

**PENGUJIAN MEDIA AJAR PRAKTIK *BALANCING*
MENGUNAKAN METODE *4-RUN***

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Kelulusan Sarjana Terapan/Dipolma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung



Disusun Oleh:

Bagus Pradana NIM: 0012107

Ceki Hendrian NIM: 0012108

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2024

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGUJIAN MEDIA AJAR PRAKTIK *BALANCING* MENGGUNAKAN
METODE *4-RUN***

Oleh:

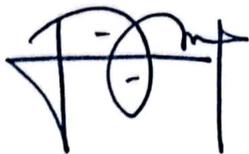
Bagus Pradana NIM: 0012107

Ceki hendrian NIM: 0012107

Laporan akhir ini telah distujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan/Dipolma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung

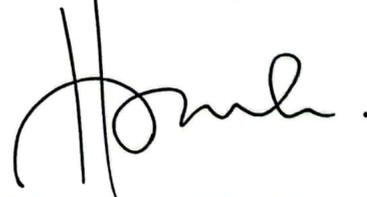
Menyetujui,

Pembimbing 1



(Angga Sateria, S.S.T., M,T)

Pembimbing 2



(Hasdiansah, S.S.T., M.Eng)

Penguji 1



(Pristiansyah, S.S.T., M.Eng)

Penguji 2



(Robert Napitupulu, S.S.T., M.T)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Bagus Pradana NIM: 0012107

Nama Mahasiswa 2 : Ceki Hendrian NIM: 0012108

Dengan Judul : Pengujian Media Ajar Praktik *Balancing* Menggunakan
Metode *4-Run*

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku

Sungailiat, juli 2024

Nama Mahasiswa

1. Bagus Pradana
2. Ceki Hendrian

Tanda Tangan



ABSTRAK

Dalam pelajaran teknik perawatan dan perbaikan mesin, pemahaman mengenai *balancing* sangat penting untuk menghindari ketidakseimbangan atau *unbalance* pada rotor yang berputar. Dalam metode konvensional sering kali kurang efektif dalam menyampaikan pelajaran pada mahasiswa karena kurangnya media ajar *balancing* di Laboratorium perawatan dan perbaikan mesin. Oleh karena itu diperlukan media ajar yang inovatif untuk mempermudah proses pembelajaran dan meningkatkan minat mahasiswa dalam memahami proses *balancing*. Media ajar yang dibuat dalam penelitian ini adalah alat uji *balancing* yang dirancang untuk digunakan di Laboratorium perawatan dan perbaikan mesin. Alat ini dilengkapi dengan lubang lubang pada rotor untuk menempatkan *trial weight* dan mengukur getaran yang terjadi pada rotor dengan berbagai sudut (0° , 120° , 240°). Proses *balancing* dilakukan dengan menggunakan metode *4 run* yang mencakup pengukuran getaran awal, penempatan *trial weight*, dan perhitungan *correction weight*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat uji *balancing* ini berhasil berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Pada pengujian awal, getaran yang dihasilkan sebesar 4,44 mm/s rms. Setelah penambahan *trial weight* sebesar 10 gram, getaran pada sudut 0° , 120° , 240° masing masing dihasilkan sebesar 5,50 mm/s rms, 3,89 mm/s rms, 4,29 mm/s rms. Untuk menghilangkan *unbalance* ditambahkan *correction weight* sebesar 29 gram disudut 165° . Getaran akhir yang dihasilkan setelah pemasangan *correction weight* adalah sebesar 1,97 mm/s rms. Hasil ini menunjukkan bahwa metode *4 run* efektif dalam mengoreksi ketidakseimbangan pada rotor, dibuktikan dari penurunan nilai getaran awal sebesar 4,44 mm/s rms setelah di lakukan *balancing* dengan metode *4 run* getaran menjadi lebih kecil yaitu sebesar 1,97 mm/s rms.

Kata kunci : *balancing*, *unbalance*, metode *4 run*, *trial weight*, *correction weight*.

ABSTRACT

In the field of machine maintenance and repair engineering, understanding balancing is crucial to avoid rotor imbalance. Conventional methods often prove ineffective in conveying the principles effectively to students due to the lack of balancing teaching tools in the machine maintenance laboratory. Therefore, innovative teaching tools are necessary to facilitate the learning process and enhance student interest in understanding the balancing process. The teaching tool developed in this study is a balancing test apparatus designed for use in the machine maintenance laboratory. This apparatus features holes in the rotor to place trial weights and measure vibrations at various angles (0°, 120°, 240°). The balancing process is conducted using the 4-run method, which involves initial vibration measurement, trial weight placement, and correction weight calculation. Test results indicate that this balancing test apparatus functions as expected. In the initial test, the vibration recorded was 4.44 mm/s rms. After adding a 10-gram trial weight, vibrations were recorded at 5.50 mm/s rms, 2.89 mm/s rms, and 4.29 mm/s rms at angles 0°, 120°, and 240° respectively. To eliminate the imbalance, a correction weight of 29 grams was added at 165°. The final vibration recorded after installing the correction weight was 1.97 mm/s rms. These results demonstrate the effectiveness of the 4-run method in correcting rotor imbalance, as evidenced by the reduction in initial vibration from 4.44 mm/s rms to 1.97 mm/s rms after balancing.

Keywords: balancing, unbalance, 4-run method, trial weight, correction weight.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Allhamdulillah Rabbil Alamin, segala puji bagi Allah SWT atas berkat, rahmat, dan ridhonya, penulis dapat menyelesaikan laporan akhir ini dengan baik dan tepat pada waktu yang telah ditentukan. Laporan Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan kurikulum program pendidikan Dipolma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung tahun ajaran 2023-2024. Penyusunan laporan ini sesuai dengan pedoman penulisan laporan proyek akhir dari Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Dalam penyusunan laporan Proyek Akhir ini, penulis tidak sedikit mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, dan pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada orang-orang yang telah berperan sehingga laporan proyek akhir ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan kepada penulis selama pengerjaan proyek akhir.
2. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan, dan memberikan motivasi dalam penyelesaian proyek akhir.
3. Bapak Angga Sateria, S.S.T., M.T selaku pembimbing 1 dan bapak Hasdiansah, S.S.T., M.Eng selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga serta memberi saran dan solusi yang membangun dalam penyelesaian makalah proyek akhir.
4. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng selaku penguji 1 dan bapak Robert Napitupulu, S.S.T., M.T selaku penguji 2.
5. Seluruh staf pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak membantu selama penyelesaian proyek akhir.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan proyek akhir ini jauh dari kata sempurna dan masih banyak kesalahan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Atas kerja sama dan bimbingan nya, penulis ucapkan terimakasih.

Sungailiat, juli 2024

Penulis



DAFTAR ISI

	halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Proyek Akhir	2
BAB II DASAR TEORI	3
2.1 Metode <i>4 Run</i>	3
2.2 Getaran	3
2.2.1 Getaran akibat kondisi tidak seimbang (<i>unbalance</i>)	4
2.2.2 Getaran Yang Disebabkan Oleh Ketidaklurusan (<i>Misalignment</i>)	5
2.3 Karakteristik Getaran	6
2.3.1 Frekuensi Getaran.....	6
2.3.2 Amplitudo	7
2.4 Kondisi Tidak Seimbang (<i>Unbalance</i>).....	8
2.4.1 Jenis Ketidakseimbangan	9
2.5 Penyeimbangan Dinamis (<i>Dynamic Balancing</i>)	10
2.6 Penyeimbangan Dua Bidang (<i>Two Plane Balancing</i>).....	10
2.7 Standar Pengujian.....	11
2.7.1 Prosedur <i>Balancing</i>	11
2.7.2 Standar Vibrasi	12
2.8 Langkah metode <i>4 run</i>	13

2.8.1 Menentukan berat rotor	13
2.8.2 Menghitung <i>Trial weight</i>	14
2.8.4 <i>Correction weight</i>	15
2.9 Alat Pengujian	16
2.9.1 <i>Vibropot</i>	16
2.9.2 Dial Indikator	16
2.9.3 Timbangan Digital	17
2.9.4 Masa Pemberat	17
BAB III METODE PELAKSANAAN	22
3.1 Studi Pustaka	23
3.3 Pembuatan Alat	23
3.4 Uji coba Alat	24
3.6 Kesimpulan	24
BAB IV PEMBAHASAN	25
4.4 Proses <i>Balancing</i> Menggunakan Metode <i>4 run</i>	32
4.4.2 Menghitung Berat Rotor	33
4.4.3 Menghitung <i>Trial Weight</i>	35
4.4.5 Menggambar Lingkaran	36
4.4.6 Menghitung <i>correction weight</i>	37
BAB V PENUTUP	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2. 1 Klasifikasi prosedur pengujian. (Sumber: ISO 21940-12)	11
Tabel 2. 2 Prosedur pengujian (Sumber : ISO 21940-12)	12
Tabel 2. 3 Diagnosa getaran (Sumber : ISO 2372).....	12
Tabel 2. 4 Kalkulasi toleransi getaran (Sumber : ISO-10816-1).....	13
Tabel 4. 1 Data hasil getaran awal	33
Tabel 4. 2 Data hasil getaran <i>Trial Weight</i>	36
Tabel 4. 3 Data hasil getaran akhir setelah penambahan berat <i>correction weight</i>	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
Gambar 2. 1 <i>Angular misalignment</i> (Swandono, 2019)	5
Gambar 2. 2 <i>Offset misalignment</i> (Swandono, 2019).....	5
Gambar 2. 3 Kombinasi ketidaklurusan(Swandono, 2019).....	5
Gambar 2. 4 Karakteristik getaran(Swandono, 2019)	6
Gambar 2. 5 Hubungan antara simpangan(Swandono, 2019)	7
Gambar 2. 6 Ketidakseimbangan statis (Abidin,2004).....	9
Gambar 2. 7 Ketidakseimbangan kopel (Abidin, 2004)	10
Gambar 2. 8 Ketidakseimbangan dinamik (Abidin, 2004).....	10
Gambar 2. 9 <i>Two plane balancing</i> (Abidin, 2004)	11
Gambar 2. 10 <i>Vibropot</i> (Dokumen Pribadi)	16
Gambar 2. 11 Dial indicator (Sumber : PT LFC Teknologi Indonesia)	17
Gambar 2. 12 Timbangan Digital. (Dokumen Pribadi)	17
Gambar 2. 13 Baut, mur, dan ring. (Sumber: https://sinarmandirisejahtera.co.id)...	18
Gambar 2. 14 Motor penggerak (Dokumen Pribadi).....	18
Gambar 2. 15 <i>Bearing</i> (Dokumen Pribadi).....	19
Gambar 2. 16 Kopling fleksibel (Dokumen Pribadi).....	19
Gambar 2. 17 <i>Shaft</i> /poros (Sumber : https://www.Blibli.com).....	20
Gambar 2. 18 Plat besi (Dokumen Pribadi).....	20
Gambar 2. 19 Alumunium profil (Sumber : https://www.Blibli.com).....	21
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian yang digunakan	22
Gambar 4. 1 Desain alat media ajar <i>Balancing</i>	25
Gambar 4. 2 Plat besi yang telah dilipat	26
Gambar 4. 3 Dudukan motor penggerak.....	27
Gambar 4. 4 Rotor.....	28
Gambar 4. 5 Dudukan <i>Bearing</i>	28
Gambar 4. 6 Pemasangan Alumunium profil	29
Gambar 4. 7 Base motor penggerak.....	30
Gambar 4. 8 Pemasangan rotor	30

