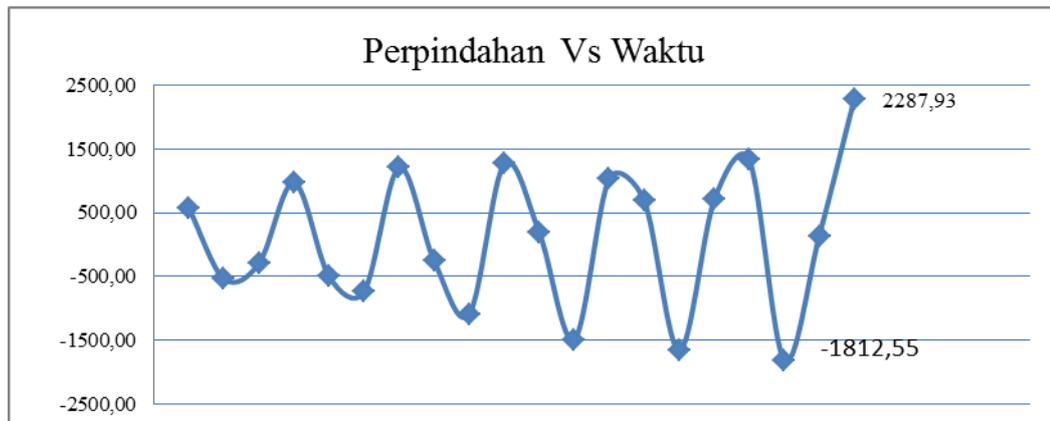
Tabel 4.2. data perhitungan *displecemen*, *velocity* dan *acceleration*.

<i>Waktu</i>	<i>Displacement</i> (m/s)	<i>Velocity</i> (m/s)	<i>Acceleration</i> (m/s ²)
	$X = A \text{ Sin } \omega t$	$\dot{X} = \omega A \text{ Cos } \omega t$	$\ddot{X} = -\omega^2 A \text{ Sin } \omega t$
Detik ke-1	562,28	-84,80	40063,69
Detik ke-2	-540,00	-281,25	-64919,25

Perhitungan ketiga amplitudo diatas diteruskan untuk setiap detik selanjutnya dan untuk mempercepat penghitungan dilakukan dengan menggunakan program *microsoft excel* yang diperlihatkan pada tabel 4.2.

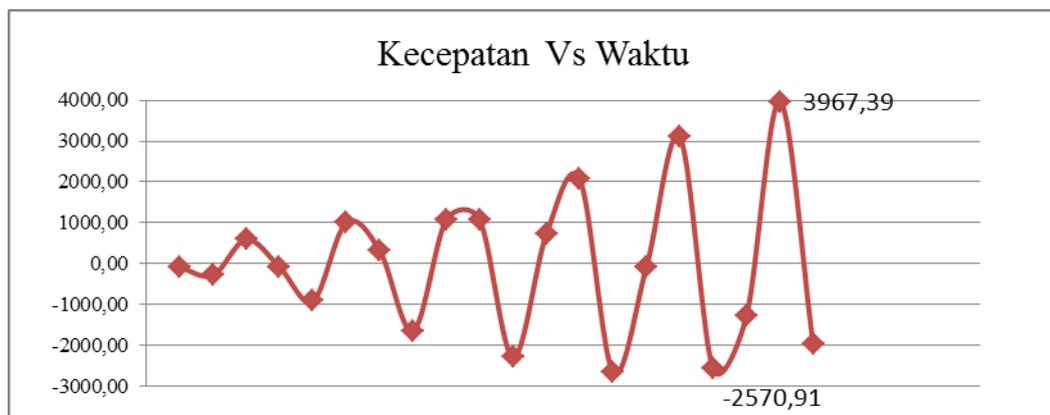
Data pengujian pully roll plat pada putaran 2000 Rpm dapat dilihat pada lampiran 3.

Setelah perhitungan pada putaran 2000 Rpm selama 20 detik, maka dapat kita lihat grafik perbandingan *displecemen*, *velocity* dan *acceleration* yang terjadi dari masing-masing getaran dibawah ini.



