

TUGAS AKHIR
PENGEMBANGAN INSTRUMENTASI ALAT PENGUKUR
GETARAN

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

Disusun Oleh:

KHAZARI
1207230137



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

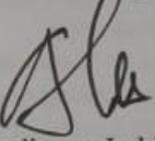
Nama : Khazari
NPM : 1207230137
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengembangan Instrumentasi Alat Pengukur Getaran
Bidang ilmu : Kontruksi dan Manufaktur

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.

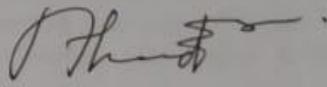
Medan, 22 Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui:

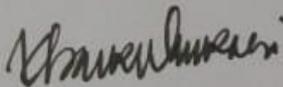
Dosen Penguji I


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

Dosen Peguji II


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

Dosen Penguji III


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

Dosen Peguji IV

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

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Khazari
Tempat /Tanggal Lahir : Kota bangun, 03 Agustus 1993
NPM : 1207230137
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pengembangan Instrumentasi Alat Pengukur Getaran”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, ~~21~~ Maret 2019

Saya yang menyatakan,



Khazari

ABSTRAK

Alat keseimbangan dinamik adalah suatu alat yang digunakan untuk menyeimbangkan poros, impeler, dan bahan rotary lainnya. Vibrasi. Getaran yang terjadi pada mesin dan komponennya memiliki karakteristik pada level yang diijinkan selama beroperasi. Apabila terjadi kenaikan level getaran pada mesin berdasarkan amplitudo atau frekuensi getaran tertentu, maka kondisi ini mesin harus mendapatkan penanganan khusus yang mengacu pada pengukuran dan analisa getaran untuk mengetahui sumber getaran dan indikasi penyebabnya. Tingkat getaran yang tinggi menandakan bahwa terjadi gangguan pada komponen mesin yang dapat menjadi kerusakan yang lebih parah. Pada penelitian ini peneliti mengembangkan instrumentasi alat pengukur getaran, pembuatan dan pengujian alat ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah merancang kemudian menguji alat yang direkayasa untuk mengetahui kinerja alat tersebut. Alat ini sebagian besar terbuat dari besi H dan Besi UNP dengan dilengkapi motor listrik sebagai penggerak alat ini dan sensor getaran sebagai sensor pembaca getaran yang terjadi pada spesimen yang akan diuji, sensor kecepatan sebagai sensor pembaca kecepatan kerja alat uji pengukur getaran tersebut dengan Arduino UNO sebagai microcontroller. Kapasitas kerja alat pengukur getaran ini ialah alat uji atau rotor dengan panjang maksimum 800 mm dengan kecepatan 3000 rpm.

Kata kunci : keseimbangan, ketidakseimbangan, getaran

ABSTRACT

Dynamic balance tool is a device used to balance axle, impeller, and other rotary materials. vibration. The vibrations that occur in the engine and its components have characteristics at the level permitted during operation. If there is an increase in the vibration level of the engine based on a certain amplitude or vibration frequency, then this condition the engine must get special handling that refers to the measurement and analysis of vibration to find out the source of vibration and indication of the cause. High vibration levels indicate that there is a disturbance in the engine components that can be more severe damage. In this study the researcher developed a vibration measuring instrumentation, making and testing this tool carried out at the Mechanical Engineering Laboratory of the North Sumatra Muhammadiyah University. The method used in this study is to design and then test the engineered tool to determine the performance of the tool. This tool is mostly made of iron H and Iron UNP equipped with a hydraulic motor as a driver of this tool and a vibration sensor as a vibration reader sensor that occurs in the specimen to be tested, speed sensor as a sensor reader working speed of the vibration measuring device with Arduino UNO as microcontroller. The working capacity of this vibration measuring device is a test equipment or rotor with a maximum length of 800 mm at a speed of 3000 rpm.

Keywords: *balance, unbalance, vibration*

KATA PENGANTAR

Bismillahir rohmaanir rohiim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Alhamdulillah, puji syukurkehadirat *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 kepadanabi 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 "Pengembangan Instrumentasi Alat Pengukur Getaran". 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 (hayati) dan bapak (fetianhamdi) yang tidak pernah berhenti memberi kasih, sayang, perhatian, nasihat, materil dandonya hingga saat ini.
2. Bapak Munawar Alfansury S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.sc., selaku Wakil Dekan IFakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T., selaku Pembimbing I tugas sarjanayang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Bapak Rahamtullah, S.T.,M.sc., selaku Pembimbing II tugas sarjanayang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Bapak Affandi S.T., selaku Ketua Program Studi Teknik MesinFakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesai dengan baik.
7. Bapak Chandra A. Siregar, S.T.,M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Pegawai Tata Usaha dan Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara..
9. Terima kasih kepada, S.T, abangda Arya Rudi Nasution, S.T, Abdul Ghani, M. Ridho dan anggota laboratoruim teknik mesin UMSU yanglainnya, yang telah membantu dalam proses pembuatan alat keseimbangan dinamik.

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, 06 Maret 2019

Penulis

KHAZARI
1207230137

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.3.1. Tujuan Umum	3
1.3.2. Tujuan Khusus	3
1.4. Ruang Lingkup Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Balancing Machine</i>	6
2.2. Cara Kerja Mesin Balancing	7
2.3. Getaran	8
2.4. Kajian Teoritis	10
2.4.1. Tinjauan Getaran Mesin	11
2.4.2. Karakteristik Getaran	12
2.5. Penyebab Getaran Mesin	17
2.6. Penguraian Getaran Atas Komponenya	20
2.7. Metode Balancing	24
2.8. Alat Pengukur Getaran	26
BAB 3 METODE PENELITIAN	28
3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	28
3.2. Bahan	28
3.3. Peralatan	29
3.3.1. Peralatan Work Shop	31
3.3.2. Peralatan Penelitian	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Tahapan Pengujian	36
4.2. Hasil Rancangan Alat	38
4.3. Pengujian Alat	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1. Kesimpulan	47

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
LEMBAR ASISTENSI
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Getaran Pada Sistem Pegas-Massa Sederhana	11
Gambar 2.2	Karatersitik Getaran	12
Gambar 2.3	<i>Displacement dan frequency</i>	14
Gambar 2.4	Beda fasa antara perpindahan,kecepatan dan percepatan	15
Gambar 2.5	Statik Unbalance	18
Gambar 2.6	<i>Couple Unbalance</i>	19
Gambar 2.7	<i>Quasi statik unbalance</i>	19
Gambar 2.8	<i>Dynamik unbalance</i>	20
Gambar 2.9	Simpangan rotor yang tidak balance terhadap waktu	21
Gambar 2.10	Analisi sinyal getaran dalam domain waktu	22
Gambar 2.11	Analisis sinyal getaran dalam domain waktu dan frekuensi	23
Gambar 2.12	Alat keseimbangan dinamik	27
Gambar 3.1	Mesin keseimbangan dinamik	29
Gambar 3.2	Mesin bubut	30
Gambar 3.3	Sigmat	30
Gambar 3.4	Waterpass	30
Gambar 3.5	Meteran	31
Gambar 3.6	Mesin keseimbangan dinamik	31
Gambar 3.7	Motor listrik AC	32
Gambar 3.8	Panel listrik	32
Gambar 3.9	Arduino UNO	33
Gambar 3.10	Sensor getaran	33
Gambar 3.11	Sensor proximity	34
Gambar 3.12	Laptop	34
Gambar 3.13	Inverter	35
Gambar 4.1	Set up alat pengukur getaran	36
Gambar 4.2	Spesimen	37
Gambar 4.3	Pemasangan spesimen	37
Gambar 4.4	Rangkaian dua tiang kaku dudukan rumah ayunan vibrasi	38
Gambar 4.5	Rumah ayunan vibrasi	39
Gambar 4.6	Ayunan vibrasi	40
Gambar 4.7	Plat ayunan vibrasi	40
Gambar 4.8	Dudukan vibrasi	41
Gambar 4.9	Vibrasi	42
Gambar 4.10	Dudukan motor dan pulley	42
Gambar 4.11	Pulley	43
Gambar 4.12	Set up alat uji pengukur getaran	44
Gambar 4.13	Pemasangan poros	45
Gambar 4.14	Pengambilan data	45
Gambar 4.15	Grafik pengujian alat	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Satuan yang digunakan tiap karakteristik	16
Tabel 2.2.	Panduan pemilihan parameter pengukuran	16
Tabel 2.3.	Panduan pemilihan parameter pengukuran (lanjutan)	17
Tabel 3.1.	Jadwal waktu dan penelitian saat melakukan penelitian	28
Tabel 4.1.	Spesifikasi alat pengukur getaran	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Getaran adalah gejala mekanika yang mencakup periode gerak isolator di sekitar posisi referensi atau berupa getaran bolak-balik yang digambarkan sebagai amplitudo atau simpangan terjauh dari titik seimbang. Getaran atau vibrasi adalah satu aspek pengoperasian yang sangat diperhatikan pada mesin-mesin industri. Amplitudo dan frekuensi vibrasi yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada mesin (Goldman. 1999). Umumnya mesin yang dikatakan ideal prinsipnya dipandang dari sudut vibrasi, adalah mesin yang tidak menghasilkan vibrasi sama sekali dimana mesin tersebut akan menghemat energi yang dipakai. Walaupun demikian tidak ada yang ideal dari hasil rancangan manusia dimana sebagian energi akan terbuang dan menjadi bentuk energi yang lain, salah satunya dalam bentuk vibrasi. Getaran yang terjadi pada mesin dan komponennya memiliki karakteristik pada level yang diijinkan selama beroperasi. Apabila terjadi kenaikan level getaran pada mesin berdasarkan amplitudo atau frekuensi getaran tertentu, maka kondisi ini mesin harus mendapatkan penanganan khusus yang mengacu pada pengukuran dan analisa getaran untuk mengetahui sumber getaran dan indikasi penyebabnya. Pengukuran vibrasi atau getaran merupakan salah satu pengukuran yang paling umum dalam pemantauan kondisi mesin berputar. Pengukuran suhu bearing dan posisi aksial rotor merupakan parameter lain yang juga diukur dalam pemantauan kondisi mesin. Tingkat getaran yang terukur mengidentifikasi tingkat gangguan yang terjadi, semakin tinggi nilai getaran yang

