

**ANALISA KARAKTERISTIK GETARAN *BEARING AKSI-
RADIAL* PADA SISTEM POROS ROTOR**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Fadhlurrahman Sahar
No. Mahasiswa : 20525055
NIRM : 200221001

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari karya tulis yang dibuat oleh orang lain. Semua referensi dan kutipan yang saya tulis pada karya tulis ini saya cantumkan sitasi dan sumber pustakanya. Apabila dikemudian hari saya dianggap melakukan pelanggaran hak kekayaan intelektual dan yang saya tulis pada karya ilmiah ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi dan hukuman yang berlaku.

Yogyakarta, 04 Juni 2025



Fadhlurrahman Sahar

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**ANALISA KARAKTERISTIK GETARAN *BEARING AKSIAL*
RADIAL PADA SISTEM POROS ROTOR**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Fadhlurrahman Sahar

No. Mahasiswa : 20525055

NIRM : 200221001

Yogyakarta, 14 Mei 2025

Pembimbing I



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

ANALISIS KARAKTERISTIK GETARAN BEARING AKSIAL RADIAL PADA SISTEM POROS ROTOR

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Fadhlurrahman Sahar

No. Mahasiswa : 20525055

NIRM : 200221001

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng

Ketua



Tanggal :

Purtojo, S.T., M.Sc

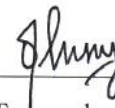
Anggota I



Tanggal : 04 06 2025

Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng

Anggota II



Tanggal : 27 Mei 2025 .

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penelitian Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada keluarga saya terutama Ibu dan Bapak saya. Semua teman-teman saya yang selalu ada untuk membantu dan mendukung saya selama menjalani kuliah dan menyelesaikan Tugas Akhir ini. Skripsi ini juga tidak mungkin terselesaikan tanpa bimbingan dari pembimbing saya, Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

HALAMAN MOTTO

“Kalau mau menunggu sampai siap, kita akan menghabiskan sisa hidup kita
hanya untuk menunggu”

(Lemony Snicket)

“Kegagalan hanya terjadi jika kita menyerah.”

(BJ Habbie)

“Pengetahuan tanpa tindakan adalah pemborosan dan tindakan tanpa pengetahuan
adalah kebodohan.”

(Al-Ghazali)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sholawat serta salam senantiasa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman sehingga penulis dapat menyelesaikan semua tahapan laporan Tugas Akhir dengan judul "Analisa Karakteristik Getaran Bearing Aksi-Radial Pada Sistem Poros Rotor".

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada program Studi Teknik Mesin Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini penulis ingin mengucapkan terimakasih atas bimbingan, bantuan, dukungan, dan kesempatan dari berbagai pihak, sehingga dapat memperlancar dan membantu pembuatan laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Ali Akbar dan Imas Purnama Ningsih yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang dan doa tiada henti. Sehingga penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang tidak hanya meluangkan waktu dan tenaga, tetapi juga memberikan bimbingan berharga dalam setiap tahap pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Prodi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
4. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Teman-teman dan mahasiswa angkatan 2020 yang telah membantu dan memberikan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. M.Rizalul Akmal selaku partner saya dalam mengerjakan dan menyusun Tugas Akhir ini.
7. Semua orang yang membantu dalam penulisan karya ini hingga akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan pembaca memberikan kritik dan saran untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 11 Maret 2024