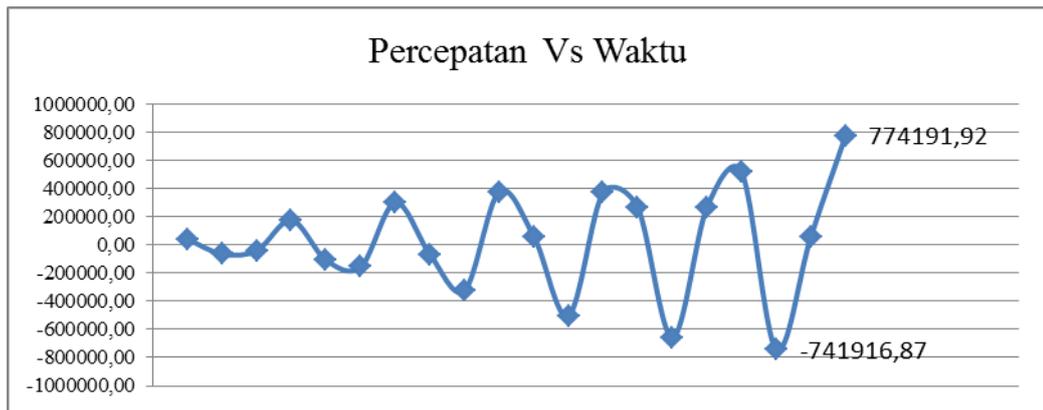
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Perpindahan Vs Waktu

Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari kecepatan. Nilai kecepatan yang terendah pada grafik sebesar $-1812,55 \text{ m/s}^2$ dan untuk nilai perpindahan pada grafik nilai tertinggi sebesar $2287,93 \text{ m/s}^2$.



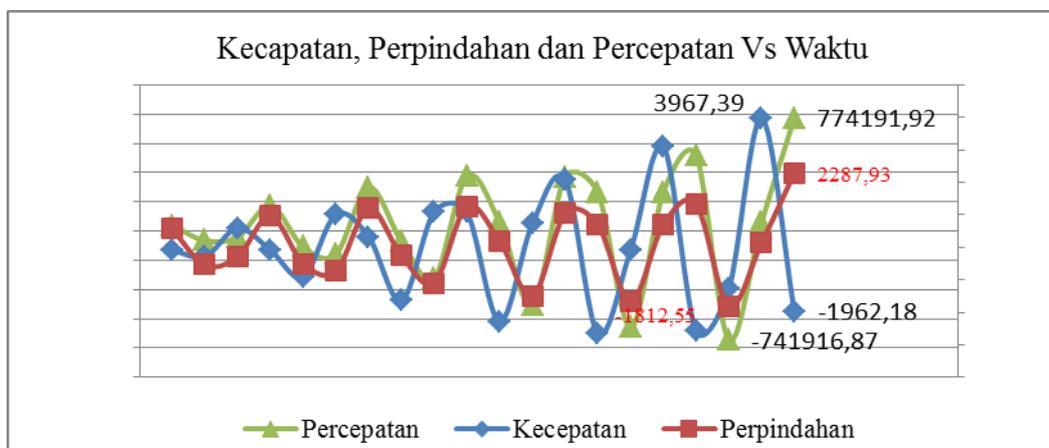
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Kecepatan Vs Waktu

Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari kecepatan. Nilai kecepatan yang terendah pada grafik sebesar $-2570,91 \text{ m/s}$ dan untuk nilai perpindahan pada grafik nilai tertinggi sebesar $3967,39 \text{ m/s}$.