terukur menandakan gangguan yang terjadi kemungkinan bisa menjadi sebuah kerusakan atau bahkan kegagalan mesin (Adam Jr. 2001:243). Untuk mengukur ketidakseimbangan atau getaran yang terjadi pada mesin kita perlu alat atau mesin keseimbangan dinamik yang nantinya mesin tersebut akan mengidentifikasi kerusakan dan penyebab suatu mesin tidakseimbang. Adapun alat uji getaran yang ada di laboratorium fakultas teknik UMSU tetapi alat tersebut ada sedikit kekurangannya pada saat perancangannya. Alat uji getaran tersebut memakai sensor getaran (*vibration sensor sw-420*) yang nantinya sensor tersebut yang akan berfungsi untuk mendeteksi getaran yang terjadi pada benda yang akan di uji. Hasil dari pengujian tersebut akan terbaca di layar PC dengan mengaplikasikan sensor getaran dengan arduino, pada PC digunakan software megunolink untuk memplot data hasil pengukuran. Dari uraian tersebut penulis bermaksud untuk mengembangkan alat uji keseimbangan dinamik mengajukan ide untuk mengembangkan alat uji tersebut dan melengkapi kekurangan dari alat uji getaran yang berada pada laboratorium fakultas teknik UMSU. Berdasarkan hal tersebut penulis akan melakukan penelitian tentang pengembangan instrumensasi alat pengukur getaran.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Bagaimana mengembangkan instrumensasi alat pengukur getaran dari alat pengukur getaran yang telah dibuat sebelumnya.
2. Bagaimana cara mengoprasikan alat pengukur getaran.

1.3. Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa tujuan yang hendak dicapai dan tujuan penelitian ini juga terbagi 2, antara lain :

1.3.1. Tujuan Umum

Untuk mengembangkan instrumensasi alat pengukur getaran dari alat yang telah dibuat sebelumnya di laboratorium fakultas teknik UMSU.

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Untuk Mempelajari bagaimana cara kerja pada alat pengujian getaran yang ada dilaboratorium fakultas teknik UMSU.
2. Untuk Memprogram kembali data sheet arduino uno untuk pembacaan sensor yang ada di alat pengukur getaran.
3. Untuk Mengoprasikan alat pengukur getaran yang berada pada laboratorium fakultas teknik UMSU.

1.4. Ruang Lingkup Batasan Masalah

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

1. Alat yang akan dikembangkan dalam penelitian ini yaitu alat pengukur getran yang berada pada laboratorium fakultas teknik UMSU.
2. Menggunakan sensor getaran yang diaplikasikan menggunakan mikrokontroler arduino UNO.

1.5. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak-pihak yang terkait :

1. Alat pengukur getaran yang dikembangkan diharapkan mampu menentukan dengan tepat kecepatan putaran dan sudut massa penyeimbang untuk mesin ataupun komponen yang berbentuk rotor.
2. Memberikan masukan dalam meningkatkan pengetahuan dan pemahaman penulis tentang sistem pengukuran getaran pada mesin.
3. Menambah kepustakaan bagi peneliti lain untuk mengembangkan dan melanjutkan penelitian.

1.6. Sistematika Penulisan

1. BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat dan sistematika penulisan.

2. BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang teori-teori yang mendasari dan informasi yang mendukung studi eksperimen 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 pengolahan data yang didapat pada saat pengujian dan membuat perbandingan data yang diperoleh setelah penujian.

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. *Balancing Machine*

Mesin balancing (Balancing Machine) merupakan alat pengukuran yang digunakan untuk menyeimbangkan setiap bagian mesin yang berputar seperti motor listrik pada mesin, turbin, rem cakram, kipas, baling-baling, pompa dan ban. Mesin ini biasanya terdiri dari dua alas atau dudukan yang kuat biasanya terbuat dari besi atau baja yang dilengkapi dengan suspense dan bearing yang berfungsi agar poros perputaran sesuai terhadap sumbu porosnya.

Benda yang diuji diletakkan diatas landasan atau dudukan kemudian diputar menggunakan pita mesin, tekanan udara, atau diputar secara manual melalui kemudi. Setiap bagian mesin yang berputar, getaran pada suspense akan terdeteksi oleh sensor. Informasi dari sensor ini akan digunakan untuk mengetahui nilai ketidakseimbangan pada bagian yang diuji. Selain informasi yang diberikan oleh sensor, balancing machine atau mesin balancing juga dapat menentukan berapa banyak bobot dan juga menambahkan atau mengurangi jumlah bobot untuk menyeimbangkan bagian yang diukur.

Ada 2 jenis mesin balancing yaitu hard bearing dan soft bearing. Perbedaannya bukan terletak pada bagian bearing tetapi pada suspensinya. Pada mesin balancing jenis hard-bearing, mampu menyeimbangkan bagian yang diuji pada frekuensi yang lebih rendah daripada frekuensi resonansi yang terdapat pada suspensi. Sedangkan pada balancing machine jenis soft-bearing, mampu menyeimbangkan benda yang diuji dengan frekuensi yang lebih tinggi daripada

frekuensi resonansi pada suspensi. Kedua jenis mesin ini tentunya memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Mesin hard-bearing umumnya lebih fleksibel dan dapat menangani banyak bagian dengan bobot yang bervariasi, karena mesin balancing ini dapat mengukur pengaruh sentrifugal dan hanya membutuhkan 1 kali kalibrasi saja. Maka dari itu, mesin ini sangat cocok untuk mesin produksi kapasitas low dan middle, dan juga untuk bengkel perbaikan. Sedangkan mesin balancing soft bearing sangat tangguh untuk menyeimbangkan rotor yang berat. Pengerjaan mesin ini untuk jenis rotor tunggal sangat membutuhkan banyak waktu karena harus melakukan kalibrasi di setiap bagiannya. Maka dari itu, mesin ini sangat cocok untuk mesin dengan kapasitas produksi yang cukup tinggi. Mesin hard dan soft bearing dapat mengurangi berat secara otomatis seperti pada mesin pengeboran atau penggilingan, tapi hard bearing lebih kuat dan lebih sering dipakai. Kedua mesin ini dapat diintegrasikan untuk produksi dan mengangkat beban menggunakan gantry atau lengan robot, disini peran manusia sangat sedikit.

2.2. Cara Kerja Mesin Balancing

Bagian mesin yang berputar bertumpu pada bearing dan sensor getaran melekat pada suspense. Pada mesin tipe soft-bearing kebanyakan menggunakan sensor velocity (kecepatan). Sensor ini berfungsi dengan menggerakkan magnet yang terhubung dengan tujuan untuk menjaga kumparan agar tetap stabil sehingga menghasilkan tegangan yang sebanding dengan kecepatan pada getaran.

Photocell (kadang disebut phaser), proximity sensor atau encoder digunakan untuk menentukan kecepatan rotasi, sangat baik untuk menentukan setiap fase pada

bagian yang berputar. Informasi fase ini digunakan untuk menyaring informasi getaran dengan tujuan untuk menentukan jumlah pergerakan ataupun tekanan pada setiap bagian yang berputar. Dan juga perbedaan waktu antara fase dan puncak getaran akan menghasilkan sudut dimana terjadinya ketidakseimbangan. Jumlah unbalance atau ketidakseimbangan dan sudut ketidakseimbangan maka akan menghasilkan vector ketidakseimbangan.

Semua data pengukuran pada mesin balancing bisa dilihat melalui monitor yang terpasang pada mesin cabinet. Biasanya sudah dilengkapi dengan printer untuk mencetak hasil pengukuran benda pada balancing machine.