Gambar 4. 9 Pemasangan shaft/poros pada <i>bearing</i>	31
Gambar 4. 10 Pemasangan kopling <i>fleksible</i>	31
Gambar 4. 11 Panel control	32
Gambar 4. 12 Media ajar praktik <i>balancing</i>	32



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup
- Lampiran 2 : Tabel Hasil Pengujian
- Lampiran 3 : Gambar Kerja
- Lampiran 4 : Gambar Alat Uji



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Proses pembelajaran sudah ada sejak zaman dahulu hingga sekarang dengan di ikuti perkembangan zaman. Cara dan mekanisme pembelajaran juga ikut berkembang pembelajaran secara konvensional dijadikan dukungan dengan metode media alat bantu untuk memvisualisasikan dengan cara dipraktekkan secara langsung.

Penulis membuat alat media ajar praktik *balancing* karena kurangnya media ajar yang ada di laboratorium perawatan dan perbaikan mesin, hanya dengan satu media ajar membuat waktu pembelajaran mahasiswa kurang efektif karena banyaknya mahasiswa yang praktik secara bersamaan. Media ajar yang penulis buat dapat menjadi pembelajaran *balancing* dengan tipe *single plane* atau *two plane*, dan media pembelajaran dengan metode *4 run*. *Balancing* merupakan prosedur perawatan untuk menghilangkan tidak setimbang (*Unbalance*) pada mesin dengan poros putar berdasarkan beban *unbalance* yang harus diatasi. Dalam memahami proses *balancing* perlu banyak membaca dan memahami setiap materi, adanya aplikasi media ajar ini bertujuan untuk mempermudah proses belajar mengajar dan dapat meningkatkan efisiensi belajar serta dapat mempermudah dalam memahami materi dan dapat dipraktekkan secara langsung. Media ajar ini dapat meningkatkan minat bagi mahasiswa yang mau memahami tentang proses *balancing* pada poros yang berputar. Beberapa penelitian tentang getaran telah dilakukan beberapa orang salah satunya alat uji identifikasi pengujian perbedaan putaran rotor dengan menggunakan tipe *single plane*, digunakan untuk mengidentifikasi putaran rotor yang setimbang (*balance*) dengan putaran rotor yang tidak setimbang (*unbalance*), dimana sensor *chanel* dipasangkan pada kedudukan bearing untuk menguji getarannya (Riva'I, 2018).

Pada masalah kali ini penulis ingin membuat media ajar *balancing* di Laboratorium Perawatan dan Perbaikan Mesin dengan pengujian menggunakan

metode *4 run* serta dapat menjadi cara untuk menyampaikan bahan pembelajaran. Dengan adanya media ajar *balancing* ini pembelajaran dapat lebih mudah untuk dipahami.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara membuat media ajar praktik *balancing*?
2. Bagaimana pengujian dalam proses *balancing* dengan metode *4 run*?

1.3 Tujuan Proyek Akhir

Tujuan dibuatnya proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat alat media ajar praktik *balancing* di Laboratorium Perawatan dan Perbaikan mesin.
2. Pengujian dalam proses *balancing* dengan metode *4 run*.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Metode 4 Run

Metode *4 run balancing* adalah salah satu metode penyeimbangan dinamis yang umum digunakan untuk mengurangi getaran pada mesin rotasi. Metode ini menggunakan empat kali pengukuran getaran pada dua bantalan mesin untuk menentukan lokasi dan besarnya massa penyeimbang yang diperlukan. (Bhandari, 2011).

Bhandari (2011), Langkah-langkah dalam metode *4 run balancing*:

- Pengukuran awal: Lakukan pengukuran getaran awal pada kedua bantalan mesin pada kecepatan operasi normal.
- Penambahan massa uji: Tambahkan massa uji dengan nilai yang diketahui pada salah satu bidang mesin. Posisi massa uji biasanya pada sudut 0° , 120° , 240° relatif terhadap salah satu bantalan.
- Pengukuran getaran dengan massa uji: Lakukan pengukuran getaran pada kedua bantalan mesin dengan massa uji pada posisinya.
- Ulangi langkah 2 dan 3 dengan memindahkan massa uji ke posisi lain (120° , 240°), dan lakukan pengukuran getaran pada kedua bantalan.
- Perhitungan massa penyeimbang: Gunakan data pengukuran getaran dari keempat pengukuran untuk menghitung lokasi dan besarnya massa penyeimbang yang diperlukan.
- Pemasangan massa penyeimbang: Pasang massa penyeimbang yang dihitung pada posisi yang ditentukan.
- Verifikasi: Lakukan pengukuran getaran akhir untuk memverifikasi bahwa getaran telah berkurang secara signifikan.

2.2 Getaran

Getaran adalah bagian dari dinamika yang berhubungan dengan gerakan yang sebagian besar dari elemen mekanis dan struktur. Dalam sistem mekanis getaran tidak diinginkan dan dapat merusak peralatan, sebagai contoh getaran dalam mesin

kendaraan yang mengalami kelelahan akan mengakibatkan kegagalan. Getaran dapat terjadi dimanapun dan banyak sekali kasus yang dipengaruhi oleh desain teknis, sifat dasar getaran mekanis sering membatasi *performance* suatu peralatan. Dengan adanya permasalahan tersebut, diperlukan solusi untuk analisa getaran dengan mengacu pada teknik manajemen perawatan yang baik (Nurhadiyanto, 2015).

Swandono (2019), Para ahli berpendapat bahwa 70 sampai 75 persen getaran yang terjadi disebabkan oleh *misalignment*. Hal ini bisa dipahami terjadinya *misalignment* terdiri dari beberapa kejadian berikut ini:

1. Ciri *misalignment* yaitu mempunyai komponen getaran pada frekuensi 2x putaran *shaft* serta menyebabkan getaran dominan pada arah aksial.
2. *Misalignment* berasal dari *shaft* bengkok atau bearing yang tidak center serta poros pada kopling yang tidak sejajar.
3. *Misalignment* terjadi karena adanya pergerakan atau penyimpangan salah satu bagian mesin dari garis porosnya.
4. Setiap alat yang berputar memiliki sejumlah *unbalance*, tetapi setiap manufaktur mempunyai batas toleransi terhadap *unbalance* tersebut.
5. Ketidakseimbangan tersebut kemudian diredam menggunakan bantalan atau *bearing* yang memiliki *clearance*.
6. Pada saat mesin mengalami kondisi *misalignment*, elemen-elemennya mengalami tarikan serta tekanan melalui kopling sehingga berakibat terjadinya gesekan yang berlebih pada elemen putar dan *race* pada *bearing* yang berujung pada keausan *bearing* tersebut.

2.2.1 Getaran akibat kondisi tidak seimbang (*unbalance*)

Getaran akibat kondisi tidak seimbang (*unbalance*), terjadi pada (1x) rpm elemen mengalami ketidakseimbangan, dan amplitudo getaran sebanding dengan besarnya ketidakseimbangan yang terjadi pada mesin yang berputar. Ketika gelombang dihasilkan, ia memiliki amplitudo maksimum Pengukuran radial jika dimungkinkan. (Swandono, 2019)

2.2.2 Getaran Yang Disebabkan Oleh Ketidaklurusan (*Misalignment*)

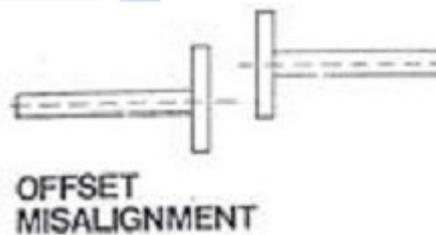
Swandono (2019), Getaran dapat terjadi jika kedua poros dan sambungannya tidak sejajar. Sambungan (*coupling*) *misalignment* dapat dibedakan menjadi tiga jenis.

1. *Angular misalignment*, yaitu bila sumbu poros membentuk sudut dengan besaran tertentu. *Angular misalignment* dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1 *Angular misalignment* (Swandono, 2019)

2. *Offset misalignment*, bila sumbu kedua poros sejajar dan tidak berhimpitan. *Offset misalignment* dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. 2 *Offset misalignment* (Swandono, 2019)

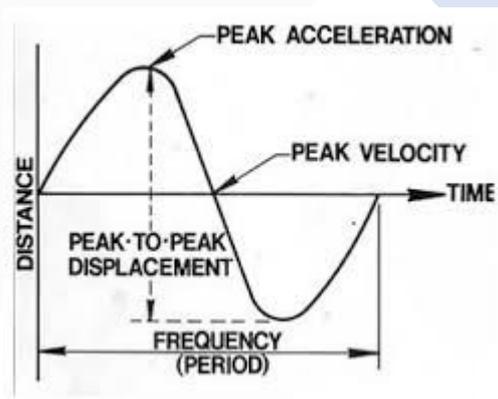
3. Kombinasi dari ketidaklurusan, menggabungkan *angular misalignment* dan *offset misalignment* secara bersamaan dalam satu sistem sambungan. Kombinasi dari ketidaklurusan dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2. 3 Kombinasi ketidaklurusan (Swandono, 2019)

2.3 Karakteristik Getaran

Swandono (2019), pemeriksaan karakteristik getaran membantu mengetahui kondisi mesin dan mengidentifikasi kerusakan mekanis pada mesin. Karakteristik getaran dapat dinyatakan dengan membuat grafik pergerakan beban terhadap waktu. Gerak siklus osilasi diwakili oleh perpindahan beban dari posisi netral ke batas atas, kemudian kembali ke posisi netral atau setimbang, dan kemudian lagi ke batas bawah dan kembali ke posisi setimbang, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus gerak disebut periode dan banyaknya siklus yang dihasilkan dalam selang waktu tertentu disebut frekuensi. Dalam analisis getaran mekanis, frekuensi lebih berguna karena berkaitan dengan putaran mesin (RPM). Gambar karakteristik getaran dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2. 4 Karakteristik getaran (Swandono, 2019)