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Percepatan Vs Waktu

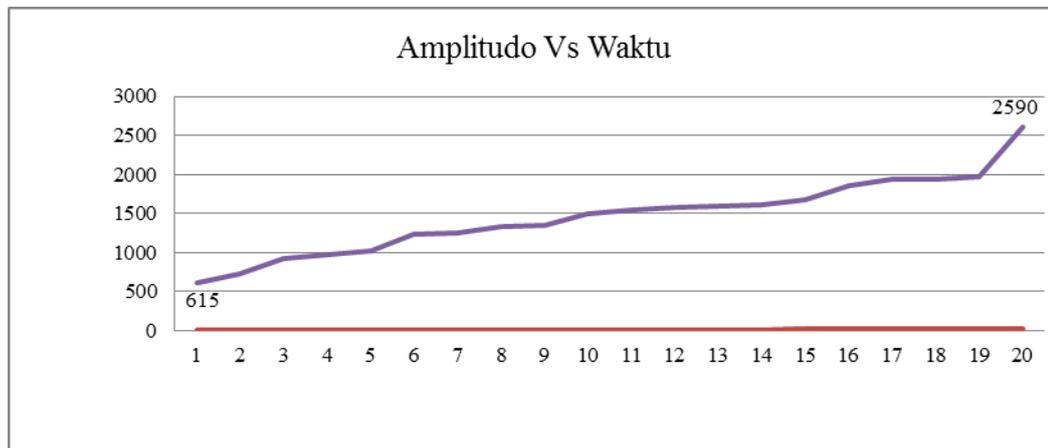
Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari kecepatan. Nilai kecepatan yang terendah pada grafik sebesar -741916,87 mc/s dan untuk nilai perpindahan pada grafik nilai tertinggi sebesar 774191,92 mc/s.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Kecepatan, Perpindahan dan Percepatan Vs Waktu

Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari kecepatan, perpindahan dan percepatan. Maka kita dapat melihat variasinya grafik pada saat putaran 2000 rpm dengan naik turunnya nilai kecepatan, percepatan dan perpindahan Vs waktu.

Setelah perhitungan pada putaran 2000 Rpm selama 20 detik, maka dapat kita lihat grafik perbandingan amplitudo getaran yang terjadi dari masing-masing getaran, seperti terlihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Amplitudo Vs Waktu

Pada gambar 4.10 kita bisa lihat bagaimana kondisi keseimbangan pully roll plat pada kecepatan putaran 2000 Rpm. Pada putaran 2000 Rpm frekuensi getaran yang di hasilkan pully roll plat sebesar 615 cps frekuensi tersebut terus naik sampai sebesar 2590. Jika dilihat dari grafik diatas kami dapat menyimpulkan bahwa frekuensi getaran akan selalu naik seiring bertambahnya putaran motor hal ini sesuai dengan teori- teori yang di lakukan oleh peneliti- peneliti sebelumnya. Pada kondisi ini spesimen masih dalam keadaan *unbalance* karena frekuensi getaran yang mencapai pada frekuensi 1000 cps maka perlu dilakukan perbaikan pada spesimen yang bertujuan mengurain frekuensi getaran.

1.1.3. Data Pengujian Pully Roll Plat Pada Putaran 3000 Rpm

Penyelesain untuk natural gerak pada putaran 3000 Rpm

Putaran = 3000 Rpm

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \times n$$

$$\omega = \frac{2 \times 3,14}{60} \times 3000 \text{ Rpm}$$

$$\omega = 314.000 \text{ Rns}$$

Untuk mencari nilai (*Displesemen*) perpindahan, Kecepatan (*Velocity*) dan (*Accelaration*) Percepatan. Menggunakan persamaan 2.1,2,2 dan 2.3 maka amplitudo dalam derit ke-1 data yang di hasilkan *Vibration Sensor* diperoleh seperti yang terlihat pada di bawah.

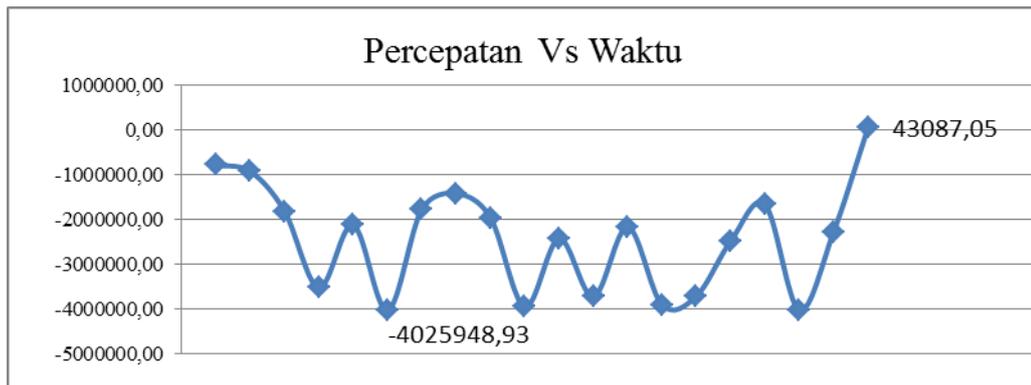
Tabel 4.3. data perhitungan *displecemen*, *velocity* dan *acceleration*.