2.3. Getaran

Getaran adalah gerakan kontinu, acak, atau periodik dari suatu objek yang disebabkan oleh pengeksitasi alami (*natural excitation*) dari struktur dan kerusakan mekanis (*mechanical faults*) (www.migas-indonesia.com, 2005). 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, kerusakan bantalan (*sleeve bearing*), kelonggaran mekanik (*mechanical looseness*), kerusakan roda gigi, gaya aerodinamika (*aerodynamic and hydraulic forces*), dan gesekan (*rubbing*) (IRD Entek, 1996).

Ketidakseimbangan (*unbalance*) merupakan kondisi yang dialami poros putar sebagai akibat dari gaya sentrifugal, yang kemudian akan menimbulkan gaya getaran. Selanjutnya gerak poros dan gaya getaran akan diteruskan kebantalan. Besarnya *unbalance* ini juga dipengaruhi oleh putaran (IRD Entek,

1996). Suatu poros dapat mengalami *unbalance*, yang disebabkan oleh sifat bahan poros yang tidak homogen (lubang/ *void* yang terjadi pada saat pembuatan poros), ekesentrisitas poros, penambahan alur dan pasak poros, serta distorsi yang dapat berupa retakan (*crack*), bekas pengelasan, atau perubahan bentuk pada poros. *unbalance* ini menyebabkan distribusi massa yang tidak seragam di sepanjang poros atau lebih dikenal sebagai massa *unbalance* (Jabir, 2003).

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

Shi (2005) telah mengembangkan metode *balancing* untuk poros yang bekerja pada putaran tinggi, namun menyeimbangkan poros tersebut pada putaran lebih rendah. Putaran poros saat dilakukan *balancing* berada di bawah putaran kritis I dari poros (poros fleksibel). Penelitian ini menggunakan metode *Low-Speed Hollow Balancing* sehingga rotor dapat diseimbangkan tanpa memutar poros pada putaran tinggi (putaran kerjanya) dan pada putaran kritisnya. Penelitian tersebut menghasilkan reduksi getaran pada bantalan lebih dari 50% dibandingkan kondisi awalnya, sehingga dikatakan *balancing* yang dilakukan adalah efektif. Adalah sangat sulit untuk menyeimbangkan poros ketika poros tersebut beroperasi dekat dengan daerah putaran kritis. Bila daerah putaran operasi mendekati atau melebihi daerah putaran kritis maka kondisi keseimbangan akan bervariasi sesuai dengan putaran poros. Hal ini disebabkan karena deformasi elastik dari poros menyebabkan perubahan distribusi massa terhadap sumbu

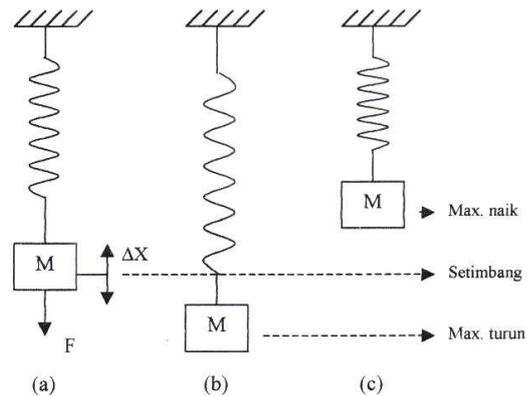
rotasi. Perubahan distribusi massa ini akan menyebabkan perpindahan pusat massa atau perubahan orientasi sumbu utama inersia terhadap sumbu rotasi (Abidin, 1996).

Nicholas (2000) melakukan penelitian mengenai beroperasinya *turbomachinery* pada atau dekat dengan putaran kritis II, yang mana beberapa diantaranya tidak mengalami masalah yang berarti, sementara lainnya ditengarai mengalami kerusakan. Dengan melakukan analisis pada tiga varian turbin yakni: *rigid bearings and pedestals (housings)*, *flexible bearings and rigid pedestals*, serta *flexible bearings and flexible pedestals*, berupaya meneliti fenomena tersebut. Hasil analisis kemudian dipetakan dalam grafik untuk memprediksi letak putaran kritis II. Dari hasil analisis, varian *flexible bearings and flexible pedestals* menunjukkan prediksi letak putaran kritis II yang lebih akurat ketika dibandingkan hasil penentuan putaran kritis II secara aktual dengan melakukan pencatatan respon getaran pada bantalan (*bearing*) setiap perubahan putaran. Hasil ini menunjukkan bahwa pada masa sebelumnya, mesin-mesin dirancang beroperasi di bawah putaran kritis II, tetapi kenyataannya justru beroperasi pada atau dekat dengan putaran kritis II dikarenakan prediksi yang salah.

2.4. Kajian Teoritis

2.4.1. Tinjauan Getaran Mesin

Contoh sederhana fenomena getaran dapat dilihat pada sebuah pegas yang salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya diberi massa M seperti gambar 2.1 berikut.

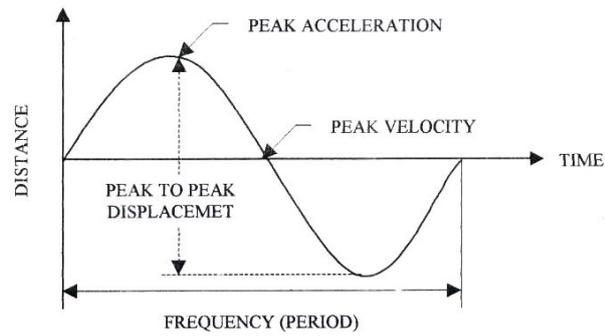


Gambar 2.1. Getaran Pada Sistem Pegas-Massa Sederhana

Mula-mula sistem dalam keadaan setimbang (gambar 2.1.a). Jika massa diberi gaya F maka massa akan turun sampai batas tertentu (gambar 2.1.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 2.1.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. 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 sebagai gerakan bolak-balik dari mesin atau elemen mesin dari posisi setimbang (istirahat).

2.4.2. 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.



Gambar 2.2. Karakteristik Getaran

Gerak beban dari posisi netralnya ke batas atas kemudian kembali keposisi netral (kesetimbangan) dan bergerak lagi ke batas bawah kemudian kembali keposisi 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. Karakteristik getaran suatu sistem dapat dilihat pada gambar 2.2.

a. Frekuensi Getaran (*Vibration Frequency*)

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. 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.

b. Perpindahan, Kecepatan dan Percepatan

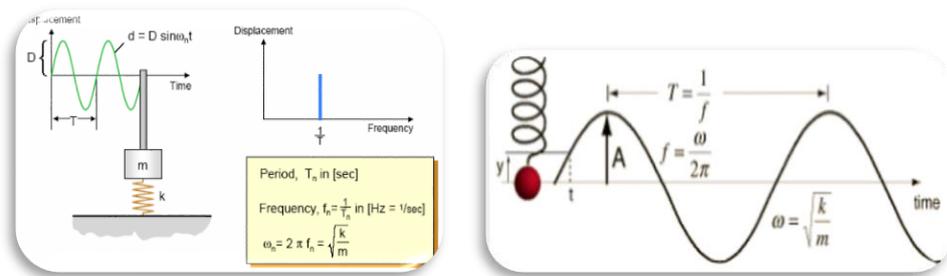
Perpindahan (*displacement*), kecepatan (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*) diukur untuk menentukan besar dan kerasnya suatu getaran. Biasanya diwakili dengan pengukuran amplitudo getaran.

Perpindahan (*displacement*) adalah gerakan suatu titik dari suatu tempat ke tempat lain yang mengacu pada suatu titik tertentu yang tidak bergerak (tetap). Dalam pengukuran getaran mesin, sebagai standar digunakan jarak perpindahan puncak ke puncak (*peak to peak displacement*), seperti terlihat pada gambar 2.2. 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.

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 2.3. menunjukkan *Displacement* dan *Frequency*.



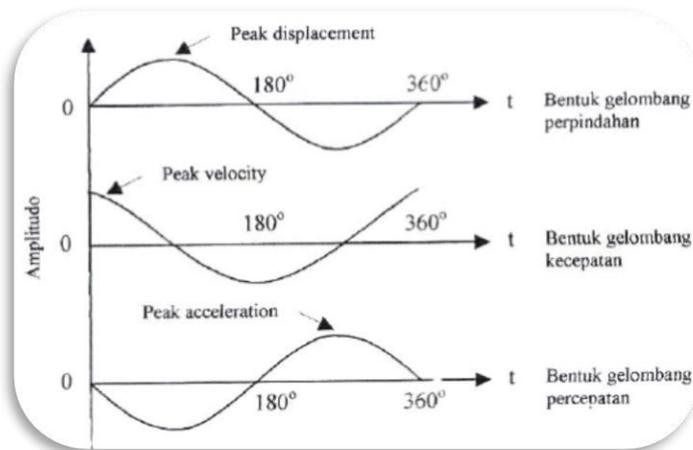
Gambar 2.3. *Displacement* dan *Frequency*

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.

c. 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 2.4 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 2.4. 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, elektrikal pada peralatan, sehingga analisa

getaran ini menjadi pilihan teknologi *predictive maintenance* yang paling sering digunakan (Mobley, 1977). 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