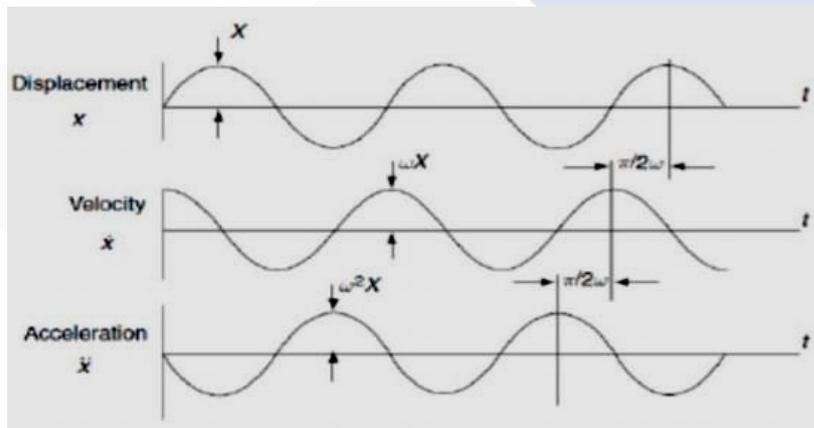
2.3.1 Frekuensi Getaran

Frekuensi adalah banyaknya siklus per satuan waktu, dan besarnya dapat dinyatakan dalam siklus per detik, siklus per detik (cps) atau siklus per menit (cpm). Dalam analisis getaran mesin, sangat penting untuk mengetahui frekuensi getaran yang mengindikasikan adanya masalah pada mesin. Pada mesin yang berputar terjadi fenomena dimana amplitudo getaran meningkat pada putaran tertentu (biasanya disebut kecepatan kritis), dan hal ini terulang pada putaran berikutnya. Rotasi kritis adalah rotasi yang sesuai dengan frekuensi (f_n) suatu benda atau sistem

yang bergetar. Frekuensi putaran menghasilkan amplitudo getaran maksimum. (Swandono, 2019).

2.3.2 Amplitudo

Swandono (2019), amplitudo merupakan besar kecilnya atau kekuatan sinyal getaran yang dihasilkan. Amplitudo yang diperoleh dari sinyal getaran digunakan untuk mengidentifikasi gangguan yang terjadi. Semakin besar nilai amplitudo maka semakin besar pula gangguan yang ditimbulkan saat mengukur getaran mesin, amplitudo dinyatakan sebagai perpindahan, kecepatan, dan percepatan. Hubungan antara simpangan, kecepatan, dan percepatan ditunjukkan pada Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2. 5 Hubungan antara simpangan (Swandono, 2019)

- Penyimpangan (*displacement*)
penyimpangan adalah pergerakan suatu titik tertentu yang tidak bergerak secara stabil dan mewakili derajat getaran. Jarak dari satu puncak (A) ke puncak lainnya (C) disebut pergeseran puncak ke puncak. Penyimpangan biasanya dinyatakan dalam mikrometer (μm) atau mil. (Swandono, 2019).

$$1\mu\text{m} = 0.001\text{mm}$$

$$1\text{mils} = 0.001\text{ Inch}$$

- Kecepatan getaran (*velocity*)

Getaran merupakan suatu gerakan, maka getaran pasti mempunyai kecepatan.

Kecepatan maksimum terjadi pada titik B (posisi netral) sedangkan kecepatan minimum (=0) terjadi pada titik A dan titik C. Kecepatan getaran ini biasanya dalam satuan mm/det (*peak*). Karena kecepatan selalu berubah secara sinusoida, maka banyak digunakan juga satuan inch/sec (rms). Nilai *peak* (=1,414 x nilai rms). Tidak jarang ditemukan penggunaan satuan *inch/sec (peak)* atau *inch/sec (rms)* dengan nilai 1 *inch* = 25,4 mm. (Swandono, 2019).

➤ Percepatan getaran

Parameter penting lainnya untuk menentukan karakteristik getaran adalah percepatan. Secara teknis, percepatan adalah laju perubahan kecepatan di titik A atau C, kecepatan getarannya nol. Namun bagian ini mengalami akselerasi paling besar sebaliknya di titik B (netral), percepatan getarannya nol umumnya percepatan getaran dinyatakan dalam satuan yang disebut "G puncak". "g" adalah percepatan yang disebabkan oleh gravitasi di permukaan bumi.(Swandono, 2019).

2.4 Kondisi Tidak Seimbang (*Unbalance*)

Abidin (2004), dalam ISO1925: 2001 mendefinisikan ketidakseimbangan sebagai suatu kondisi yang terjadi pada rotor ketika gaya sentrifugal memberikan gaya atau getaran pada bantalan. Getaran disebabkan oleh gaya sentrifugal yang disebabkan oleh ketidakseimbangan benda yang berputar. Gaya sentrifugal merupakan gaya inersia yang terjadi pada benda yang berputar. Gaya ini bekerja pada kerangka acuan yang berputar (melingkar). Gaya sentrifugal merupakan kebalikan dari gaya sentripetal. Hal ini karena merupakan efek semu yang ditimbulkan oleh suatu benda yang bergerak melingkar atau dengan mengamati sistem dari sudut pandang benda yang bergerak. Ketidakseimbangan (*unbalance*) yang berlebihan menyebabkan getaran pada rotor dan struktur pendukungnya. Kondisi ini memperpendek umur mesin, ketika bagian mekanis yang berputar (peralatan berputar) mempunyai massa yang tidak seimbang, timbul gaya sentrifugal yang menjadi sumber getaran. Penyebab umum dari kondisi tidak seimbang termasuk kesalahan pemesinan, kesalahan kumulatif dalam toleransi perakitan,

perlakuan panas, ketidakseragaman material, dan komponen asimetris.

Abidin (2004), Penyeimbangan dilakukan untuk mengurangi dampak ketidakseimbangan tersebut. Penyeimbangan adalah perlakuan terhadap komponen yang tidak seimbang dengan menciptakan atau menghilangkan gaya sentrifugal lain yang berlawanan dengan gaya sentrifugal aslinya. Penyeimbangan memiliki tujuan sebagai berikut.

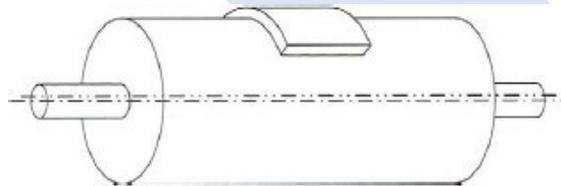
- Mengurangi *Internal Wear* dari *seal* dan bantalan (*Bearing*)
- Memperpanjang umur bantalan dan peralatan
- Mengurangi getaran dan kebisingan
- Menaikan kualitas produksi
- Mengurangi kelelahan (*fatigue*) pada struktur rangka mesin
- Mengurangi biaya perawatan mesin

2.4.1 Jenis Ketidakseimbangan

Abidin (2004), 3 jenis kondisi tidak seimbang (*Unbalance Condition*) berdasarkan kondisi yang terjadi.

1. Ketidakseimbangan *static* (*static unbalance*)

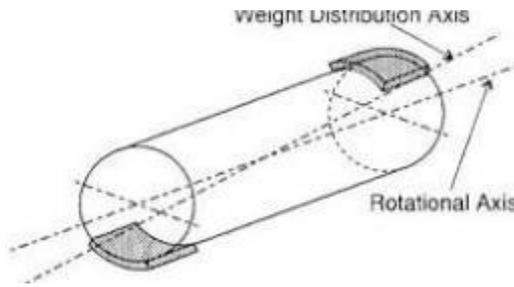
Kondisi ketidakseimbangan statis terjadi ketika sumbu inersia dipindahkan sejajar sumbu rotasi oleh massa tidak seimbang yang terletak hanya pada satu bidang. Ketidakseimbangan statis dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2. 6 Ketidakseimbangan statis (Abidin,2004)

2. Ketidakseimbangan kopel (*couple unbalance*)

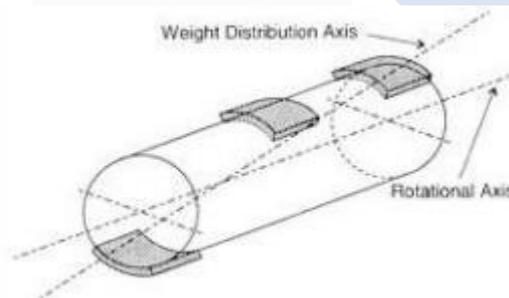
Ketidakeimbangan kopel adalah dimana terjadi diantara dua bidang dengan besar gaya tak seimbang yang sama tapi dengan arah yang berlawanan. Ketidakseimbangan kopel dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2. 7 Ketidakseimbangan kopel (Abidin, 2004)

3. Ketidakseimbangan dinamik (*dynamic unbalance*)

Ketidakseimbangan dinamik terjadi ketika ada ketidakseimbangan statis dan ketidakseimbangan kopel. Kondisi ini terjadi ketika sumbu panjang dan sumbu poros tidak berpotongan dan tidak sejajar. Ketidakseimbangan dinamis dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut.



Gambar 2. 8 Ketidakseimbangan dinamik (Abidin, 2004)

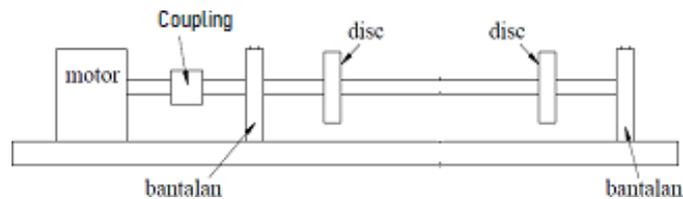
2.5 Penyeimbangan Dinamis (*Dynamic Balancing*)

Abidin (2004), penyeimbangan melibatkan penyeimbangan mesin yang berputar dengan memutar bagian rotor pada kecepatan tertentu dan menggunakan elektronik untuk mengukur getaran yang tidak seimbang. Ketidakseimbangan yang terukur dapat diperbaiki dengan menambah atau mengurangi berat bagian yang berputar hingga getarannya mereda. Penyeimbangan dinamis merupakan kegiatan penyeimbangan yang dilakukan terhadap kondisi ketidakseimbangan dinamis yang terjadi pada mesin yang berputar.