<i>Waktu</i>	<i>Displacement</i> (μm)	<i>Velocity</i> (mm/s)	<i>Acceleration</i> (gmm/s ²)
	$X = A \text{ Sin } \omega t$	$\dot{X} = -\omega^2 A \text{ Sin } \omega t$	$\ddot{X} = -\omega^2 A \text{ Sin } \omega t$
Detik ke-1	-7,93	15501,30	-781831,31
Detik ke-2	-9,40	8946,14	-926323,80

Perhitungan ketiga amplitudo diatas diteruskan untuk setiap detik selanjutnya dan untuk mempercepat penghitungan dilakukan dengan menggunakan program *microsoft excel* yang diperlihatkan pada tabel 4.3.

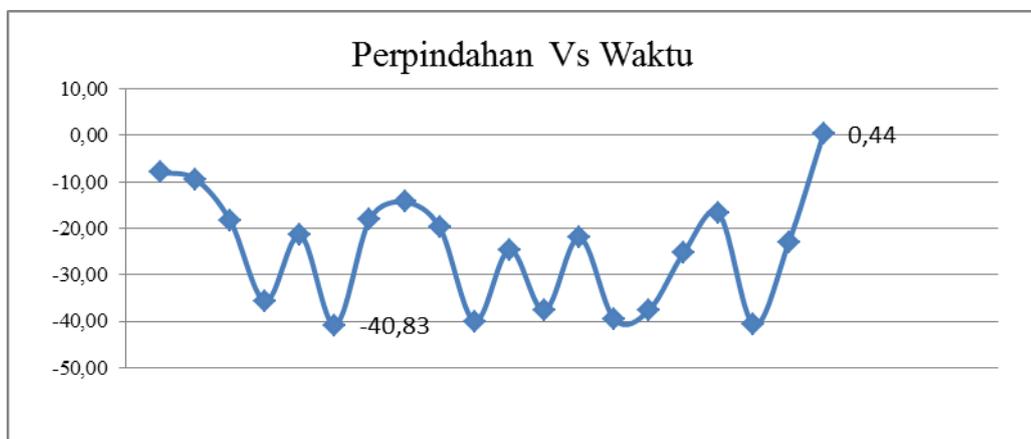
Data pengujian pully roll plat pada putaran 3000 Rpm dapat dilihat pada lampiran 4.

Setelah perhitungan pada putaran 3000 Rpm selama 20 detik, maka dapat kita lihat grafik perbandingan *displecemen*, *velocity* dan *acceleration* yang terjadi dari masing-masing getaran dibawah ini.



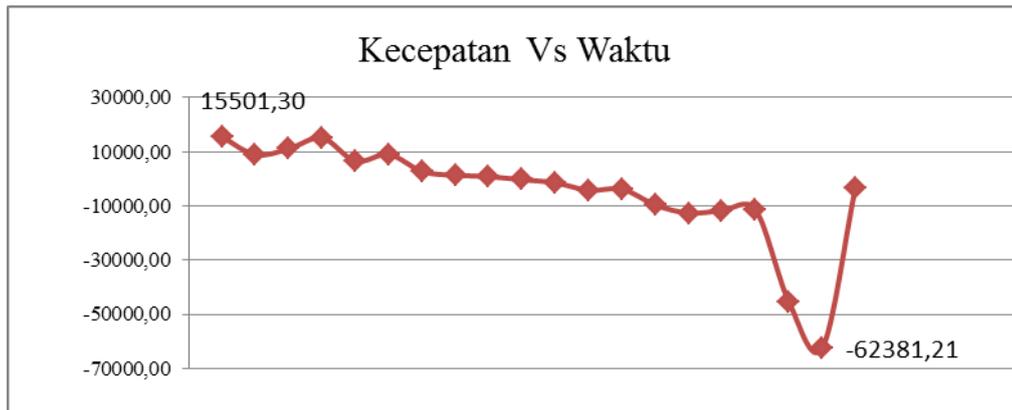
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Percepatan Vs Waktu

Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari kecepatan. Nilai kecepatan yang terendah pada grafik sebesar -40259448,93 mc/s dan untuk nilai perpindahan pada grafik nilai tertinggi sebesar 43087,05 mc/s.