Sumber: *Maintenance Engineering Handbook*, Mobley

Proses penentuan transduser yang akan digunakan harus mempertimbangkan parameter apa yang kita inginkan untuk diukur. Biasanya parameter-parameter tersebut adalah perpindahan, kecepatan dan percepatan. Parameter ini diperlihatkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Panduan Pemilihan Parameter Pengukuran

Parameter	Faktor pemilihan
Perpindahan (<i>displacement</i>)	<ul style="list-style-type: none"> a) frekuensi rendah, dibawah 600 cpm b) pengukuran getaran <i>shaft</i> pada mesin berat dengan rotor yang <i>displacement</i> ringan. c) menggunakan <i>transduser velocity</i> dan <i>transduser acceleration</i>. d) <i>transduser velocity</i>, untuk mengukur <i>displacement</i> dengan rangkaian <i>single integrator</i>. e) <i>transduser accelerometer</i>, dapat digunakan untuk mengukur <i>displacement</i> getaran dengan rangkaian

	<i>double</i> integrator.
--	---------------------------

Tabel 2.3. Panduan Pemilihan Parameter Pengukuran (lanjutan)

Kecepatan (<i>velocity</i>)	a) range frekuensi antara 600 – 100.000 cpm b) pengukuran <i>over all level</i> getaran mesin c) untuk melakukan prosedur analisa secara umum
Perpindahan (<i>acceleration</i>)	a) pengukuran pada frekuensi tinggi/ultrasonic sampai 600000 cpm atau lebih b) untuk pengukuran <i>spike energy</i> pada <i>roll bearing, ball bearing, gear</i> , dan sumber getaran aerodinamis dengan frekuensi tinggi

Sumber : <http://vibrasi.wordpress.com/category/teori-vibrasi>

2.5. Penyebab Getaran Mesin

Penyebab utama getaran adalah gaya yang berubah-ubah dalam arah dan besarnya. Karakteristik getaran yang dihasilkan bergantung pada cara bagaimana gaya penyebab getaran tersebut ditimbulkan (*generated*). Hal tersebut yang menjadi alasan mengapa setiap penyebab getaran mempunyai karakteristik tertentu. Mesin keseimbangan dinamik merupakan suatu teknik untuk mengetahui berat dan posisi ketidakseimbangan serta mengkompensasi dan distribusi massa yang menyebabkan ketidakseimbangan.

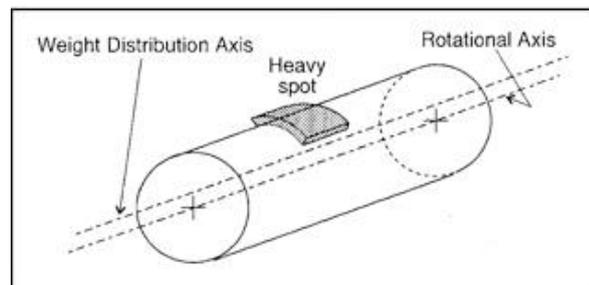
Untuk lebih jelas bagaimana untuk memperbaiki ketidakseimbangan dengan benar, kita harus mengerti beberapa istilah dalam keseimbangan. Ada beberapa jenis ketidakseimbangan yaitu :

1. Statik *unbalance*
2. Couple *unbalance*

3. Quasi static *unbalance*
4. Dynamik *unbalance*

1. Statik *unbalance*

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

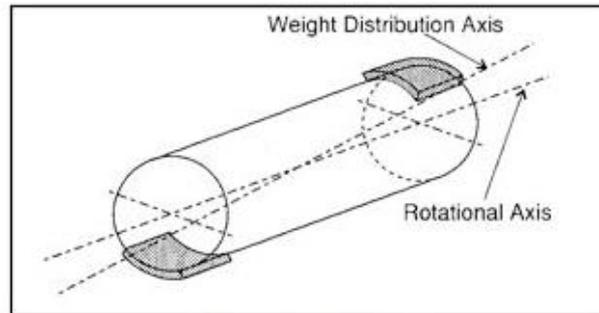


Gambar 2.5 Statik Unbalance (James A. Archer and Bruce M. Basarba, 1995)

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

2. Couple *unbalance*

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

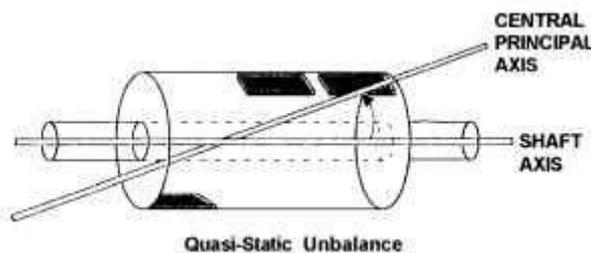


Gambar 2.6 *Couple Unbalance* (James A. Archer and Bruce M. Basarba, 1995)

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

3. *Quasi static unbalance*

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



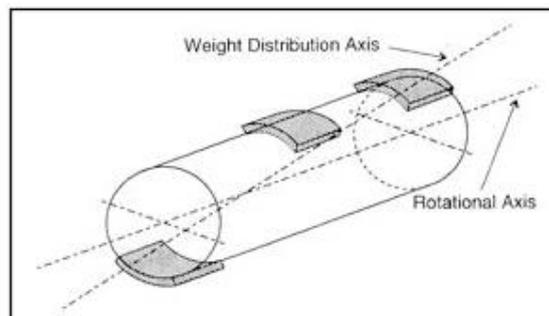
Gambar 2.7 *Quasi Statik Unbalance* (James A. Archer and Bruce M. Basarba,

1995)

Quasi unbalance akan terlihat mempunyai getaran yang berbeda besarnya dan berlawanan arah pada dua bidang.

4. *Dynamik Unbalance*

Dynamik unbalance sangat sering terjadi. Kondisi ini terjadi jika sumbu principal dan sumbu poros tidak berpotongan dan tidak parallel. *Unbalance* jenis ini mempunyai getaran yang besar dan fasa berbeda tetapi bukan 180^0 .



Gambar 2.8. *Dynamik Unbalance* (James A. Archer and Bruce M. Basarba, 1995)

2.6. Penguraian Getaran Atas Komponennya

Sinyal yang diperoleh melalui *transducer* pada pengukuran suatu getaran mesin adalah suatu gabungan sebagai respon mesin terhadap bermacam-macam gaya eksitasi dari dalam mesin serta kadang-kadang dari luar. Kunci kearah analisis yang efektif adalah penguraian sinyal kompleks ini menjadi komponen-komponennya.

Masing-masing komponen kemudian dikorelasikan dengan sumbernya. Ada dua pandangan dalam persoalan analisi getaran menjadi komponennya, yaitu :

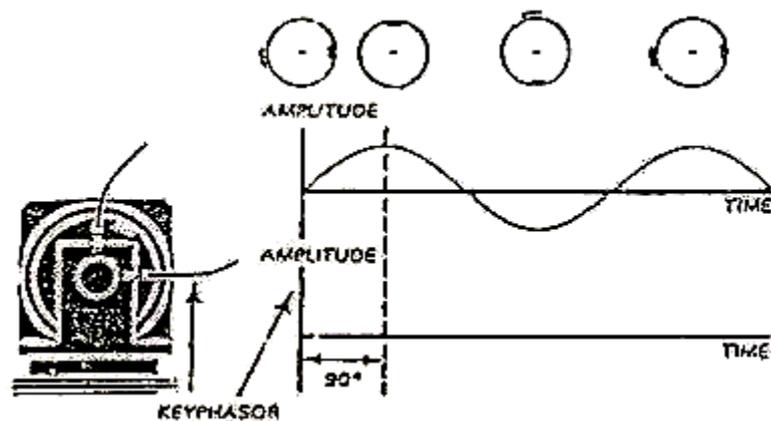
- a. Domain waktu memandang getaran sebagai simpangan terhadap waktu.

- b. Domain frekuensi memandang getaran berupa amplitudo sebagai fungsi frekuensi.

Domain waktu memberikan gambaran fenomena getaran secara fisis sedangkan domain frekuensi merupakan cara yang cocok untuk mengidentifikasi komponen-komponennya.

- a. Domain waktu

Dengan domain waktu, analisis dapat mengamati perubahan simpangan suatu getaran terhadap waktu secara terinci. Gambar 2.9 merupakan gambaran dalam domain waktu, yang menunjukkan simpangan rotor yang tidak *balance* terhadap waktu. Amplitudo sinyal sebanding dengan massa tak *balance* dan siklus berulang seiring dengan putaran. Sinyal ini sangat sederhana dan mudah dianalisis. Bila getaran lebih dari satu komponen, maka analisis dalam domain waktu menjadi lebih sulit.