Fadhlurrahman Sahar

ABSTRAK

Kerusakan pada *bearing* dalam sistem mesin dapat menghambat proses produksi, menyebabkan kerugian finansial dan waktu. Kerusakan ini umumnya berupa cacat lokal seperti goresan pada lintasan dalam, lintasan luar, atau bola, serta cacat terdistribusi yang disebabkan oleh *misalignment*, ketidak bulatan, atau ketidak seragaman dimensi bola. Kerusakan *bearing* sering kali memicu getaran berlebih yang menimbulkan *noise* yang tidak diinginkan, terutama pada arah radial akibat cacat pada *inner* dan *outer race*. Penelitian menunjukkan bahwa sinyal getaran bearing sehat bersifat harmonis, sedangkan *bearing* rusak menghasilkan sinyal stokastik. Identifikasi kerusakan dilakukan dengan menyinkronkan frekuensi getaran menggunakan data parameter *bearing*, seperti diameter cincin dan jumlah bola. Hasil analisis menunjukkan bahwa karakteristik getaran *bearing* tergantung pada kondisinya. *Bearing* normal memiliki getaran stabil dengan amplitudo rendah, sementara *bearing* rusak menunjukkan peningkatan amplitudo, terutama pada frekuensi tertentu seperti 74 Hz (*Ball Spin Frequency*), 150 Hz (*Ball Pass Frequency Outer*), dan 205 Hz (*Ball Pass Frequency Inner*). Faktor lain yang memengaruhi getaran meliputi kondisi pelumasan, *misalignment*, dan *unbalance*. Kesimpulan ini menegaskan pentingnya pemantauan sinyal getaran untuk mengantisipasi kerusakan *bearing*, sehingga kerugian pada mesin industri dapat diminimalkan secara efektif dan efisien.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi	xvi
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Getaran	5
2.3 Analisis Getaran	6
2.4 Pengukuran Getaran	7
2.4.1 <i>Accelerometer Transducer</i>	7
2.4.2 <i>Velocity Transducer</i>	8
2.4.3 <i>Displacement Transducer</i>	9
2.5 Parameter Getaran	9
2.5.1 Frekuensi	9
2.5.2 <i>Displacement</i>	10
2.5.3 <i>Velocity</i>	10

2.5.4	<i>Acceleration</i>	11
2.5.5	<i>Amplitudo</i>	11
2.6	Penyebab Getaran	13
2.6.1	<i>Unbalance</i>	13
2.6.2	<i>Missalignment</i>	14
2.6.3	Kerusakan <i>Bearing</i>	15
2.6.4	<i>Looseness</i>	16
2.7	Motor Listrik	17
2.7.1	Motor DC.....	18
2.7.2	Motor AC.....	19
2.8	<i>Bearing</i>	19
2.9	Klasifikasi <i>Bearing</i>	20
2.10	<i>Geometric Dimentional & Tolerance (GD&T)</i>	21
2.10.1	<i>Circularity</i>	22
2.10.2	<i>Straightness</i>	22
2.10.3	<i>Pararelism</i>	23
Bab 3	Metode Penelitian	24
3.1	Alur Penelitian.....	24
3.2	Peralatan dan Bahan	25
3.3	Perancangan Benda Uji	27
3.4	Proses Manufaktur Benda Uji.....	28
3.4.1	Pengelasan	28
3.4.2	Pengeboran	29
3.4.3	Pembubutan	29
3.5	Pengukuran GD&T.....	30
3.5.1	<i>Circularity</i>	30
3.5.2	<i>Straightness</i>	30
3.5.3	<i>Pararelism</i>	31
3.6	Proses <i>Allignment</i>	32
3.7	Prosedur Pengujian <i>Bearing</i>	34
3.8	Menghitung Frekuensi <i>Bearing</i>	34
3.8.1	Menghitung <i>Ball Pass Frequency Inner (BPFI)</i>	35