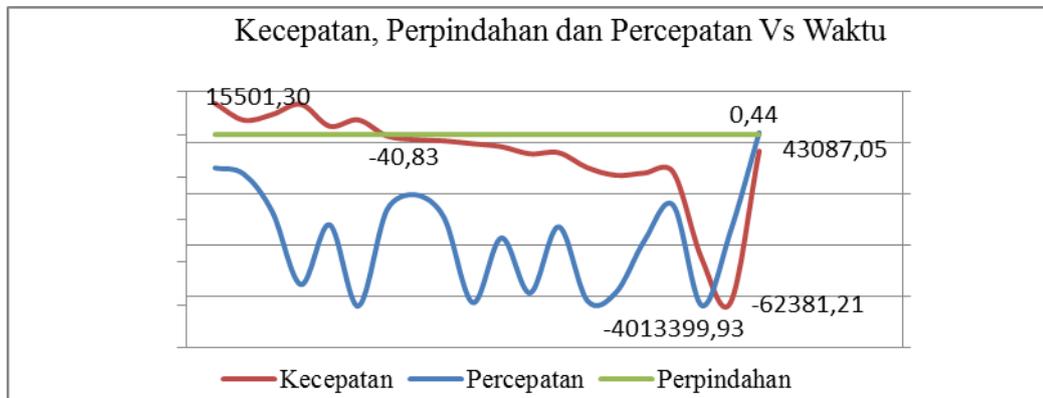
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Perpindahan Vs Waktu

Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari kecepatan. Nilai kecepatan yang terendah pada grafik sebesar -40,83 mc/s dan untuk nilai perpindahan pada grafik nilai tertinggi sebesar 0,44 mc/s.



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Kecepatan Vs Waktu

Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari kecepatan. Nilai kecepatan yang terendah pada grafik sebesar -62381,21 mc/s dan untuk nilai perpindahan pada grafik nilai tertinggi sebesar 15501,30 mc/s.

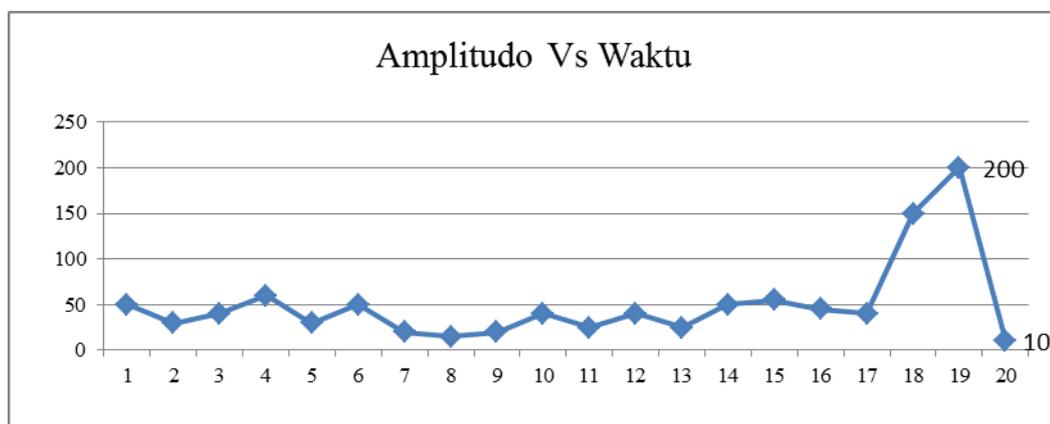


Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Kecepatan, Perpindahan dan Percepatan Vs Waktu

Pada grafik diatas dapat dilihat gerakan naik turun yang bervariasi dari kecepatan, perpindahan dan percepatan. Nilai kecepatan yang paling rendah dimulai dari -4025948,93 micron/sekon dan nilai perpindahan pada grafik sebesar -40,83mc/s dan untuk nilai percepatan terendah pada grafik sebesar -62381,21 mc/s. Dilihat dari grafik kita bisa melihat nilai dari kecepatan,

perpindahan dan percepatan. Nilai kecepatan yang paling tertinggi dimulai dari 15501,30 mc/s dan untuk nilai perpindahan pada grafik sebesar 0,44 mc/s dan nilai percepatan tertinggi pada grafik sebesar 43087,05 cps/s.