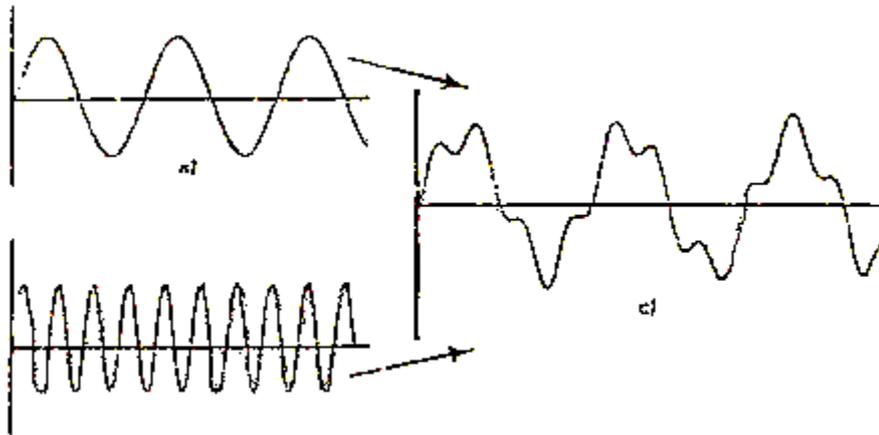


Gambar 2.9. Simpangan Rotor Yang Tidak *Balance* Terhadap Waktu

(Abidin,1996)

Bila getaran lebih dari satu komponen, maka analisis dalam domain waktu

menjadi lebih sulit. Keadaan ini ditunjukkan dalam gambar 2.10, yang mewakili getaran dengan dua buah sinyal sinus sebagai komponennya.



Gambar 2.10. Analisis Sinyal Getaran Dalam Domain Waktu (Abidin, 1996)

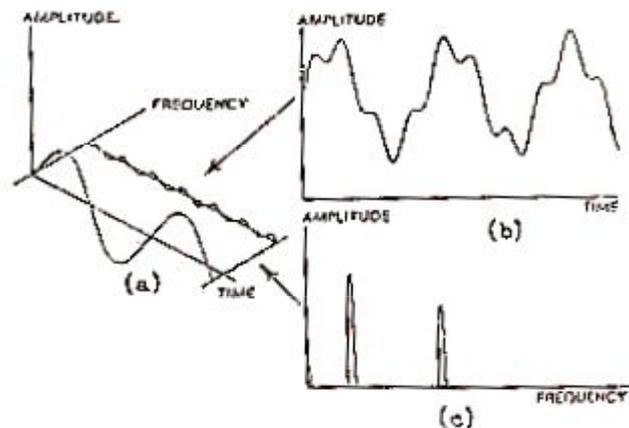
Walaupun analisis sinyal dalam domain waktu untuk berbagai sinyal getaran dalam praktek sulit untuk dilakukan namun terdapat beberapa gejala getaran yang bermanfaat diamati dalam domain waktu, yaitu:

- Analisis sinyal *impuls* yang berasal dari cacat pada gigi ataupun bantalan.
- Analisis sinyal getaran yang berasal dari bagian struktur yang longgar, misalnya tutup bantalan.
- Pengamatan fasa antar sinyal sinusoidal.

b. Domain frekuensi

Dalam praktek tidak ada sinyal getaran yang keberadaannya langsung dalam domain frekuensi. Sinyal getaran selalu terjadi dalam domain waktu tetapi untuk keperluan analisis sinyal getaran yang semula dalam domain waktu ini dapat

dikonversikan ke dalam domain frekuensi. Ilustrasi tentang konsep data dalam domain waktu dan dalam domain frekuensi diperlihatkan dalam gambar 2.10.



Gambar 2.11. Analisis Sinyal Getaran Dalam Domain Waktu dan Frekuensi

(Abidin, 1996)

Gambar 2.11. (a) menunjukkan gambar tipe tiga dimensi (3D) dari sinyal getaran. Ketiga sumbunya yaitu : pertama adalah sumbu amplitudo, kedua adalah sumbu waktu, dan ketiga adalah sumbu frekuensi. Dengan adanya sumbu frekuensi, komponen getaran dapat digambarkan secara terpisah. Bila melihat searah dengan sumbu frekuensi, maka akan terlihat kurva sinyal dalam domain waktu (gambar 2.11.b). Bila melihat searah dengan sumbu waktu, maka akan terlihat amplitudo komponen getarannya (gambar 2.11.c) sebagai garis vertikal, pada frekuensi masing-masing. Pernyataan sinyal dalam domain frekuensi disebut *spektrum sinyal*.

2.7. 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).

2.8. Alat Pengukur Getaran (Alat Keseimbangan Dinamik)

Mesin balancing (Balancing Machine) merupakan alat pengukuran yang digunakan untuk menyeimbangkan setiap bagian mesin yang berputar seperti motor listrik pada mesin, turbin, rem cakram, kipas, baling-baling, pompa dan ban. Mesin ini biasanya terdiri dari dua alas atau dudukan yang kuat biasanya terbuat dari besi atau baja yang dilengkapi dengan suspense dan bearing yang berfungsi agar poros perputaran sesuai terhadap sumbu porosnya.

Benda yang diuji diletakkan diatas landasan atau dudukan kemudian diputar menggunakan pita mesin, tekanan udara, atau diputar secara manual melalui kemudi. Setiap bagian mesin yang berputar, getaran pada suspense akan terdeteksi oleh sensor. Informasi dari sensor ini akan digunakan untuk mengetahui nilai ketidakseimbangan pada bagian yang diuji. Selain informasi yang diberikan oleh sensor, balancing machine atau mesin balancing juga dapat menentukan berapa banyak bobot dan juga menambahkan atau mengurangi jumlah bobot untuk menyeimbangkan bagian yang diukur.



Gambar 2.12 Alat Keseimbangan Dinamik

Gambar 2.12 ialah gambar alat pengukur getaran yang berada dilaboratorium teknik mesin UMSU. Alat pengukur getaran ini terdiri dari 2 tiang kaku dan di atasnya dilengkapi dengan bearing sebagai alat peletakan benda uji yang bisa beregerak untuk menyesuaikan poros benda uji, dan dilengkapi juga dengan sensor kecepatan dan sensor getaran yang akan mengidentifikasi getaran yang ada pada benda uji sensor tersebut menggunakan mikrokontroler arduino UNO dan dapat langsung terbaca oleh PC/laptop. Alat ini juga dilengkapi dengan motor listrik yang akan memutar benda uji dengan penghubung tali v-belt.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan waktu penelitian

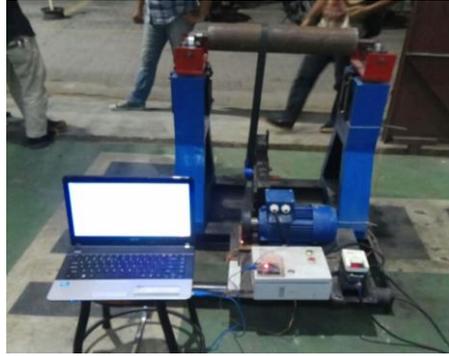
Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan tesis oleh pengelola program studi Sarjana Teknik Mesin samai dinyatakan selesai, dan direncanakan berlangsung selama 6 s/d 12 bulan. Penelitian ini dilaksanakan dilaboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jadwal penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal waktu dan Penelitian Saat Melakukan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan/ (Tahun 2018-2019)					
		Agustus	September	Oktober	November	Januari	Februari
1	Studi literatur	■					
2	Penyempurnaan alat		■				
3	perancangan spesimen			■			
4	pembuatan spesimen				■		
5	pelaksanaan pengujian					■	
6	penyelesaian skripsi						■

3.2. Bahan

Dalam penelitian ini, subjek penelitian adalah mesin dinamik balancing yang ada pada laboratorium teknik mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera utara seperti terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Mesin keseimbangan dinamik

Dalam penelitian ini peneliti akan mengembangkan mesin keseimbangan dinamik yang ada pada laboratorium teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera utara. Pada penelitian ini akan menambahkan sensor proximetry sebagai sensor jarak untuk benda uji spesimen nantinya dan akan menambahkan inverter dikarenakan sebelumnya inverter tidak bisa menampung daya motor listrik sehingga terjadi putaran yang tidak konstan.

3.3. Peralatan

Peralatan yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain:

1. Peralatan *work shop*.
2. Peralatan penelitian

3.3.1. Peralatan *work shop*

Peralatan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mesin bubut

Mesin bubut digunakan sebagai pembuatan poros (spesimen) yang akan diuji.



Gambar 3.2. Mesin bubut

2. Sigmat

Sigmat digunakan sebagai alat pengukur diameter, ketebalan, dan kedalaman lubang pada spesimen dan poros.



Gambar 3.3. Sigmat

3. Waterpass

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



Gambar 3.4. waterpass

4. Meteran

Meteran digunakan sebagai alat untuk mengukur panjang poros agar lebih mudah menyatel alat uji, ketika ingin mendudukan poros pada alat uji.



Gambar 3.5. Meteran

3.3.2. Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan antara lain:

1. Mesin keseimbangan dinamik

Mesin keseimbangan dinamik digunakan sebagai alat bantu pengujian keseimbangan pada rotor atau poros. pengujian dalam mesin keseimbangan dinamik untuk melengkapi uji komputasi dengan bantuan arduino uno untuk mengetahui ketidakseimbangan dari spesimen yang akan diuji.



Gambar 3.6. Mesin keseimbangan dinamik

2. Motor listrik AC

Motor listrik digunakan sebagai penggerak poros dengan bantuan V-belt sebagai penerus putaran motor listrik.