3.8.2	Menghitung <i>Ball Pass Frequency Outer</i> (BPFO)	35
3.8.3	Menghitung <i>Ball Spin Frequency</i> (BSF).....	36
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	37
4.1	Hasil Perancangan	37
4.2	Hasil Pengukuran GD&T	37
4.2.1	<i>Circularity</i>	37
4.2.2	<i>Straightness</i>	38
4.2.3	<i>Pararellism</i>	39
4.3	Hasil Pengujian.....	40
4.3.1	Spektrum Getaran <i>Bearing</i> – Spesimen 1	41
4.3.2	Spektrum Getaran <i>Bearing</i> – Spesimen 2	42
4.3.3	Spektrum Getaran <i>Bearing</i> – Spesimen 3	43
4.4	Analisa dan Pembahasan	45
Bab 5	Penutup.....	48
5.1	Kesimpulan.....	48
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	48
Daftar Pustaka	49
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Kriteria desain benda uji.....	25
Tabel 3. 2 Bahan-bahan	25
Tabel 3. 3 Alat-alat	26
Tabel 4. 1 Hasil pengukuran <i>circularity</i>	37
Tabel 4. 2 Hasil pengukuran <i>Straightness</i>	38
Tabel 4. 3 Hasil pengukuran <i>pararellism</i>	39
Tabel 4. 4 Data <i>bearing radial</i>	46
Tabel 4. 5 Data <i>bearing aksial</i>	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Getaran Murni.....	6
Gambar 2. 2 Proses analisis getaran	7
Gambar 2. 3 <i>Accelerometer transducer</i>	8
Gambar 2. 4 <i>Velocity transducer</i>	8
Gambar 2. 5 <i>Displacement transducer</i>	9
Gambar 2. 6 Frekuensi	10
Gambar 2. 7 <i>Displacement</i>	10
Gambar 2. 8 <i>Velocity</i>	10
Gambar 2. 9 <i>Acceleration</i>	11
Gambar 2. 10 Karakteristik Getaran.....	11
Gambar 2. 11 Standar ISO 10816-3	12
Gambar 2. 12 Penyebab getaran	13
Gambar 2. 13 Spektrum getaran <i>unbalance</i>	14
Gambar 2. 14 Spektrum getaran <i>missalignment</i>	14
Gambar 2. 15 Spektrum getaran BPFO	15
Gambar 2. 16 Spektrum getaran BPF1	16
Gambar 2. 17 Spektrum Getaran BSF	16
Gambar 2. 18 Spektrum getaran <i>loosenes</i>	17
Gambar 2. 19 Motor Induksi	17
Gambar 2. 20 Motor DC.....	18
Gambar 2. 21 Motor AC.....	19
Gambar 2. 22 Komponen <i>Bearing</i>	20
Gambar 2. 23 <i>Circularity</i>	22
Gambar 2. 24 <i>Straightness</i>	22
Gambar 2. 25 <i>Pararellism</i>	23
Gambar 3. 1 Model 3D Rangkaian Benda Uji.....	25
Gambar 3. 2 Desain alat alat uji	28
Gambar 3. 3 Proses pengelasan	28
Gambar 3. 4 Proses pengeboran	29
Gambar 3. 5 Proses pembubutan	29

Gambar 3. 6 Pemasangan <i>dial indicator</i> pada <i>disk</i>	30
Gambar 3. 7 Pemasangan <i>dial indicator</i> pada <i>shaft</i>	31
Gambar 3. 8 Pemasangan <i>dial indicator</i> pada <i>disk</i>	31
Gambar 3. 9 Pemasangan sensor SKF TKSA-51	32
Gambar 3. 10 Hasil Pengukuran jarak antara motor dan sensor	32
Gambar 3. 11 Pengaturan ketinggian dan kemiringan kedua sensor.....	32
Gambar 3. 12 Hasil Pengukuran.....	33
Gambar 3. 13 Hasil <i>alignment</i>	33
Gambar 3. 14 <i>Datasheet bearing</i>	35
Gambar 4. 1 Hasil Perancangan alat uji	37
Gambar 4. 2 Arah <i>radial</i>	40
Gambar 4. 3 Arah <i>aksial</i>	40
Gambar 4. 4 Spektrum getaran <i>bearing</i> – spesimen 1 arah <i>radial</i>	41
Gambar 4. 5 Spektrum getaran <i>bearing</i> – spesimen 1 arah <i>aksial</i>	41
Gambar 4. 6 Spektrum getaran <i>bearing</i> – spesimen 2 arah <i>radial</i>	42
Gambar 4. 7 Spektrum getaran <i>bearing</i> – spesimen 2 arah <i>aksial</i>	43
Gambar 4. 8 Spektrum getaran <i>bearing</i> – Spesimen 3 arah <i>radial</i>	44
Gambar 4. 9 Spektrum getaran <i>bearing</i> – spesimen 3 arah <i>aksial</i>	44
Gambar 4. 10 Spektrum getaran bearing arah <i>radial</i>	45
Gambar 4. 11 Spektrum getaran bearing arah <i>aksial</i>	46