2.6 Penyeimbangan Dua Bidang (*Two Plane Balancing*)

Abidin (2004), penyeimbangan pada skala laboratorium biasanya melibatkan penyeimbangan pada satu bidang (*single plane*) dan penyeimbangan pada dua

bidang (*two plane*). Penyeimbangan dua bidang adalah metode penyeimbangan yang dilakukan pada objek yang berada dalam keadaan tidak seimbang dan ditempatkan pada dua bidang yang berbeda sehingga menimbulkan keadaan tidak seimbang yang dinamis. Gambar *two plane balancing* dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut.



Gambar 2. 9 *Two plane balancing* (Abidin, 2004)

Saat melakukan penyeimbangan, pertama-tama tentukan dua bidang keseimbangan: bidang L (bidang ukur kiri) dan bidang R (bidang ukur kanan). Sedangkan lokasi penempatan massa dilambangkan dengan bidang 1 dan bidang 2.

2.7 Standar Pengujian

Pengujian dinamis alat penyeimbang memperhitungkan rincian semua aspek yang relevan untuk menentukan alat mulai dari desain hingga pengujian penyeimbangan. Metode acuannya adalah metode keseimbangan dan acuan getaran yang ditampilkan pada saat pengujian alat. (ISO 21940-12).

2.7.1 Prosedur Balancing

Pada prosedur pengujian *balancing* menggunakan standar ISO 21940-12, untuk merekomendasi prosedur pengujian dengan rotor. Klasifikasi prosedur pengujian, dan prosedur pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan 2.2 berikut.

Tabel 2. 1 Klasifikasi prosedur pengujian. (Sumber: ISO 21940-12)

Configuration	Rotor characteristics	Recommended balancing procedure ^a
1.1 Discs	Elastic shaft without unbalance, rigid disc(s)	
	Single disc — perpendicular to shaft axis — with axial runout	A; C B; C
	Two discs — perpendicular to shaft axis — with axial runout — at least one removable — integral	B; C B + C, E G
	More than two discs — all discs removable, except one — integral	B + C, D, E G

Tabel 2. 2 Prosedur pengujian (Sumber : ISO 21940-12)

Procedure	Description	Subclause
Low-speed balancing		
A	Single-plane balancing	6.5.1
B	Two-plane balancing	6.5.2
C	Individual component balancing prior to assembly	6.5.3
D	Balancing subsequent to controlling initial unbalance	6.5.4
E	Balancing in stages during assembly	6.5.5
F	Balancing in optimum planes	6.5.6
High-speed balancing		
G	Multiple speed balancing	7.3
H	Service speed balancing	7.4
I	Fixed speed balancing	7.5

Menurut ISO21940–12 penyeimbangan dinamis dilakukan ketika ketidakseimbangan awal terkonsentrasi pada dua bidang melintang, koreksi dilakukan pada kedua bidang, dan keseimbangan dicapai pada semua kecepatan rotor.

2.7.2 Standar Vibrasi

ISO 2372 menerangkan, salah satu parameter untuk menganalisa penyebab getaran pada mesin rotasi dengan poros horizontal. Analisa yang akan digunakan untuk menentukan kondisi mesin yang dialami dari pengukuran getaran dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2. 3 Diagnosa getaran (Sumber : ISO 2372)

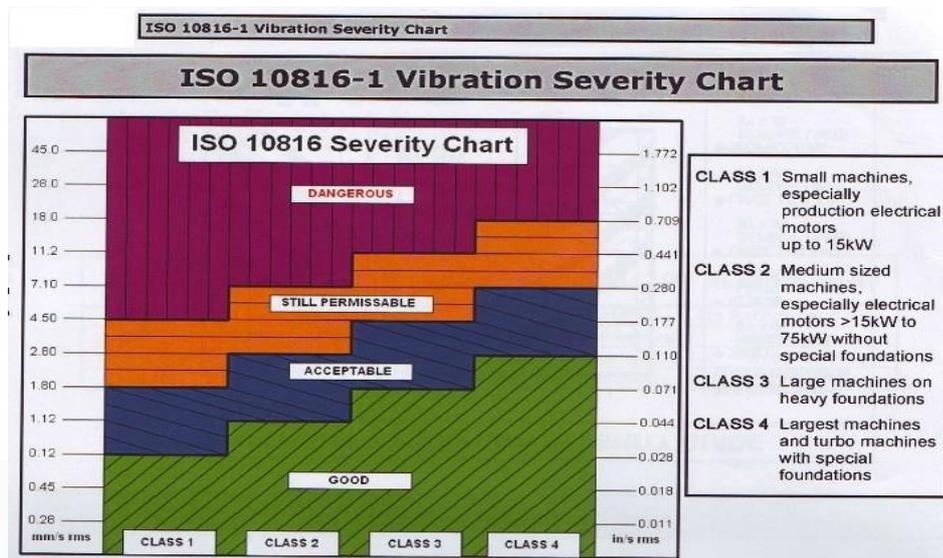
ISO 2372 Vibration Diagnostic Table (Horizontal Shaft)					
	Excessive Horizontal	Excessive Vertical	Excessive Axial	Excessive Structural	
	Vibration Indicates:	Vibration Indicates:	Vibration Indicates:	Vibration Indicates:	Notes
Imbalance	YES	NO	NO	NO	Horizontal > Axial
Misalignment	NO	YES	YES	NO	Axial > Horizontal
Looseness	YES	YES	NO	YES	Vertical ≥ Horizontal
Electrical Faults Measured as Vibration					To detect an electrical problem: Turn off machine power and monitor vibration. If the vibration immediately drops, the problem is electrical.

Note: On an overhung machine, imbalance and misalignment may display similar characteristics. Use phase measurements to differentiate between the two.

Note: YES = ISO 2372 Unsatisfactory – Unacceptable Levels.
NO = ISO 2372 Good – Satisfactory Levels.

ISO 10816 diklasifikasikan untuk acuan nilai getaran yang aman pada berbagai kelas mesin, gambar klasifikasi toleransi getaran dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2. 4 Kalkulasi toleransi getaran (Sumber : ISO-10816-1)



2.8 Langkah metode 4 run

Pengujian ini melihat bagaimana menyeimbangkan rotor yang tidak seimbang. Penentuan massa uji yang akan diaplikasikan pada piringan harus dilakukan dengan memperhatikan spesifikasi alat uji. Jika rencana massa akurat dan tepat, keseimbangan massa dapat ditemukan.

2.8.1 Menentukan berat rotor

Berat rotor adalah berat dari *disc* yang harus diketahui melalui perhitungan rumus agar mendapatkan berat dari rotor untuk data dari perhitungan selanjutnya, dan dibandingkan dengan nilai berat dari hasil timbang secara fisik, untuk mendekati hasil nilai yang sama.

Rumus yang digunakan dalam menghitung berat rotor adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat/massa} = \text{Volume rotor} \times \text{masa jenis} \dots \dots \dots (2.1).$$

$$\text{Volume rotor} = \frac{22}{7} \times R^2 \times t$$

Dengan:

R = Jari-jari rotor

T = Tebal rotor

Masa jenis = (tergantung material rotor)

Masa jenis besi = 7800 kg/cm³

Masa jenis alumunium = 2700 kg/cm³

2.8.2 Menghitung *Trial weight*

Menghitung *Trial weight* adalah hitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai berat coba-coba yang perlu dilakukan perhitungan untuk dapat mengetahui berapa berat yang akan dipasangkan pada rotor, setelah nilai berat didapatkan selanjutnya dilakukan pemasangan berat pada sudut 0° kemudian operasikan (*run*) lalu ambil data getarannya, setelah dapat data getaran pindahkan beban coba (*trial weight*) kesudut 120°, dan 240° untuk mendapatkan data getaran dari setiap sudut yang kemudian akan dilakukan perhitungan selanjutnya.

Rumus dalam menghitung berat *trial weight* adalah sebagai berikut:

$$F = 0,01 \times R \times M \times RPM^2 \dots \dots \dots (2.2).$$

$$M = \frac{F}{0,01 \times R \times RPM^2}$$

Dengan:

M = Berat *trial weight* (gram/kg)

R = Radius peletakan *trial weight*

F = gaya yang dihasilkan oleh *trial weight* (10% x gaya dari berat rotor (berat rotor x 9,8 (gaya grafitasi))

RPM = Putaran rotor

2.8.3 Menggambar Lingkaran

Tahap selanjutnya menggambar lingkaran yang dilakukan agar mengetahui data berapa besar sudut yang didapatkan untuk menempatkan beban koreksi (*correction weight*). Tahap menggambar lingkaran adalah menggunakan data

getaran dari pengujian *trial weight* sebelumnya. Pertama, menggambar lingkaran awal dengan diameter sebesar data dari pengujian getaran awal, kemudian menggambar lingkaran kedua di atas lingkaran awal sesuai sudut 0° dengan diameter sebesar data dari pengujian getaran pada sudut 0°, menggambar lingkaran ketiga dibawah kanan sesuai sudut 120° dengan diameter sebesar data dari pengujian getaran pada sudut 120°, terakhir menggambar lingkaran keempat dibawah kiri sesuai sudut 240° dengan diameter sebesar data dari pengujian getaran pada sudut 240°. Setelah semua data pengujian getaran digambar kedalam lingkaran selanjutnya tentukan garis dari ketiga lingkaran yang saling bertemu, lalu tarik berapa panjang jarak garis yang saling bertemu dari titik tengah lingkaran awal. Data jarak yang didapatkan berupa resultan vektor (RV).

2.8.4 *Correction weight*

Berat *Correction weight* yaitu bobot koreksi adalah nilai berat yang akan digunakan untuk diaplikasikan pada rotor sebagai langkah akhir untuk mengurangi beban *unbalance* kemudian dioperasikan (*run*) untuk mengukur berapa besar getaran yang dihasilkan setelah dilakukan *balancing* dengan metode *4 run*, tujuannya adalah untuk meminimalkan efek *outlier* atau data yang menyimpang dari nilai yang sebenarnya.

Rumus yang digunakan untuk menghitung berat *correction weight* adalah sebagai berikut:

$$CW = TW \times \frac{V1}{RV} \dots\dots\dots(2.3).$$

Dengan :

$CW =$ *Correction weight*

$TW =$ *Trial weight*

$V1 =$ *Vibration initial* (getaran awal)

$RV =$ Resultan vector

2.9 Alat Pengujian.

Alat alat pengujian yang digunakan sebagai berikut.

2.9.1 *Vibroport*

Alat untuk mengukur getaran yang terjadi ketika unit beroperasi, setiap mesin yang beroperasi atau berputar akan senantiasa menghasilkan getaran (*vibration*). Vibrasi dapat mempermudah dalam mengolah data. Berguna dalam mengukur tingkat kecepatan putar (RPM) dengan nilai akurasi yang tinggi, memonitor getaran frekuensi mesin. *Vibroport* dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut.