Setelah perhitungan pada putaran 3000 Rpm selama 20 detik, maka dapat kita lihat grafik perbandingan amplitudo getaran yang terjadi dari masing-masing getaran, seperti terlihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Amplitudo Vs Waktu

Pada gambar 4.15 kita bisa lihat bagaimana kondisi keseimbangan pully roll plat pada kecepatan putaran 3000 Rpm. Frekuensi getaran yang di hasilkan pully roll plat sebesar 10 cps frekuensi tersebut terus mengalami kenaikan hingga 200 cps . Jika dilihat dari grafik diatas kami dapat menyimpulkan bahwa frekuensi getaran akan selalu naik seiring bertambahnya putaran motor hal ini sesuai dengan teori- teori yang di lakukan oleh peneliti- peniliti sebelumnya. Pada kondisi ini spesimen masih dalam keadaan *unbalance* karena frekuensi getaran yang mencapai pada frekuensi 1000 cps maka perlu dilakukan perbaikan pada spesimen yang bertujuan mengurain frekuensi getaran.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka didapat hasil untuk menjawab tujuan khusus yang tercantum sebelumnya kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi putaran yang dihasilkan motor maka semakin cepat pula putaran yang terjadi kespesimen dan semakin besar nilai pada *displesemen*, *velocity* dan *acceleration*.
2. Dari hasil pengujian dengan memvariasikan putaran maka dapat dilihat gerakan naik turunnya getaran pada hasil pengujian maka didapat nilai getaran sebesar 7 cps – 2928 cps pada putaran 1000 rpm, sedangkan pada putaran 2000 rpm didapat nilai getaran sebesar 615 cps - 2590 cps, pada putaran 3000 rpm nilai getaran yang didapat sebesar 10 cps - 200 cps, getaran akan selalu naik seiring bertambahnya putaran motor .
3. Dari hasil pengujian maka didapat nilai perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai *displesemen*, *velocity* dan *acceleration*, maka didapat nilai *displesemen* (percepatan) sebesar -19999614,55 mc/s – 27651649,89 mc/s, sedangkan nilai *velocity* (kecepatan) sebesar - 237146,04 – 155325,67 mc/s, sedangkan nilai *acceleration* sebesar - 1825,59 cm/s – 2524,07 mc/s, pada putaran 1000 rpm. Pada putaran 2000 rpm didapat nilai *dispelesem* (percepatan) sebesar -741916,87 mc/s – 774191,92 mc/s sedangkan nilai *velocity* (kecepatan) sebesar -2570,91 mc/s – 3967,39 mc/s, sedangkan nilai *acceleration* sebesar -1812,55 mc/s

– 2287,93 mc/s. Pada putaran 3000 rpm didapat nilai *dispelesem* (percepatan) sebesar -4025948,93 mc/s – 43087,05 mc/s sedangkan nilai *velocity* (kecepatan) sebesar -62381,21mc/s – 15501,30 mc/s, sedangkan nilai *acceleration* sebesar – 40,83 mc/s – 0,44 mc/s.

5.2. Saran

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

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan modifikasi *Vibration Sensor* untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal atau hasil yang lebih detail lagi.
2. Perlu diadakan penelitian dengan menggunakan metode lain dengan menggunakan *vibrometer* atau bisa juga dengan perhitungan domain waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zainal ., 1996, *Vibration Monitoring Balancing/Aligment*, LPM-ITB, Bandung
- Aifu Zainur Rahman,2015,*Rancang Bangun Alat Ukur Getaran Mesin Berbasis Arduino*”,Universitas Negri Semarang, [Online :lib.unnes.ac.id/21129/1/5301410037-s.pdf. diakses pada tanggal 6 juni.
- “Arduino”[Online:<http://forum.arduino.cc/index.php?.topic=476382.0> diakses pada tanggal 8Juni2017].
- Dwi Rahmanto,2017, ”*Pengaruh Variasi Putaran Terhadap Efektifitas Balancing Poros Fleksibel Pada Poros Two-Plane Balancing*”, Universitas Sepuluh Maret,Surakarta,[Online:<https://eprint.uns.ac.id/5099/1/71200607200607200908391.pdf> diakses pada tanggal 6 Juni]
- Dr. Abdul Hamid,B. Eng, 2012, “ *Pratikal Vibrasi Mekanik* “ Yogyakarta : Ilmu Graha
- George.H.Martin, “*Kinematika dan Dinamika Teknik* “diterjemahkan oleh: Ir.Setiyobakti,Penerbit Erlangga 1994.
- Entek IRD, *The Machinery Information Company.*, 1996, *Dynamic Balancing*,Entek IRD International Company 1700 Edison Dr. Milford Ohio USA
- Structures/Montion 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