Gambar 3.7. Motor listrik AC

Spesifikasi :

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

3. Panel listrik/box panel

Panel listrik digunakan sebagai tempat dudukan kontektor, inverter, dan switch on/ off. selain itu juga berguna untuk melindungi panel listrik dari kerusakan baik di sengaja atau pun tudak di sengaja.



Gambar 3.8. Panel Listrik

4. Arduino UNO

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



Gambar 3.9. Arduino UNO

5. Sensor Getaran

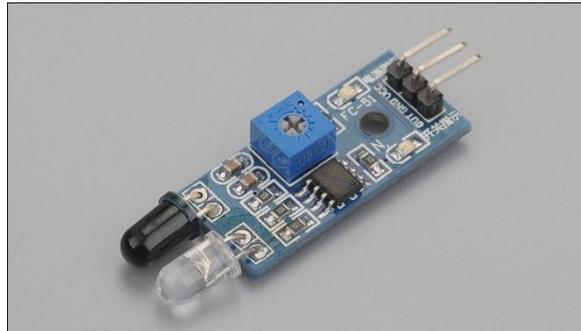
Sensor getaran untuk mendeteksi getaran dari area yang dipasangkan sensor getaran. Untuk mendeteksi getaran atau tidak keseimbangan yang terjadi pada benda atau spesimen yang diuji.



Gambar 3.10. Sensor Getaran

6. Sensor Proximiti

Sensor Proximity Inductive berfungsi untuk mendeteksi obyek besi/metal, Meskipun terhalang oleh benda non-metal, sensor akan tetap dapat mendeteksi selama dalam jarak (nilai) normal sensing atau jangkauannya.



Gambar 3.11. Sensor Proximity

7. Laptop

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



Gambar 3.12. Laptop

8. Inverter

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversi tegangan searah (DC) kesuatu tegangan bolak-balik (AC). Inverter

digunakan untuk mengatur kecepatan pada motor listrik. Ada beberapa topologi inverter yang ada sekarang ini, dari yang hanya menghasilkan tegangan keluaran kotak bolak-balik (push-pull inverter) sampai yang sudah bisa menghasilkan tegangan sinus murni (tanpa harmonisa). Inverter satu fasa, tiga fasa sampai dengan multifasa dan ada juga yang namanya inverter multilevel (kapasitor split, diode clamped dan susunan kaskade). Dalam industri, Inverter merupakan alat atau komponen yang cukup banyak digunakan karena fungsinya untuk mengubah listrik DC menjadi AC. Meskipun secara umum kita menggunakan tegangan AC untuk tegangan masukan/ input dari Inverter tersebut. Inverter digunakan untuk mengatur kecepatan motor-motor listrik/servo motor atau bisa disebut converter drive. Cuma kalau untuk servo lebih dikenal dengan istilah servo drive. Dengan menggunakan inverter, motor listrik menjadi variable speed. Kecepatannya bisa diubah-ubah atau disetting sesuai dengan kebutuhan. Inverter seringkali disebut sebagai Variabel Speed Drive (VSD) atau Variable Frequency Drive (VFD).

Prinsip kerja inverter adalah mengubah input motor (listrik AC) menjadi DC dan kemudian dijadikan AC lagi dengan frekuensi yang dikehendaki sehingga motor dapat dikontrol sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.



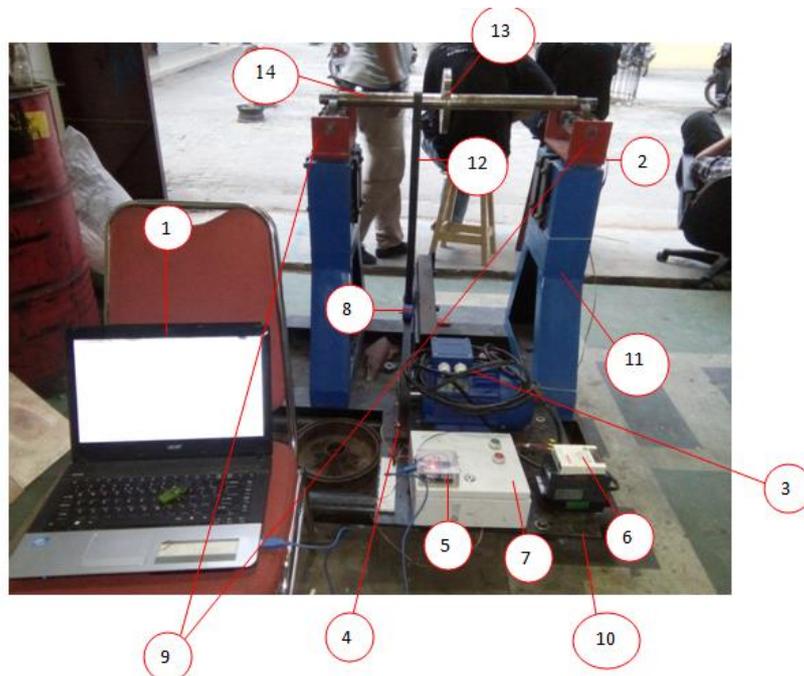
Gambar 3.13. Inverter

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tahapan Pengujian

1. Menyiapkan/merangkai alat mesin keseimbangan dinamik yang berada pada laboratorium FT-UMSU. Pastikan semua terangkai dengan benar dan sesuai dengan fungsinya.



Gambar 4.1 set up alat pengukur getaran

2. Mengecek/merangkai kembali instrumentasi yang akan digunakan dalam mesin keseimbangan dinamik. Sensor-sensor dan microcontroller arduino UNO harus dipastikan terhubung dengan laptop dan siap digunakan untuk menghidupkan mesin keseimbangan dinamik.
3. Menyiapkan spesimen yang akan diuji.



Gambar 4.2 Spesimen

4. Memasang spesimen ke mesin keseimbangan dinamik, dan memassang bealting motor ke spesimen sebagai penerus putaran motor pada spesimen yang akan diuji ketidakseimbangannya.



Gambar 4.3 Pemasangan Spesimen

5. Hidupkan mesin keseimbangan dinamik.
6. Mengatur kecepatan putaran pada motor listrik sesuai keinginan dengan menggunakan inverter.
7. Dan memulai pengambilan data saat mesin hidup.
8. Menyimpan data yang telah direkam oleh arduino sebagai data pengujian dan matikan mesin setelah selesai pengambilan data.

4.2. Hasil Rancangan Alat

Alat pengukur getaran terdiri dari empat komponen utama yaitu, rangka utama, tiang kaku, rumah ayunan vibrasi dan dudukan vibrasi. Alat pengukur getaran ini menggunakan daya motor listrik sebagai penggerak utama dengan bantuan inverter untuk memvariasikan kecepatan motor listrik tersebut. Rangka utama terdiri dari dudukan alat terbuat dari besi H dengan lebar 100 mm , plat strip dan pipa baja berfungsi sebagai dudukan dua tiang kaku. Rangka utama ini dibuat dengan panjang 1000 mm dan lebar 1000 mm.

1. Membuat 2 tiang kaku sebagai dudukan rumah ayunan vibrasi

Dua tiang kaku ini dibuat dengan menggunakan besi UNP dengan panjang alas bawah 600 mm dengan sudut siku 60° dan panjang alas atas 300 mm dengan sudut siku 111° dengan tinggi 450 mm dan lebar 120 mm. Berikut dibawah ini hasil rangkaian dua tiang kaku dudukan rumah ayunan vibrasi.



Gambar 4.4. rangkaian dua tiang kaku dudukan rumah ayunan vibrasi

2. Membuat rumah ayunan vibrasi

Rumah ayunan vibrasi ini dibuat menggunakan besi UNP, plat, besi poros dengan diameter 15 mm, dan bearing dengan diameter 15 mm, tinggi rumah ayunan vibrasi 270 mm dengan panjang 300 mm dan lebar 144 mm. Hasil rangkaian rumah ayunan vibrasi dapat dilihat dari gambar 4.5.