DAFTAR NOTASI

RPM = *Revolutions Per Minute*

Hz = *Hertz*

RMS = *Root Mean Square*

V = *Volt*

BPFO = *Bearing Pass Frequency Outer*

BPFI = *Bearing Pass Frequency Inner*

BSF = *Bearing Spin Frequency*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi di sektor industri berdampak signifikan pada aktivitas produksi dalam industri tersebut. Untuk mendapatkan produk berkualitas tinggi, diperlukan penggunaan teknologi canggih, sehingga perawatan peralatan menjadi penting. Salah satu perawatan yang digunakan dalam industri ini adalah mendeteksi kerusakan peralatan, yang memungkinkan pemantauan kondisinya secara efektif. Biasanya, analisis frekuensi getaran dilakukan pada mesin yang berputar selama aktivitas perawatan untuk mengidentifikasi sifat kerusakan.

Bearing umumnya terdapat pada semua mesin yang berputar, yang memiliki peran penting untuk mengurangi kerugian rotasi yang diakibatkan oleh gesekan antara komponen yang bergerak dan bagian yang diam. Terlepas dari apakah peralatan tersebut menggunakan motor listrik atau mesin pembakaran, bearing tetap menjadi komponen yang sangat diperlukan. Selain keausan akibat usia, bearing sangat rentan terhadap kerusakan, yang juga dapat disebabkan oleh getaran yang berasal dari motor penggerak.

Rusaknya suatu *bearing* pada suatu sistem akan mengakibatkan terhambatnya suatu proses produksi, sehingga mengakibatkan kerugian uang dan waktu pada perusahaan. Kondisi tersebut harus diantisipasi sebelumnya. Kerusakan pada ball bearing meliputi kerusakan lokal yaitu adanya goresan ataupun lubang pada lintasan dalam, lintasan luar dan bola. Kerusakan terdistribusi, maka gaya kontakannya akan berubah secara periodik terjadinya kerusakan ini akibat ketidak bulatan lintasan luar dan lintasan dalam, ketidak samaan sumbu (*misalignment*) antara sumbu lintasan luar dan lintasan dalam, serta ketidak samaan dimensi bola.

Getaran adalah pergerakan suatu benda disekitar titik tertentu, gerakan massa yang diberikan gaya (*forced vibration*) tanpa *friction*/gesekan. Getaran mesin adalah gerakan suatu bagian mesin maju dan mundur dari keadaan diam.

Getaran yang ditimbulkan pada suatu mesin dapat menggambarkan kondisi gerakan-gerakan yang tidak diinginkan pada komponen-komponen mesin.

Problem kerusakan mesin akan menimbulkan getaran dan getaran ini akan menimbulkan noise yang sangat mengganggu kenyamanan. *Noise* ini sangat tidak diinginkan, dan sebaiknya diminimalisir sebisa mungkin. *Noise* ini bisa disebabkan akibat kerusakan pada inner, outer race ball bearing dan unbalance. Cacat atau kegagalan pada inner race dan outer race ball bearing akan menghasilkan getaran pada arah radial.

Getaran berlebih dapat menyebabkan kerusakan pada mesin-mesin di industri. Salah satu komponen mesin yang sering mengalami getaran lebih adalah bantalan. Kerusakan yang tidak terpantau pada bantalan sangat membahayakan mesin karena dapat mengakibatkan mesin berhenti beroperasi.