Tungga,BK (2011).Dasar-Dasar Getaran Mekanis.Yogyakarta:Penerbit Andi

Vowk, Viktor., 1994, *Machinery Vibration, Balancing*, McGraw-hill Inc, New York

Maintenance Engineering Handbook, Mobley

www.vibrasiblog.blogspot.com

www.mantenimientoplanificado.com

Lampiran

Lampiran

Lampiran 1 . Data Hasil pengujian pada putaran dan Amplitudo 1000, 2000 dan 3000

Rpm.

NO.	Putaran (Rpm)	Aplitude (micron)	Putaran (Rpm)	Amplitudo(micron)	Putaran (Rpm)	Amplitudo (micron)
1	1000,00	7	2000,00	615	3000,00	50
2	1000,00	237	2000,00	729	3000,00	30
3	1000,00	302	2000,00	926	3000,00	40
4	1000,00	382	2000,00	976	3000,00	60
5	1000,00	432	2000,00	1020	3000,00	30
6	1000,00	432	2000,00	1231	3000,00	50
7	1000,00	534	2000,00	1237	3000,00	20
8	1000,00	604	2000,00	1331	3000,00	15
9	1000,00	776	2000,00	1336	3000,00	20
10	1000,00	806	2000,00	1478	3000,00	40
11	1000,00	878	2000,00	1526	3000,00	25
12	1000,00	881	2000,00	1558	3000,00	40
13	1000,00	1136	2000,00	1589	3000,00	25
14	1000,00	1136	2000,00	1598	3000,00	50
15	1000,00	1159	2000,00	1662	3000,00	55
16	1000,00	1170	2000,00	1846	3000,00	45
17	1000,00	1618	2000,00	1916	3000,00	40
18	1000,00	2245	2000,00	1927	3000,00	150
19	1000,00	2268	2000,00	1953	3000,00	200
20	1000,00	2928	2000,00	2590	3000,00	10

Lampiran 2 Data hasil perhitungan dari program *microsoft excel* Pada Putaran 1000 Rpm.

NO.	Waktu (s)	Putaran Rpm	Amplitudo (micron)	ω Rad/dtk	Perpindahan (Micron)	Kecepatan (Micron)	Percepatan (Micron)
1	13.27.24	1000,00	7	104,667	-5,87	-399,28	-64298,00
2	13.27.25	1000,00	237	104,667	216,59	-10071,62	2372743,25
3	13.27.26	1000,00	302	104,667	-47,60	31214,38	-521432,17
4	13.27.27	1000,00	382	104,667	-283,48	-26800,65	-3105540,29
5	13.27.28	1000,00	432	104,667	417,50	-11616,46	4573789,14
6	13.27.29	1000,00	432	104,667	-134,47	42969,85	-1473135,42
7	13.27.30	1000,00	534	104,667	-334,91	-43533,53	-3668973,74
8	13.27.31	1000,00	604	104,667	600,89	-6409,34	6582835,10
9	13.27.32	1000,00	776	104,667	-354,75	72237,34	-3886393,17
10	13.27.33	1000,00	806	104,667	-400,24	-73225,44	-4384679,74
11	13.27.34	1000,00	878	104,667	876,59	5208,50	9603187,40
12	13.27.35	1000,00	881	104,667	-521,21	74342,87	-5709987,60
13	13.27.36	1000,00	1136	104,667	-401,65	-111221,78	-4400163,66
14	13.27.37	1000,00	1136	104,667	1109,85	25364,23	12158626,70
15	13.27.38	1000,00	1159	104,667	-824,38	85268,40	-9031243,63
16	13.27.39	1000,00	1170	104,667	-236,01	-119942,95	-2585582,80
17	13.27.40	1000,00	1618	104,667	1506,60	61750,98	16505108,99
18	13.27.41	1000,00	2245	104,667	-1825,59	136760,33	-19999614,55
19	13.27.42	1000,00	2268	104,667	-101,69	-237146,04	-1113992,15
20	13.27.43	1000,00	2928	104,667	2524,07	155325,67	27651649,89