Gambar 4.5. rumah ayunan vibrasi

3. Membuat ayunan vibrasi

Ayunan vibrasi ini dibuat dengan menggunakan besi UNP dengan ketebalan 5 mm dan poros dengan diameter 30 mm poros ini akan dibuat ulir sepanjang 11 mm dengan diameter 25 mm yang nanti fungsinya akan mengikat ayunan vibrasi kerumah ayunan vibrasi. Tinggi dari ayunan vibrasi 60 mm dan panjang 160 mm dan lebar 120 mm dan ayunan ini dimiling dengan diameter lubang 15 mm masing masing setiap lubang. Hasil pembuatan rangkaian ayunan vibrasi dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Ayunan vibrasi

4. Membuat plat ayunan vibrasi

Plat ayunan vibrasi ini dibuat dengan menggunakan palat strip dengan ketebalan 12 mm, panjang 185 mm dan lebar 50 mm dan dengan diameter lubang 32 mm sebagai tempat dudukan bearing. Hasil pembuatan plat ini dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Plat ayunan vibrasi

5. Membuat dudukan vibrasi

Dudukan vibrasi ini dibuat menggunakan besi UNP dengan ketebalan 12 mm dan panjang 300 mm, dudukan vibrasi ini di miling sebagai tempat peletakan poros dengan diameter lubang 15 mm . gambar pembuatan dudukan vibrasi bisa dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. dudukan vibrasi

6. Membuat vibrasi

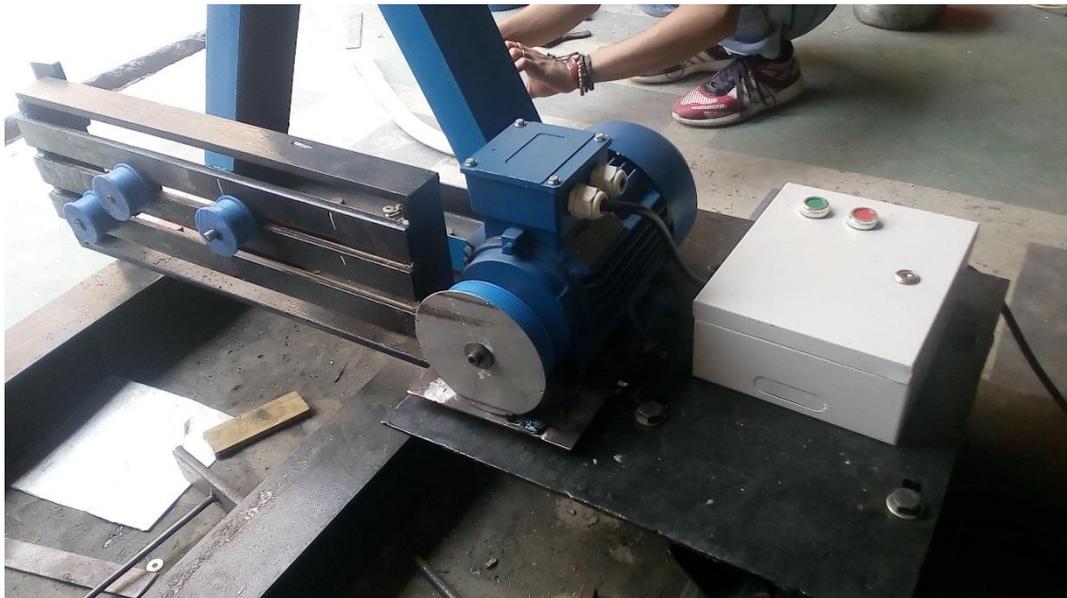
Vibrasi dibuat menggunakan plat strip dengan panjang 265 mm dengan tinggi 50 mm vibrasi ini dibuat seperti kotak segi panjang dan dibuat pula lubang sebagai penyetelan dudukan roda vibrasi 6 lubang dengan masing masing lubang berdiameter 12 mm, dengan roda vibrasi yang ada di dalam vibrasi berdiameter 75 mm dan tebal 20 mm. Hasil pembuatan vibrasi dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9. vibrasi

7. Terakhir membuat dudukan motor dan dudukan pulley

Dudukan motor dan pulley ini dibuat dengan menggunakan plat strip dan plat 500x500 mm, hasil pembuatan ini bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.10. dudukan motor dan pulley

8. Membuat pulley

Pulley ini dibuat menggunakan *plastic composite nylon* dengan diameter 125 mm untuk pulley motor listrik dan 57 mm untuk penerus putaran motor ke poros mesin pengukur getaran. Pulley ini dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11. pulley

9. Merangkai dan menempatkan komponen kelistrikan serta beberapa sensornya.

Sensor getaran yang digunakan dalam alat penujian ini ialah sensor getaran SW-420 dan ditempatkan di dudukan ayunan vibrasi. Sensor getaran ini yang nantinya akan mendeteksi adanya kerusakan pada spesimien yang akan diuji. Dan sensor kecepatan diletakan disamping atau plat dudukan motor listrik dengan bantuan plat. Semua sensor ini kemudian dirangkai dan disambungkan ke arduino UNO sebagai mikrocontroller.

4.2. Pengujian Alat

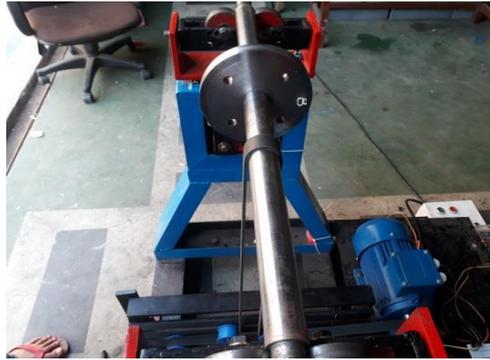
Setelah semua bahan dan alat selesai dirancang maka semua bahan tersebut dirangkai menjadi satu buah mesin alat pengukur getaran, adapun langkah pengujian alat pengukur getaran sebagai berikut:

1. Mensetup alat pengukur getaran setelah selesai di rancang



Gambar 4.12 Set up alat uji pengukur getaran

2. Mengecek rangkaian sensor dan arduino dengan bantuan laptop ataupun PC apakah sudah berfungsi sebagai mana mestinya. Dibawah ini gambar hasil pengecekan sensor dan siap untuk digunakan.
3. Menghidupkan motor listrik dan mengecek inverter apakah sudah berfungsi dan siap digunakan.
4. Memasang benda uji ke poros dan memasangnya ke alat pengukur getaran seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



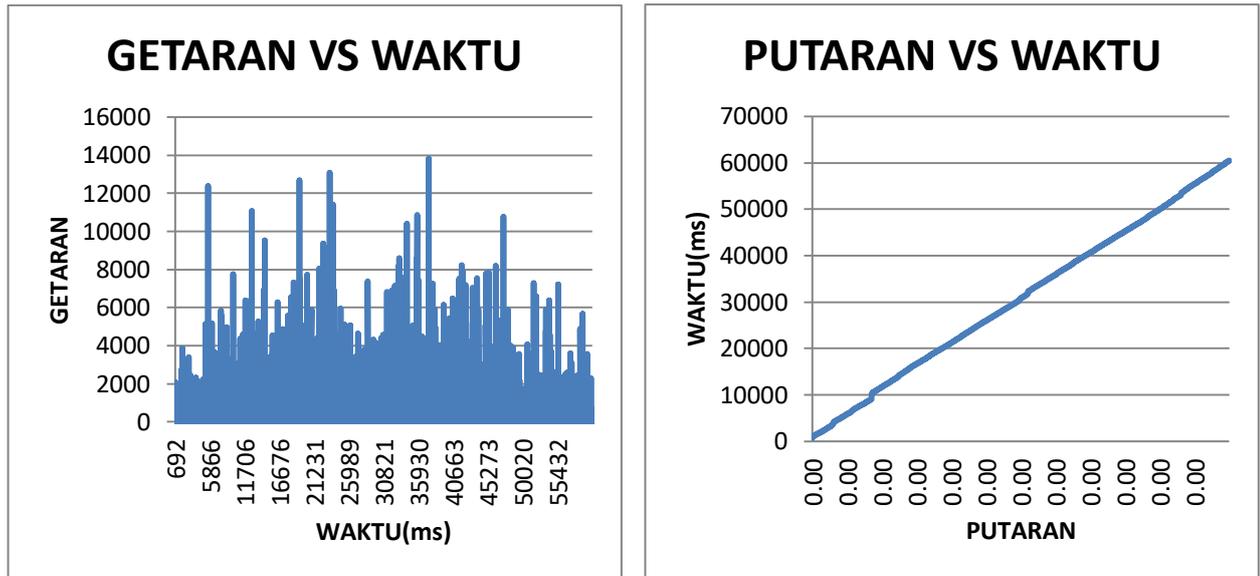
Gambar 4.13. pemasangan poros

5. Pastikan poros rata dengan cara diukur dengan menggunakan waterpass agar hasil pengujian optimal.
6. Menghidupkan motor listrik dan variasikan putaran motor dengan menggunakan inverter.
7. Memulai pengambilan data dan setelah selesai pengambilan data matikan kembali semua mesin.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1		Waktu	vibrasi	Waktu															
2		17:45:22	0,00	0	490														
3		17:45:22	0,00	0	866														
4		17:45:22	0,00	2077	868														
5		17:45:22	1,00	338	930														
6		17:45:22	0,00	0	945														
7		17:45:22	0,00	0	947														
8		17:45:22	0,00	0	961														
9		17:45:22	0,00	2	972														
10		17:45:22	0,00	165	973														
11		17:45:22	0,00	242	982														
12		17:45:22	0,00	0	1024														
13		17:45:22	0,00	301	1027														
14		17:45:22	0,00	0	1038														
15		17:45:22	0,00	1028	1042														
16		17:45:22	0,00	476	1076														
17		17:45:22	0,00	378	1079														
18		17:45:22	0,00	54	1088														
19		17:45:22	0,00	0	1094														
20		17:45:22	1,00	444	1104														
21		17:45:22	1,00	0	1105														
22		17:45:22	0,00	0	1119														
23		17:45:22	0,00	196	1125														
24		17:45:22	0,00	128	1139														
25		17:45:22	0,00	16	1147														
26		17:45:22	0,00	0	1148														
27		17:45:22	0,00	0	1149														
28		17:45:22	0,00	372	1157														
29		17:45:22	0,00	52	1158														
30		17:45:22	0,00	7	1167														
31		17:45:22	0,00	476	1191														