Penelitian ini mengungkap bahwa sinyal getaran yang dihasilkan oleh bantalan yang sehat cenderung harmonis (sinusoidal), sedangkan sinyal getaran dari bantalan yang rusak tampak stokastik (acak). (Romdhoni, Mardiansyah , & Kusnadi, 2023) Untuk mengidentifikasi jenis kerusakan yang memengaruhi lintasan dalam, lintasan luar, dan bantalan bola, penting untuk menyinkronkan frekuensi getaran dengan perhitungan yang diperoleh dari akuisisi data yang terkait dengan parameter bantalan, termasuk diameter cincin dalam dan luar, jumlah bantalan bola, dan putaran poros.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, berikut merupakan rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Bagaimana perancangan alat atau sistem poros rotor untuk pengujian getaran bearing?
2. Bagaimana sinyal getaran yang dihasilkan dari berbagai kondisi kerusakan pada *bearing aksi-radial*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Bearing yang digunakan pada penelitian ini adalah *bearing aksi-radial* dengan jenis *Tappered Roller Bearing* (NSK 30305).
2. Alat yang digunakan adalah SKF Quickcollect dan SKF TKSA-51.
3. Pengujian bearing dilakukan pada alat yang dibuat sendiri.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang alat atau sistem poros rotor untuk pengujian getaran bearing.
2. Mengetahui sinyal dan karakteristik getaran dari berbagai kondisi kerusakan terhadap sinyal getaran pada *bearing aksi radial*. (*Tappered Roller Bearing*)

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh Tingkat kerusakan terhadap sinyal getaran.
2. Memberikan pengetahuan tentang karakteristik getaran yang terjadi ketika kondisi bearing normal, kerusakan ringan dan kerusakan berat.
3. Dapat mengetahui prosedur dalam menyiapkan alat uji getaran.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan tugas akhir ini mengikuti urutan yang telah ditetapkan. Laporan tugas akhir terdiri dari lima bab sebagai berikut:

BAB 1 Pendahuluan

Pendahuluan berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah untuk membatasi topik penelitian agar fokus, tujuan penelitian, manfaat penelitian yang dilakukan dan sistematika penulisan untuk memberikan gambaran umum tentang penelitian yang akan dijelaskan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisikan kajian pustaka dan dasar teori mengenai konsep dasar dan teori terkait getaranyang di dapat dari jurnal, buku, website atau sumber lainnya yang valid. Sedangkan kajian pustaka berisikan uraian mengenai hasil penelitian sebelumnya yang dapat dijadikan acuan penelitian dan pembuatan laporan.

BAB 3 Metode Penelitian

Pada bab ini berisikan diagram alir penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian, metode pengambilan data dan pengujian alat uji

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini berisikan pembahasan hasil yang diperoleh setelah pengambilan data sebelumnya.

BAB 5 Penutup

Pada bagian ini memuat kesimpulan penelitian terhadap analisis yang telah dilakukan dan saran atas hasil yang didapat untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

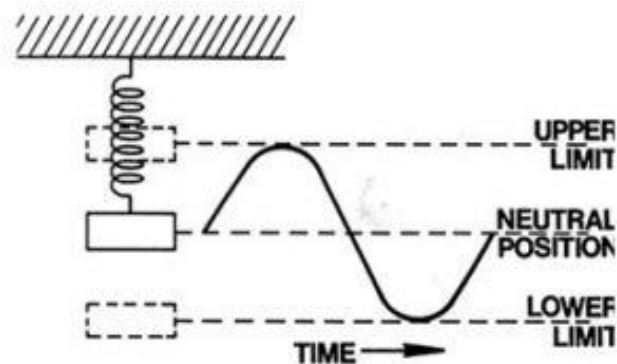
2.1 Kajian Pustaka

Menurut (Prasetyo, 2024) melakukan penelitian terkait karakteristik getaran pada pompa air yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari *misalignment* dan *alignment* terhadap sinyal getaran pada pompa air dan proses *alignment* yang dilakukan agar dapat mengurangi kerusakan yang mungkin terjadi. Dari analisis yang telah dilakukan pada pompa air didapatkan getaran yang berlebih sehingga terjadinya *misalignment*. Jika dibiarkan, maka komponen-komponen akan mengalami kerusakan, sehingga diperlukan proses *Proses alignment* untuk mengurangi kerusakan yang terjadi dengan menggunakan alat SKF TKSA-51.