Gambar 2. 10 *Vibroport* (Dokumen Pribadi)

2.9.2 **Dial Indikator**

Alat ukur dengan skala pengukuran sangat kecil. Dial indikator atau biasa disebut dengan *dial gauge* adalah alat ukur untuk mengukur kerataan bidang ataupun mengukur kebulatan pada poros dengan ketelitian 0,01 mm. Dalam proses pengukuran dial indikator harus dekat dengan permukaan benda yang akan diukur agar mudah dalam mengatur posisi dial (kemiringan, tinggi, rendah) diperlukan alat bantu yang berupa *magnetic base*. Dial indicator dapat dilihat pada Gambar 2.11 berikut.



Gambar 2. 11 Dial indicator (Sumber : PT LFC Teknologi Indonesia)

2.9.3 Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang rotor dan massa *trial weight*/ beban uji coba. Timbangan dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut.



Gambar 2. 12 Timbangan Digital. (Dokumen Pribadi)

2.9.4 Masa Pemberat

Masa pemberat digunakan untuk pengujian dan penyeimbang, massa pemberat yang digunakan berupa baut, mur, dan ring. Masa pemberat dapat dilihat pada Gambar 2.13 berikut.



Gambar 2. 13 Baut, mur, dan ring. (Sumber:<https://sinarmandirisejahtera.co.id>)

2.10 Alat dan bahan

Pada proses pembuatan alat ini dibutuhkan alat dan bahan, alat dan bahan yang digunakan terdiri dari motor penggerak, *bearing*, *kopling*, *shaft*/poros, alumunium profil.

- Motor penggerak

Motor penggerak yang digunakan pada alat uji *balancing* ini berupa motor impact yang berfungsi untuk menggerakkan *shaft*/poros. Motor penggerak dapat dilihat pada Gambar 2.14 berikut.



Gambar 2. 14 Motor penggerak (Dokumen Pribadi)

Spesifikasi motor

Model: 48VT

No load speed: 0-3300/min

Torsi: 330Nm

- *Bearing*

Bearing berfungsi untuk menjadi bantalan *shaft*/poros *bearing* yang digunakan berjenis NKN 6000Z dengan diameter dalam 10mm dan diameter luar 26mm. *Bearing* dapat dilihat pada Gambar 2.15 berikut.



Gambar 2. 15 *Bearing* (Dokumen Pribadi)

- *Kopling fleksibel*

Kopling sebagai komponen penyambung antara *shaft*/poros rotor dengan *shaft* motor, pada alat ini *kopling* yang digunakan adalah *kopling fleksibel* dengan lubang 8mm x 10mm. *Kopling fleksibel* dapat dilihat pada Gambar 2.16 berikut.



Gambar 2. 16 *Kopling* fleksibel (Dokumen Pribadi)

- *Shaft*/poros

Shaft/poros digunakan untuk menyalurkan daya dari satu bagian ke bagian lain, *shaft* yang digunakan berbahan *stainless*. *Shaft*/poros dapat dilihat pada Gambar 2.17 berikut.



Gambar 2. 17 *Shaft*/poros (Sumber : <https://www.Blibli.com>)

- Plat besi

Plat besi digunakan sebagai dudukan paling bawah. Plat besi yang digunakan dengan tebal 2,8mm, panjang 74mm, dan lebar 54mm. Plat besi dapat dilihat pada Gambar 2.18 berikut.



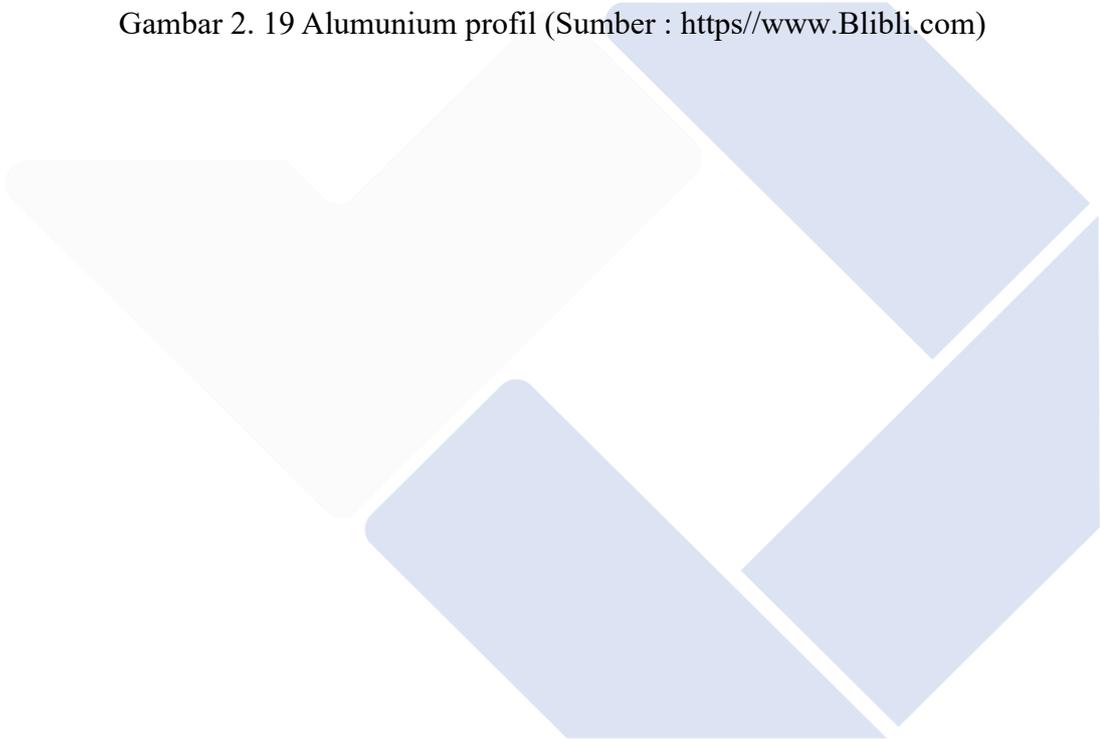
Gambar 2. 18 Plat besi (Dokumen Pribadi)

- Alumunium profil

Alumunium profil berfungsi sebagai landasan base motor penggerak, pada alat ini alumunium profil yang digunakan dengan ukuran 20x80. Alumunium profil dapat dilihat pada Gambar 2.19 berikut.

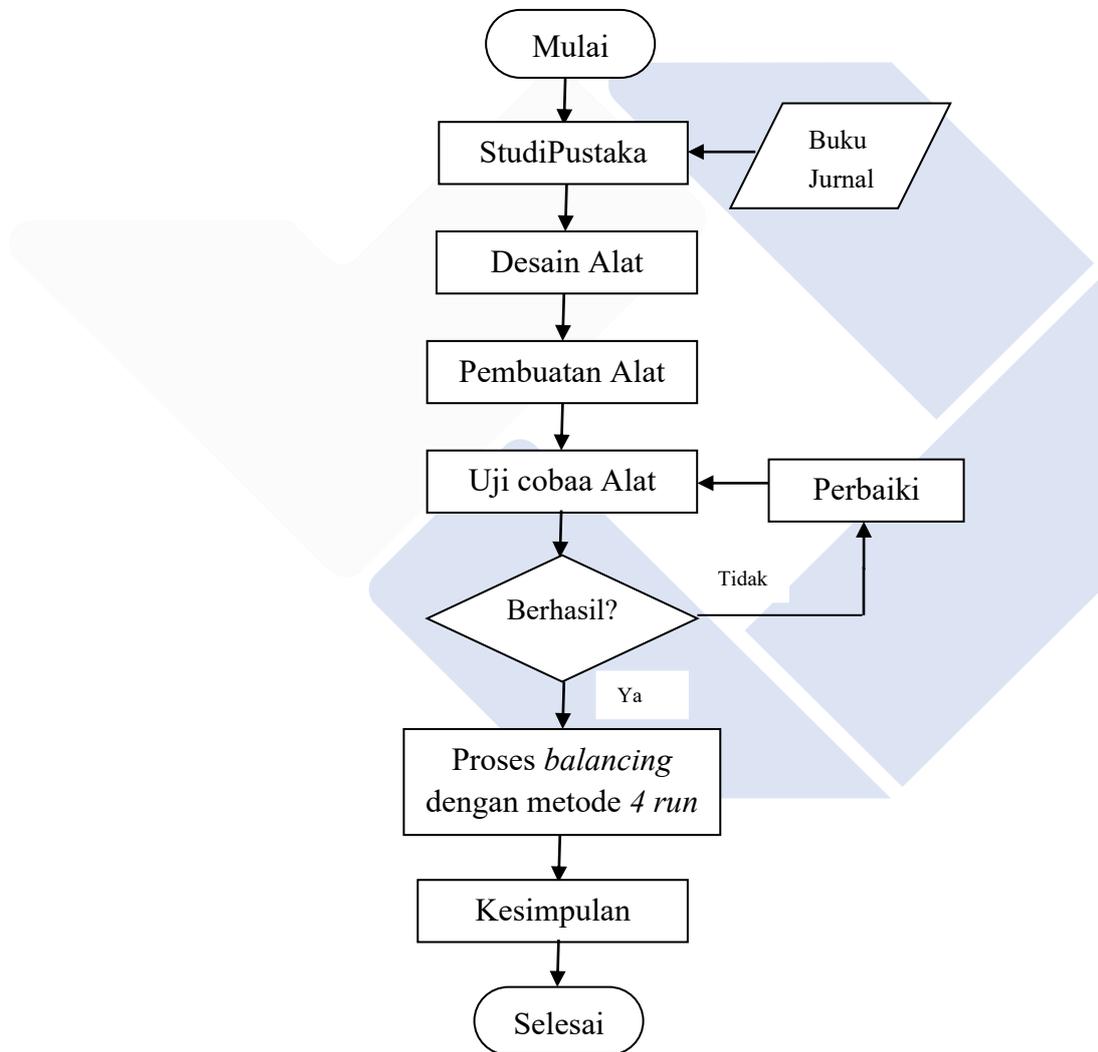


Gambar 2. 19 Alumunium profil (Sumber : <https://www.Blibli.com>)



BAB III METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan pada proyek akhir ini adalah dengan membahas secara detail dan menyeluruh pembuatan alat, dan akan dijelaskan dalam bentuk diagram alir/*flowchart* agar tindakan yang dilakukan lebih terarah dan terkontrol. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian yang digunakan

3.1 Studi Pustaka

Teknik pengumpulan data pada proyek akhir ini merupakan langkah yang sangat penting dalam proses pembuatan proyek akhir ini guna untuk mencapai tujuan dalam proyek akhir ini, buku/jurnal merupakan metode pengumpulan data dengan menggunakan dari sumber yang telah ditulis oleh orang yang melakukan penelitian sebelumnya, data yang diperoleh berupa tulisan untuk dijadikan referensi atau literatur untuk menunjang materi laporan proyek akhir, metode ini digunakan untuk memecahkan suatu masalah.