Lampiran 3 Data hasil perhitungan dari program *microsoft excel* .Pada Putaran 2000

Rpm

No	Waktu (s)	Putaran Rpm	Amplitudo (Micron)	ω Rad/dtk	Perpindahan (Micron)	Kecepatan (Micron)	Percepatan (Micron)
1	22.45.04	2000,00	615	209,333	562,28	-84,80	40063,69
2	22.45.05	2000,00	729	209,333	-540,00	-281,25	-64919,25
3	22.45.06	2000,00	926	209,333	-290,88	596,21	-41294,64
4	22.45.07	2000,00	976	209,333	971,36	-81,56	174447,76
5	22.45.08	2000,00	1020	209,333	-502,07	-911,09	-107847,70
6	22.45.09	2000,00	1231	209,333	-734,22	1008,13	-156817,72
7	22.45.10	2000,00	1237	209,333	1206,65	322,60	299216,22
8	22.45.11	2000,00	1331	209,333	-258,05	-1642,89	-67967,04
9	22.45.12	2000,00	1336	209,333	-1093,36	1082,68	-322756,26
10	22.45.13	2000,00	1478	209,333	1266,55	1078,95	375511,38
11	22.45.14	2000,00	1526	209,333	189,37	-2284,86	59816,38
12	22.45.15	2000,00	1558	209,333	-1491,75	724,74	-503482,67
13	22.45.16	2000,00	1589	209,333	1035,48	2064,17	371223,38
14	22.45.17	2000,00	1598	209,333	686,35	-2646,58	263495,24
15	22.45.18	2000,00	1662	209,333	-1661,40	-84,32	-657067,53
16	22.45.19	2000,00	1846	209,333	702,22	3097,53	266709,52
17	22.45.20	2000,00	1916	209,333	1324,79	-2570,91	515082,80
18	22.45.21	2000,00	1927	209,333	-1812,55	-1279,24	-741916,87
19	22.45.22	2000,00	1953	209,333	137,96	3967,39	58815,25
20	22.45.23	2000,00	2590	209,333	2287,93	-1962,18	774191,92

Lampiran 4 Data hasil perhitungan dari program *microsoft excel*. Pada Putaran 3000 Rpm.

No	Waktu (s)	Putaran Rpm	Amplitudo (Micron)	ω Rad/dtk	Perpindahan (Micron)	Kecepatan (Micron)	Percepatan (Micron)
1	22.43.25	3000,00	50	314,000	-7,93	15501,30	-781831,31
2	22.43.26	3000,00	30	314,000	-9,40	8946,14	-926323,80
3	22.43.27	3000,00	40	314,000	-18,39	11153,41	-1813469,08
4	22.43.28	3000,00	60	314,000	-35,69	15144,48	-3518906,17
5	22.43.29	3000,00	30	314,000	-21,44	6587,75	-2114269,29
6	22.43.30	3000,00	50	314,000	-40,83	9060,87	-4025948,93
7	22.43.31	3000,00	20	314,000	-17,96	2765,12	-1770484,54
8	22.43.32	3000,00	15	314,000	-14,34	1376,92	-1414331,42
9	22.43.33	3000,00	20	314,000	-19,81	860,21	-1953333,38
10	22.43.34	3000,00	40	314,000	-39,99	-274,51	-3942897,97
11	22.43.34	3000,00	25	314,000	-24,59	-1414,05	-2424579,39
12	22.43.35	3000,00	40	314,000	-37,71	-4193,19	-3717563,00
13	22.43.36	3000,00	25	314,000	-21,94	-3761,10	-2163562,79
14	22.43.37	3000,00	50	314,000	-39,53	-9612,52	-3897769,70
15	22.43.38	3000,00	55	314,000	-37,60	-12605,47	-3706729,34
16	22.43.39	3000,00	45	314,000	-25,16	-11714,81	-2480799,03
17	22.43.40	3000,00	40	314,000	-16,82	-11395,14	-1658689,62
18	22.43.41	3000,00	150	314,000	-40,71	-45332,58	-4013399,93
19	22.43.42	3000,00	200	314,000	-23,06	-62381,21	-2273502,79
20	22.43.42	3000,00	10	314,000	0,44	-3137,00	43087,05