Penelitian oleh (Romdhoni et al., 2023) tentang Deteksi Kesalahan Bantalan Menggunakan metode *wavelet* berbasis *labview* bertujuan untuk menganalisis jenis kerusakan bearing yang diakibatkan kerusakan lokal atau terdistribusi dengan ditunjukkan oleh adanya getaran dengan frekuensi tertentu yang muncul. Kerusakan dapat diketahui dari besarnya amplitudo getarannya. Adapun metode yang digunakan untuk mengetahui karakteristik getaran menggunakan sensor *accelerometer* dan analisis *wavelet* berbasis *Labview*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa bentuk sinyal *vibrasi* yang dihasilkan dari getaran *bearing* yang bagus memiliki bentuk sinyal harmonik (sinusoidal), sedangkan *bearing* yang mengalami kerusakan sinyal getarannya berbentuk stokastik (random).

2.2 Getaran

Getaran adalah pergerakan suatu benda disekitar titik tertentu, gerakan massa yang diberikan gaya (*forced vibration*) tanpa *friction*/gesekan. Getaran mesin adalah gerakan suatu bagian mesin maju dan mundur dari keadaan diam. Getaran yang ditimbulkan pada suatu mesin dapat menggambarkan kondisi gerakan-getaran yang tidak diinginkan pada komponen-komponen mesin. (Sunarko, 2010)



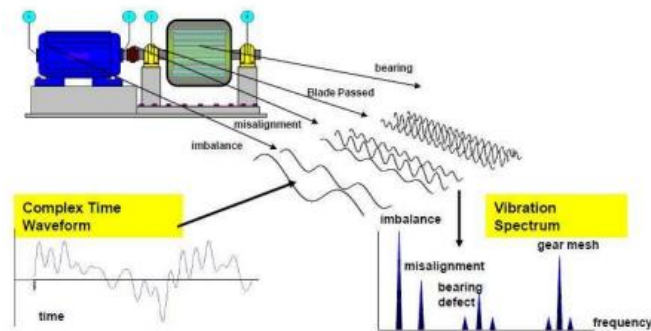
Gambar 2. 1 Getaran Murni

Transisi massa dari posisi netral ke batas atas, kembali ke posisi netral, lalu turun ke batas bawah dan kembali ke posisi netral dapat diilustrasikan dengan gerakan satu putaran lingkaran. Putaran melingkar ini menyampaikan informasi penting dalam pengukuran getaran. Gerakan yang berkelanjutan akan menghasilkan gerakan periodik atau harmonik.

2.3 Analisis Getaran

Analisa Getaran merupakan teknik yang paling umum digunakan dalam perawatan prediktif. Analisa vibrasi digunakan untuk menentukan kondisi operasi dari mesin dimana dalam metode ini dapat mendiagnosa terjadinya kelainan atau kerusakan pada mesin atau peralatan. (Pangestu & Anzip, 2015) Penggunaan analisis getaran sangat penting untuk menghemat biaya perawatan dan waktu, serta membuat keputusan tentang perbaikan dan penggantian total.

Analisis getaran sangat penting karena merupakan indikator untuk mendeteksi masalah mekanis untuk peralatan berputar (*Rotating Equipment*), karena getaran mesin yang disebabkan oleh gaya berulang seperti ketidakseimbangan, *missalignment*, poros bengkok, kerusakan *bearing*, kelonggaran komponen, *gear*, kavitasi dan resonansi. (Putra, 2016). Mengukur suatu getaran mesin dibutuhkan suatu *transcuder* getaran yang berfungsi untuk menangkap sinyal getaran dan mengolahnya menjadi sinyal dalam format lain, dalam hal ini listrik.