3.2 Desain Alat

Tahapan ini merupakan langkah mendesain alat media ajar praktik *balancing* yang menggunakan sistem motor penggerak berupa mesin impact, tujuan dari mendesain alat agar dalam melakukan proses pembuatan komponen dan perakitan alat tidak terjadi kesalahan dan sesuai dengan apa yang telah direncanakan.

3.3 Pembuatan Alat

Tahapan selanjutnya adalah proses pembuatan alat dengan permesinan adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

➤ Proses Pabrikasi

Proses pabrikasi adalah proses pekerjaan material seperti plat, dudukan motor penggerak dan lain-lain meliputi penggunaan mesin bending plat, bor tangan, gerinda tangan dan mesin las yang dilakukan dengan bertahap berdasarkan komponen-komponen tertentu agar menjadi suatu bentuk yang diinginkan.

➤ Proses Permesinan

Pada proses permesinan pengerjaan benda kerja melewati tahap pengerjaan dengan mesin frais dalam proses pengerjaan benda kerja rotor dan dudukan *bearing*.

➤ Proses Perakitan

Proses perakitan adalah pemasangan komponen-komponen yang telah dibuat menjadi satu bagian yang siap untuk dioperasikan, atau bisa diartikan penyatuan semua komponen-komponen alat menjadi satu bagian yang dapat difungsikan untuk

menghasilkan alat yang utuh perlu pengecekan pada komponen-komponen yang telah dibuat seperti ukurandan kelayakan komponen.

3.4 Uji coba Alat

Pada tahap ini akan dilakukan uji coba alat yang sudah dibuat sebelumnya untuk mengetahui hasil apakah alat yang dibuat berfungsi dengan baik, hasil uji coba alat bisa dikatakan berhasil jika pengujian mencapai tujuan yang diinginkan, jika hasil uji coba yang dilakukan belum mencapai tujuan atau belum memenuhi hasil yang diinginkan maka alat yang dibuat perlu dilakukan perbaikan agar dapat di uji coba kembali hingga memenuhi hasil data yang diinginkan.

3.5 Proses Balancing menggunakan Metode 4 Run

Proses *balancing* menggunakan metode *4 run* adalah cara yang digunakan untuk menguji dan menyeimbangkan mesin berputar, seperti turbin, pompa, atau alat-alat yang berkaitan dengan *balancing* agar bekerja lebih efisien dan mengurangi getaran yang dapat menyebabkan kerusakan atau penurunan kinerja. Metode ini melibatkan empat tahap atau putaran pengujian, yang dirancang untuk mengidentifikasi dan mengoreksi ketidakseimbangan pada mesin.

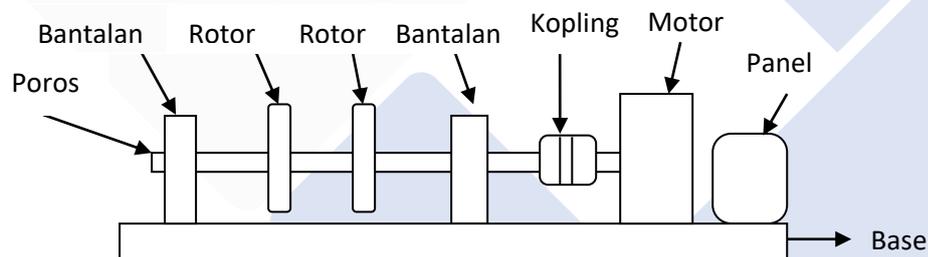
3.6 Kesimpulan

Setelah melakukan uji coba dengan hasil pengujian bisa dibilang berhasil atau telah mencapai tujuannya maka dapat diperoleh kesimpulan alat yang telah dibuat sesuai dengan tuntunan yang diinginkan.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Desain Alat

Langkah dalam mendesain alat media ajar praktik *balancing* terdiri dari beberapa komponen pendukung yang meliputi sistem motor penggerak berupa mesin impact, Penghubung poros/*shaft* kemotor penggerak menggunakan kopling *fleksible*, *bearing* sebagai penahan poros terletak didekat kopling dan diujung poros sehingga poros atau *shaft* dapat berputar dan menggerakkan rotor yang terpasang pada poros. Panel sebagai *system control* terdapat potensiometer sebagai pengatur kecepatan putaran, tuas *on/off* layar yang menunjukkan kecepatan putaran (RPM), dan tombol *emergency*. Hasil desain alat dapat dilihat pada gambar 4.1 Berikut.



Gambar 4. 1 Desain alat media ajar *balancing*

4.2 Proses pembuatan alat

Tahapan selanjutnya adalah proses pembuatan alat meliputi proses prabrikasi dan proses permesinan adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

➤ Proses prabrikasi

Proses pabrikasi adalah suatu proses pekerjaan material seperti plat, motor penggerak dan lain-lain yang dilakukan dengan bertahap berdasarkan komponen-komponen tertentu agar menjadi suatu bentuk yang diinginkan.

a. Base dudukan alat

Jumlah : 1 pc

Bahan : plat besi 2 mm

Ukuran : 70 cm x 54 cm

Mesin yang digunakan dalam pembuatan meja dudukan alat adalah alat bending dan mesin bor tangan.

- Lakukan pengukuran untuk menentukan titik sebelum melakukan pembendingan/pelipatan plat. Gambar plat setelah di bending dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Plat besi yang telah dilipat

- b. Pembuatan dudukan motor penggerak

Jumlah : 1 pc

Bahan : Plate besi 5mm

Ukuran : L 13mm x P 15mm x T 13mm

Alat yang digunakan dalam pembuatan dudukan motor penggerak yaitu mesin gerinda tangan, mesin bor tangan, dan mesin las.

Langkah :

1. Lakukan pengukuran dan garis pada benda kerja sesuai gambar kerja.
2. Siapkan mesin gerinda tangan untuk pemotongan benda kerja.
3. Potong benda kerja sesuai garis yang telah dibuat.
4. Lakukan pengelasan untuk membuat rangka sesuai desain.
5. Rapikan hasil las dan pemotongan yang masih kasar.

Dudukan motor penggerak yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 3 Dudukan motor penggerak

➤ Proses Permesinan

Pada proses permesinan pengerjaan benda kerja melewati tahap pengerjaan dengan mesin frais dalam proses pengerjaan, benda kerja rotor, dan dudukan bearing dilakukan pengeboran dan *tapping*.

➤ Rotor

Jumlah : 1 pc

Bahan : Alumunium

Ukuran : \varnothing 150mm

Mesin yang digunakan adalah mesin frais dalam melakukan pengeboran pada rotor.

Langkah :

1. Tempelkan ukuran yang telah dibuat pada rotor.
2. Siapkan alat yang akan digunakan sebelum menggunakan mesin frais.
3. Lakukan penyetingan titik pengeboran pada rotor yang telah dipasang di chuck
4. Pengeboran dilakukan sesuai titik yang telah dibuat.

Hasil rotor dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4. 4 Rotor

➤ Dudukan *bearing*

Jumlah : 2 pcs

Bahan : Plat alumunium

Ukuran : P 13mm x L 9 mm

Mesin yang digunakan adalah mesin frais untuk melakukan pengeboran pada plat alumunium

Langkah :

1. *Marking out* plat tentukan titik tengah untuk poros.
2. Lakukan pengeboran poros dengan diameter 10mm
3. Pembuatan rumah *bearing* dengan diameter 26 mm menggunakan endmill diameter 26 setelah proses pengeboran.



Gambar 4. 5 Dudukan *Bearing*

➤ Proses Perakitan

Proses perakitan adalah pemasangan komponen-komponen yang telah dibuat menjadi satu bagian yang siap untuk dioperasikan untuk menghasilkan alat yang utuh perlu pengecekan pada komponen-komponen yang telah dibuat seperti ukuran dan kualitas.

Hal-hal yang diperlukan pada saat perakitan alat adalah sebagai berikut:

1. Semua komponen-komponen harus selesai dikerjakan.
2. Mengetahui cara perakitan alat.
3. Tersedia alat bantu untuk perakitan yang memadai.

Langkah-langkah perakitan:

1. Pemasangan alumunium profil ke plat besi.

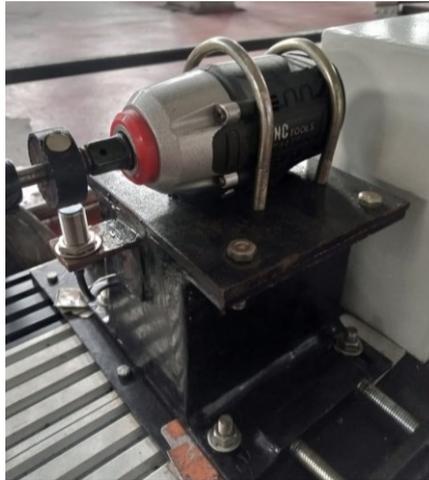
Media pengikat yang digunakan untuk menyatukan alumunium profil ke plat besi menggunakan mur dan baut. Dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4. 6 Pemasangan Alumunium profil

2. Pemasangan base motor penggerak di atas alumunium profile.

Media pengikat yang digunakan untuk menyatukan base motor penggerak berupa baut dan mur. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.7 Berikut.



Gambar 4. 7 Base motor penggerak

3. Pemasangan rotor ke *shaft*/poros

Media pengunci rotor pada poros berupa baut agar rotor dapat berputar bersama dengan poros/*shaft*. Hasil dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut.



Gambar 4. 8 Pemasangan rotor

4. Pemasangan *shaft*/poros ke dudukan *bearing*.

Pemasangan *bearing* harus diikat dengan baut agar *bearing* tidak bergerak atau bergeser didudukan *bearing*, Hasil pemasangan dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4. 9 Pemasangan *shaft*/poros pada *bearing*

5. Pemasangan kopling penghubung motor penggerak ke *shaft*/poros rotor.

Kopling yang digunakan berupa kopling *fleksibel* sehingga dapat membantu mengurangi getaran yang dihasilkan oleh motor. Hasil pemasangan dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4. 10 Pemasangan kopling *fleksible*

6. Kemudian pemasangan panel kontrol motor penggerak.

Panel control terdiri dari beberapa komponen pengatur yaitu tombol *emergency*, layar penunjuk kecepatan (RPM), tuas *on/off*, dan potensiometer pengatur kecepatan motor penggerak. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4. 11 Panel control

Hasil *assembly* secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.12 berikut.