Gambar 4.14 Pengambilan data

Berikut ini adalah contoh hasil pengujian yang dapat kita lihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.15. grafik pengujian alat

Dari grafik diatas bisa kita lihat bahwa putran dari motor listrik yang stabil atau konstan sementara pada grafik getaran terlihat bergelombang menandakan adanya getaran terhadap benda uji. Hasil akhir dari alat ini dengan adanya spesifikasi pembuatan alat dan pengujian alat yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 spesifikasi alat pengukur getaran

No	Parameter	Keterangan
1	Dimensi (PxLxT)	1000 mm x 1000 mm x 820 mm
2	Jumlah operator	1 orang
3	Kontruksi rangka	Besih H beam dan besi UNP
4	Kecepatan motor listik	3000 rpm
5	Kapasitas kerja alat	Rotor atau poros dengan panjang maksimum 800 mm
6	Sensor	Sensor kecepatan dan sensor getaran
7	Microcontroller	Arduino UNO

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada perancangan alat keseimbangan dinamik (*dynamic balancing*) ini didapat beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Alat uji keseimbangan dinamik (*dynamic balancing*) yang sudah dibuat sesuai dengan yang dirancang.
2. Pada perancangan ini instrumen alat menggunakan sensor kecepatan, sensor getaran beserta *arduino UNO* sebagai *microcontroller* yang berfungsi untuk membaca getaran pada benda yang akan di uji dan untuk membaca kecepatan putaran pada motor listrik.
3. Diperkirakan setiap benda uji yang *unbalance* akan terdeteksi oleh sensor yang telah terpasang pada tiap bagian dan grafiknya akan muncul pada monitor.
4. Kapasitas kerja alat pengukur getaran ialah rotor atau poros dengan panjang maksimum 800 mm.

5.2. Saran

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa perancangan alat keseimbangan dinamik (*dynamic balancing*) ini masih belum cukup sempurna, maka dari itu pada riset berikutnya penulis menyarankan agar alat uji keseimbangan dinamik (*dynamic balancing*) ini bisa lebih dikembangkan lagi sesuai dengan perkembangan teknologi yang semakin hari semakin maju.

DAFTAR PUSTAKA

- Aifu Zainur Rahman, 2015, "Rancang Bangun Alat Ukur Getaran Mesin Berbasis Arduino", Universitas Negeri Semarang, [online : www.lib.unnes.ac.id, diakses pada tanggal 6 juni 2018].
- Abidin, Zainal, 1996, *Vibration Monitoring Balancing/alignment*, LPM-ITB, Bandung.
- Adams Jr, Maurice L. 2001. *Rotating Machinery Vibration: From Analysis to TroubleShooting*. New York: Marcel Dekker Inc.
- 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, diakses pada tanggal 8 juni 2018].
- Arduino Uno*, [Online : www.pengertian-arduino.uno.com diakses pada tanggal 8 juni 2018].
- Dimaragonas, Andrew D, Sam Haddad, 1992, *Vibration For Engineer*, Prentice-Hall International Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Dwi Rahmanto, 2007, "Pengaruh Variasi Putaran Terhadap Efektivitas *Balancing* Poros Fleksible Pada Poros *Two-plane Balancing*", Universitas Sepuluh Maret Surakarta, [Online : www.eprint.uns.ac.id diakses pada tanggal 6 juni 2018].
- Entek IRD, The Machinery Information Company., 1996, *Dynamic Balancing*, Entek IRD International Company 1700 Edison Dr. Milford Ohio USA.
- Jabir, Ahmad., 2003, "Perilaku Dinamik Sistem Poros Rotor dengan Cacat Retak Transversal", Saintek, Jurnal Ilmiah dan Rekayasa, Volume 7 Nomor 1 Juli 2003, Lembaga Penelitian Universitas 17 Agustus Surabaya, hal 25 – 37.
- Mobley, R Keith., 1999, *Vibration Fundamentals*, Plant Engineering Maintenance Series, Newnes Butterworth Heinemann, Boston.
- Nicholas, J.C., 2000, *Operating Turbomachinery on or Near The Second Critical Speed in Accordance with API Specifications*, Rotor Bearing Dynamics. Inc, Wellsville, N.Y, USA.
- Shi, Liu., 2005, "A Modified Balancing Method for Flexible Rotor Based on Multi-sensor Fusion, The State Key Laboratory for Manufacturing System Engineering", Xi'an Jiaotong University, *Journal of Applied Sciences*, Vol. 5, No 3, pp. 465 – 495.
- Structures/Motion Lab. 20-263-571, section 001, 002, 003, Hewlet Packard, 2003.

Tim Getaran Mekanis., 2002, *Panduan Praktikum Fenomena Dasar Mesin, sub Getaran Mekanis, modul III. Balancing Empat Putaran (Four-run balancing)*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Wovk, Victor., 1995, *Machinery Vibration, Balancing*, McGraw-Hill Inc, New York.

<http://www.testingindonesia.com/cara-kerja-balancing-machine-atau-mesin-balancing-117>. diakses pada tanggal 12 Agustus 2018.

LAMPIRAN

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

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

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

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

```

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

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

```



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

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

Sila menandatangani surat ini agar distribution nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

NAMA : KHAZARI
NPM : 1207230137

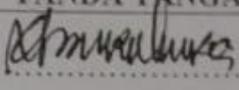
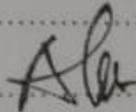
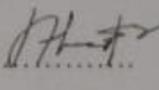
PEMBIMBING –I : KHAIRUL UMURANI, S.T.,M.T
PEMBIMBING –II : RAHMATULLAH, S.T.,Msc

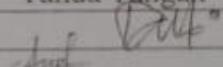
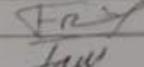
NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1.	388 Jumat/2 - November - 2018	Pemberian spesifikasi tugas	le
	Kamis/ 22 - November - 2018	Perbaikan Detail Detail	le
	Selasa/ 14 - Desember 2018 Desember	Perbaikan Angka Pustaka	le
	Jumat/ 14 Desember - 2018	Perbaikan Metode	le
	Kamis/ 20 - Desember - 2018	Perbaikan Analisa pada	le
	Kamis/ 27 - Januari - 2019	Jangut ke pembuat 2.	le
	Rabu/ 2 - Januari - 2019	Perbaikan lengkap	le
	Rabu/ 16 - Januari - 2019	Revisi, minor	le

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta seminar

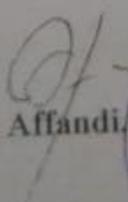
Nama : Khazari
 NPM : 1207230137
 Judul Tugas Akhir : Pengembangan Instrumentasi Alat Pengukur Getaran.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II : Rahmatullah.S.T.M.Sc	:
Pembanding – I : Sudirman Lubis.S.T.M.T	: 
Pembanding – II : Ahmad MarabdiSrg.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230280	Diacy IbnuNizar Alwation	
2	1407230196	ANDRE ANDANI	
3	1907230096	Fachri Rizki	
4	1507230672	Fariz Abdillah	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Ka.Prodi Teknik Mesin


Affandi.S.T.M.T



DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR

NAMA : Khazari
NPM : 1207230137
Judul T.Akhir : Pengembangan Instrumentasi Alat Pengukur Getaran.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen pembanding - I : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

Perbaikan :
- Perbaikan desain mesin
- Spei Pemaki

- 3 Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

Medan 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Diketahui :

Ka.Prodi T.Mesin

Affandi.S.T.M.T



Dosen Pembanding - I

Sudirman Lubis.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR

NAMA : Khazari
NPM : 1207230137
Judul T.Akhir : Pengembangan Instrumentasi Alat Pengukur Getaran.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen pembeding - I : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembeding - II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

- Format tulisan
- Perbaiki metode (prosedur)
- Lihat catatan pada T.A. yang telah
di periksa.

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

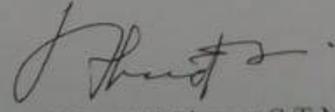
Medan 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Diketahui :

Ka.Prodi T.Mesin



Dosen Pembeding - II


Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

1. Nama : KHAZARI
2. Jenis Kelamin : Laki – Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Kota bangun, 03Agustus 1993
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Menikah
6. Tinggi / Berat Badan : 166 cm / 50 kg
7. Agama : Islam
8. Alamat : jl.Perunggu no. 146 lingk. 6 Kota bangun
9. No. Hp : 082168661115
10. Email : khazari77@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. 2000 – 2006 : Lulus SD Hang Tuah2 Medan
2. 2006 – 2009 : Lulus SMP Hang Tuah 2 Medan
3. 2009 – 2012 : Lulus SMKSinarHusniMedan
4. 2012 – 2019 : Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin S1