Gambar 4. 12 Media ajar praktik *balancing*

4.3 Uji coba Alat

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat media ajar praktik *balancing* yang telah dibuat dilakukan pengoperasian (*Run*) pada alat untuk dilakukan pengujian. Hasil dari pengujian alat dapat beroperasi sesuai dengan yang diinginkan, Seperti motor penggerak dapat beroperasi, sensor rpm hidup, layar penunjuk kecepatan menyala, dan sistem kelistrikan berfungsi.

4.4 Proses *Balancing* Menggunakan Metode *4 run*

Proses *balancing* menggunakan metode *4 run* adalah cara yang digunakan untuk menguji dan menyeimbangkan mesin berputar, seperti turbin, pompa, atau alat-alat yang berkaitan dengan *balancing* agar bekerja lebih efisien dan mengurangi getaran yang dapat menyebabkan kerusakan atau penurunan kinerja. Metode ini

melibatkan empat tahap atau putaran pengujian yang dirancang untuk mengidentifikasi dan mengoreksi ketidakseimbangan pada mesin, berikut adalah tahapan proses *balancing* menggunakan metode *4 run* adalah sebagai berikut:

1. Mengukur getaran awal
2. Menghitung berat rotor
3. Menghitung *trial weight*
4. Mengukur data getaran pada sudut 0°, 120°, 240°
5. Menggambar lingkaran
6. Menghitung berat *correction weight*
7. Mengaplikasikan berat *correction weight* pada rotor
8. Mengukur getaran akhir

4.4.1 Mengukur Getaran Awal

Dalam proses mengukur data getaran awal yang dilakukan tanpa adanya beban pada rotor untuk mengetahui data getaran, yang kemudian akan dilakukan perbandingan dengan data hasil getaran akhir setelah dilakukan proses *balancing*. Data hasil getaran dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Data hasil getaran awal

Pengujian getaran awal tanpa beban	Hasil
Pengujian 1	5,86 mm/s rms
Pengujian 2	3,59 mm/s rms
Pengujian 3	3,87 mm/s rms
Rata-rata	4,44 mm/s rms

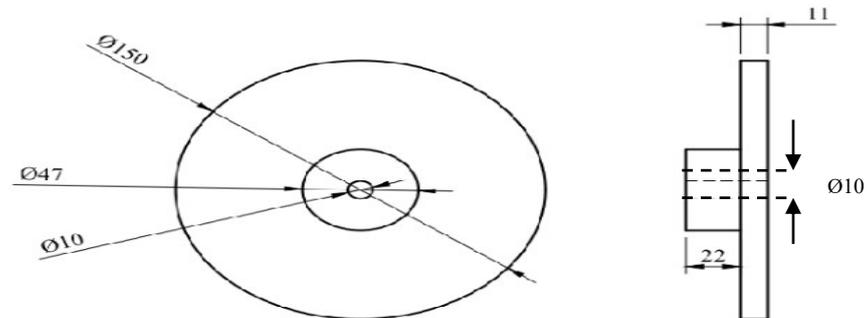
4.4.2 Menghitung Berat Rotor

Setelah melakukan proses pengukuran getaran awal langkah selanjutnya menghitung berat rotor. Berat rotor adalah berat dari *disc* yang harus diketahui melalui perhitungan rumus agar mendapatkan berat dari rotor untuk data dari perhitungan selanjutnya, dan dilakukan perbandingan dari hasil timbangan. Untuk menghitung berat rotor menggunakan persamaan (2.1):

$$\text{Berat/massa} = \text{Volume rotor} \times \text{masa jenis}$$

$$\text{Volume rotor} = \frac{22}{7} \times R^2 \times t$$

Data volume rotor adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 13 Rancangan Rotor

Diketahui.

V1 = Tebal 11mm Diameter 150mm

V2 = Tebal 22mm Diameter 47mm

V3 = Tebal 33mm Diameter 10 mm

Jawab:

$$\begin{aligned} V1 &= 3,14 \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 1,1 \\ &= 194,287 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V2 &= 3,14 \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 23,5^2 \times 2,2 \\ &= 38,149 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V3 &= 3,14 \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 0,5^2 \times 3,3 \end{aligned}$$

Total Volume Rotor

$$\begin{aligned} V &= V1 + V2 - V3 \\ V &= 194,287 + 38,149 - 2,590 \\ V &= 230,436 - 2,590 \\ V &= 227,846 \end{aligned}$$

$$= 2,590 \text{ cm}^3$$

Hasil perhitungan berat rotor sebagai berikut:

Jawab:

$$\text{Berat} = \text{Volume} \times \text{Massa jenis}$$

$$\text{Berat} = 227,846 \times 2700$$

$$\text{Berat} = 615,184 \text{ gram}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil berat dari rotor secara teoritis seberat 615,184 gram, secara timbangan berat dari rotor didapatkan seberat 618 gram.

4.4.3 Menghitung *Trial Weight*

Setelah melakukan perhitungan berat rotor maka langkah berikutnya adalah menghitung berat *trial weight*. *Trial weight* adalah berat coba-coba yang perlu dilakukan perhitungan untuk dapat mengetahui berapa berat yang akan dipasangkan pada rotor. Untuk menghitung *trial weight* menggunakan persamaan (2.2):

Hasil perhitungan *trial weight* adalah sebagai berikut

Diketahui:

$$F = 615,184 \times 10\% = 61,5$$

$$R = 60 \text{ mm}$$

$$\text{RPM} = 1000$$

Jawab:

$$F = 0,01 \times R \times M \times (\text{RPM})^2$$

$$F = 0,01 \times 60 \times M \times 1000^2$$

$$F = 0,01 \times 60 \times M \times (1)^2$$

$$F = 0,6 \times M \times (1)^2$$

$$M = \frac{61,5}{0,01 \times 60 \times (1)^2} = 10 \text{ gram}$$

Jadi berat *trial weight* yang didapatkan dari hasil perhitungan diatas seberat 10 gram dengan kecepatan putaran (RPM) yang digunakan 1000 rpm. Jika rpm yang digunakan berbeda maka hasil perhitungan berat dari *trial weight* juga akan berbeda.

4.4.4 Mengukur data getaran *Trial Weight*

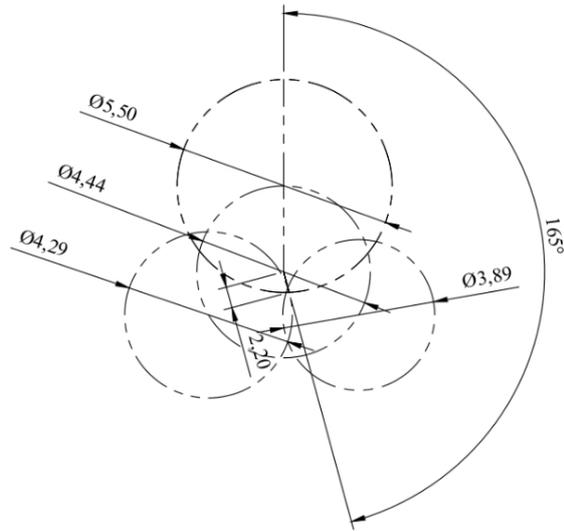
Setelah berat dari *trial weight* didapatkan, langkah selanjutnya mengukur data getaran. Dalam proses mengukur data getaran *trial weight* dilakukan pemasangan beban yang telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya pada sudut yang telah ditentukan yaitu pada sudut 0° , 120° , dan 240° untuk mendapatkan hasil data getaran tidak setimbang (*unbalance*). Data hasil getaran dapat dilihat pada Table 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Data hasil getaran *Trial Weight*

Posisi penempatan	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Rata-rata
0°	5,10 mm/s rms	5,98 mm/s rms	5,43 mm/s rms	5,50 mm/s rms
120°	3,83 mm/s rms	3,64 mm/s rms	3,20 mm/s rms	3,55 mm/s rms
240°	4,42 mm/s rms	4,39 mm/s rms	4,06 mm/s rms	4,29 mm/s rms

4.4.5 Menggambar Lingkaran

Setelah data getaran *unbalance* didapatkan, langkah selanjutnya menggambar lingkaran yang digunakan dalam menentukan sudut untuk menempatkan *correction weight*, menggambar lingkaran menggunakan data dari pengujian getaran *trial weight* yang diperoleh sebelumnya. Gambar lingkaran dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Menggambar lingkaran

Setelah melakukan langkah menggambar lingkaran didapatkan hasil data resultan vektor sebesar 2,20 mm dan sudut penempatan *correction weight* berada disudut 165°.

4.4.6 Menghitung berat *correction weight*

Setelah menggambar lingkaran untuk mendapatkan hasil resultan vektor dan sudut penempatan *correction weight* selanjutnya adalah menghitung berapa berat *correction weight* yang akan diaplikasikan pada rotor. Berikut adalah hasil dari perhitungan berat *correction weight*. Untuk menghitung *correction weight* menggunakan persamaan (2.3):

Diketahui :

TW : 10 Gram

V1 : 4,44

RV : 2,20

Hasil perhitungan berat *correction weight* adalah sebagai berikut.

Jawab :

$$CW = 10 \text{ gram} \times \frac{4,22}{2,20}$$

$$CW = 10 \times 2,018$$

$$CW = 20 \text{ gram}$$

Hasil berat *correction weight* yang didapatkan setelah dilakukan perhitungan seberat 20 gram yang akan dipasangkan disudut 165°, berikut Data hasil pengukuran getaran akhir setelah ditambahkan berat *correction weight* disudut 165° seberat 20 gram, dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Data hasil getaran akhir setelah penambahan berat *correction weight*

Pengujian <i>correction weight</i>	Hasil
pengujian 1	1,59 mm/s rms
pengujian 2	2,48 mm/s rms
pengujian 3	1,85 mm/s rms
rata-rata	1,97 mm/s rms

Jadi hasil dari pengukuran getaran akhir setelah ditambahkan berat *correction weight* sebesar 20 gram disudut 165°, didapatkan hasil data getaran akhir sebesar 1,97 mm/s rms.

4.5 Analisis Akhir

Hasil data analisis akhir didapatkan, pada pengujian data getaran awal tanpa beban didapatkan hasil pengukuran sebesar 4,44 mm/s rms peletakkan masa *unbalance* atau *trial weight* sesuai hitungan dengan berat 10 gram pada rotor di sudut 0° didapatkan data getaran sebesar 5,50 mm/s rms, lalu lepas beban (*trial weight*) dan letakkan pada rotor di sudut 120°, didapatkan data getaran sebesar 3,89 mm/s rms, pada sudut 240°, didapatkan data getaran sebesar 4,29 mm/s rms. Kemudian tempatkan *correction weight* sebesar 20 gram pada sudut 165° dan ukur getaran akhir. Hasil pengukuran *correction weight* pada sudut 165° sebesar 1,97 mm/s rms. Setelah dilakukan proses *balancing* dengan metode *4 run* dinyatakan berhasil sesuai yang diinginkan karena data getaran akhir yang didapatkan lebih kecil dari data getaran awal sebelum dilakukan proses *balancing* dengan metode *4 run*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pembuatan media ajar praktik *balancing* terdiri dari beberapa komponen pendukung seperti:
 - Motor penggerak menggunakan Impact DC kecepatan putaran maksimal 3300 (RPM).
 - Kopling *fleksible* $\varnothing 8\text{mm} \times 10\text{mm}$.
 - *Shaft*/poros $\varnothing 10\text{mm}$
 - *Bearing* jenis NKN 6000Z.
 - Rotor $\varnothing 150\text{mm}$.
 - Alumunium profil ukuran 20x80mm.
2. Metode 4 *run* yang digunakan dalam proses *balancing* menunjukkan hasil yang efektif dalam mengidentifikasi dan mengkoreksi ketidakseimbangan pada mesin yang berputar proses ini melibatkan empat tahap pengujian yang membantu dalam mengurangi getaran mesin, data akhir getaran yang didapatkan pada mesin dapat turun signifikan. Secara keseluruhan proses *balancing* yang dilakukan telah mencapai hasil yang diinginkan dengan menurunkan tingkat getaran mesin dari 4,44 mm/s rms menjadi 1,97 mm/s rms.

5.2 Saran

Pada alat yang dibuat tentunya masih banyak memiliki kekurangan, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk kedepannya, maka dari itu kami menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut pada alat uji *balancing* ini, terutama pada kontruksi mesin agar dapat berfungsi dengan baik.

2. Perlu dilakukan perawatan rutin agar alat dapat berfungsi dengan baik, terutama pada motor penggerak dan instalasi listrik.



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, D.I. (2004). *Balancing of Rotating Equipments* Bandung: Laboratorium Dinamika - PPAU Ilmu Rekayasa Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Al Abbood, M. T. S. (2019). A new mathematical analysis of two-plane balancing for long rotors without phase data. *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences*, 26(1), 44-48.
- Eitelbach, H., & Eitelbach, F. (2005). Vibration analysis for structural health monitoring.
- Hidajat, R. L. L. G., & Susilo, D. D. (2009). Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Terhadap Efektifitas Metode Two-Plane Balancing Untuk Sistem Poros Piringan Overhung. *Mekanika*, 7(2).
- ISO, D. (1996). 10816-2. Mechanical vibration—Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts.
- ISO, D. (2003). Mechanical vibration—Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state—Part 1: Specification and verification of balance tolerances. *ISO 1940-1: 2003*.
- Muhammad firmansyah, (2022), “Rancang Bangun Alat Uji *Balancing* Dinamis dan Pengujian Dengan Masa *Unbalance* 12 Gram Pada Putaran Maksimal 1485 RPM”
- Muhammad Riva’i, & Nanda Pranandita. (2018). Analisa Kerusakan Bantalan Bola (Ball Bearing) Berdasarkan Signal Getaran. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 10(02), 41-46.
- Murni, Murni., & Alfarishy, B. Eksperimental Penyeimbangan Dinamis Menggunakan Metode 4 Massa Coba Terhadap Kondisi Unbalance Dinamis Akibat Massa Tak Seimbang. *ROTASI*, 24(3), 36-42.
- Samsul Bahari., & Yarimasio Meiko. (2019). Media Pembelajaran *Predictive Maintenance “Two Plane Balancing”* Pada Laboratorium Perawatan dan Perbaikan Mesin (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
- Swandono, I.K. (2019). *Karakteristik Getaran Pada 3 Piringan Akibat perubahan Putaran Poros*. Medan.
- Sularso, I. (1978), *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tudorache, A., & Fuiorea, I. (2015). Considerations Regarding the Dynamic Balancing of Complex Rotors. *Review of the Air Force Academy*, 13(3), 30.

Yudha Imron Fahreza., & Murni Murni. Perancangan Mesin Balancing Dinamis pada Putaran Maksimal 1485 RPM dengan Metode 4 Massa Coba. *ROTASI*, 24(4), 1-7.



LAMPIRAN



LAMPIRAN 1

(DAFTAR RIWAYAT HIDUP)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama lengkap : BagusPradana
Tempat&tanggallahir : Sungailiat, 16 januari 2004
Alamat rumah : Jl. PangkalLayang, Dusun Tutut
Hp : 083188373967
Email : Baguspradana100@gmail.com
Jeniskelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SDN 6 Tutut	2009 - 2015
SMPN 3Sungailiat	2015 – 2018
MAN 1 Bangka	2018 - 2021
PoliteknikManufaktur Negeri Bangka Belitung	2021 - Sekarang

3. Pendidikan Non-Formal

Sungailiat, Juli 2024

Bagus Pradana

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama lengkap : Ceki Hendrian
Tempat&tanggallahir : Brebes, 01 Juli 2003
Alamat rumah : Jl.Akasia, Nibung Kec.Koba
Hp : 087812087635
Email : CekiHendrian69@gmail.com
Jeniskelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

MI-AI Muhajirin Koba	2009 - 2015
SMPN 2 Tanjung Brebes	2015 – 2018
MA-AI Muhajirin Koba	2018 - 2021
PoliteknikManufaktur Negeri Bangka Belitung	2021 - Sekarang

3. Pendidikan Non-Formal

Sungailiat, Juli 2024

Ceki Hendrian



LAMPIRAN 2
(TABEL HASIL PENGUJIAN)

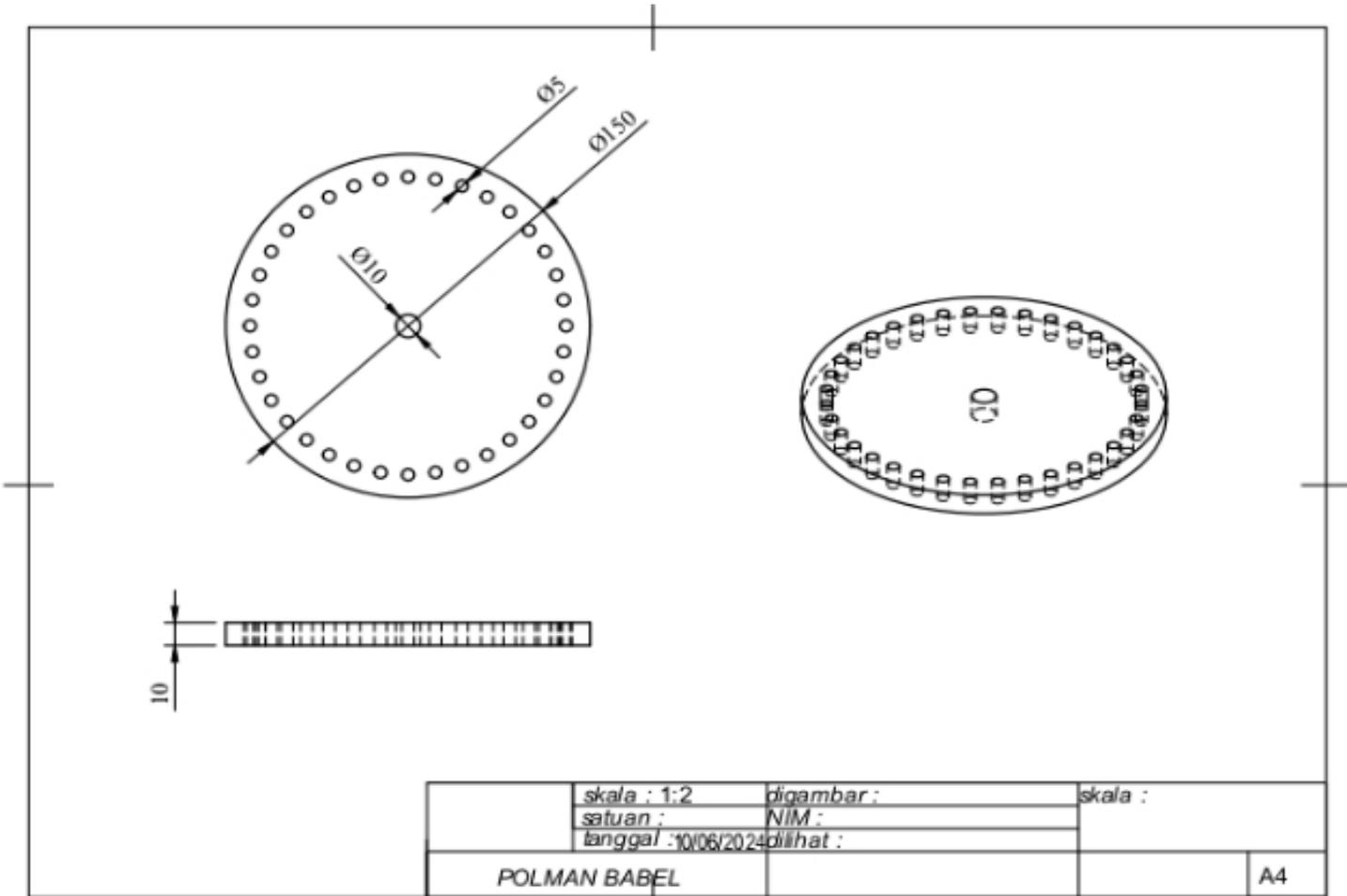
Tabel Hasil Pengujian

posisi penempatan	pengujian 1	pengujian 2	pengujian 3	rata-rata
initial	5,86 mm/s rms	3,59 mm/s rms	3,87 mm/s rms	4,44 mm/s rms
0°	5,10 mm/s rms	5,98 mm/s rms	5,43 mm/s rms	5,50 mm/s rms
120°	3,83 mm/s rms	2,64 mm/s rms	5,20 mm/s rms	3,89 mm/s rms
240°	4,42 mm/s rms	4,39 mm/s rms	4,06 mm/s rms	4,29 mm/s rms
correction weight 165°	1,59 mm/s rms	2,48 mm/s rms	1,85 mm/s rms	1,97 mm/s rms





LAMPIRAN 3
(GAMBAR KERJA)



	skala : 1:2	digambar :	skala :
	satuan :	NIM :	
	tanggal : 10/06/2024	dilihat :	
POLMAN BABEL			A4



LAMPIRAN 4
(GAMBAR ALAT UJI)

Gambar alat uji