Gambar 2. 2 Proses analisis getaran

(Sumber: (Putra, 2016))

2.4 Pengukuran Getaran

Getaran dapat diukur menggunakan transduser. Transduser dapat berupa sensor pengukur percepatan (*Accelerometer Transducer*), sensor pengukur kecepatan (*Velocity Transducer*), sensor pengukur perpindahan (*Displacement Transducer*). Setiap sensor memiliki sensitivitas dan rentang frekuensi tertentu, serta kondisi penggunaan yang berbeda. Serperti operasi, rentang, kelebihan dan kekurangan transducer. (Chu, Nguyen , Yoo, & Wang , 2024)

2.4.1 *Accelerometer Transducer*

Accelerometer adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. *Accelerometer* juga dapat digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi pada mesin. (Amra, Murdani , Yusian , & Azhar, 2022). Sensor *accelerometer* digunakan untuk mengukur berbagai getaran yang terjadi pada benda – benda yang dialiri listrik ataupun tidak dialiri listrik. Cara kerja sensor accelerometer dengan mengandalkan prinsip percepatan yang dihasilkan dari beberapa komponen seperti per dan pemberat.



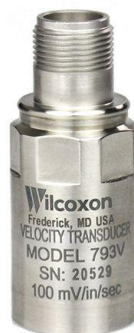
Gambar 2.3 *Accelerometer transducer*

(Sumber: www.jasaservis.net)

Tranducer accelerometer umumnya mempunyai bentuk yang cukup kecil dan ringan, serta range temperatur dan frekuensi kerjanya cukup lebar. Accelerometer adalah merupakan sensor yang dapat digunakan sebagai sistem monitor getaran maupun untuk analisis getaran. *Tranducer* ini mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap getaran dengan frekuensi tinggi.

2.4.2 *Velocity Transducer*

Velocity transducer merupakan perangkat/sensor yang mengubah gerakan mekanis menjadi sinyal listrik yang sebanding dengan kecepatan gerakan tersebut. Alat ini banyak digunakan dalam pemantauan kondisi mesin dan struktur untuk mendeteksi getaran dalam frekuensi menengah hingga tinggi.



Gambar 2.4 *Velocity transducer*

2.4.3 *Displacement Transducer*

Displacement transducer merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur perubahan posisi atau perpindahan suatu objek dari titik referensinya. Dalam konteks pengukuran getaran, transduser ini berfungsi untuk mendeteksi amplitudo simpangan yang terjadi akibat getaran pada suatu sistem mekanis.



Gambar 2. 5 *Displacement transducer*

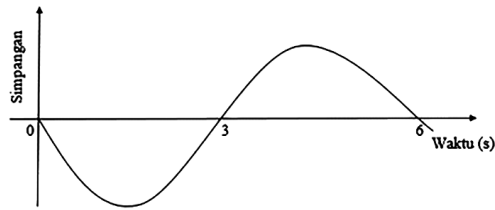
Displacement transducer bekerja dengan mengubah gerakan mekanis menjadi sinyal listrik yang sebanding dengan besarnya perpindahan. Salah satu jenis transduser simpangan yang umum digunakan adalah proximity probe atau eddy current sensor, yang beroperasi tanpa kontak langsung dengan objek yang diukur. Sensor ini mendeteksi perubahan jarak antara sensor dan permukaan konduktif, seperti poros mesin, dengan memanfaatkan perubahan medan elektromagnetik.

2.5 Parameter Getaran

Terdapat tiga parameter utama dalam pengukuran vibrasi terhadap sebuah mesin, yaitu : frekuensi, *displacement*, *velocity* dan *acceleration* yang harus diperhatikan sebelum menganalisa penyebab terjadinya vibrasi yang tidak normal.

2.5.1 Frekuensi

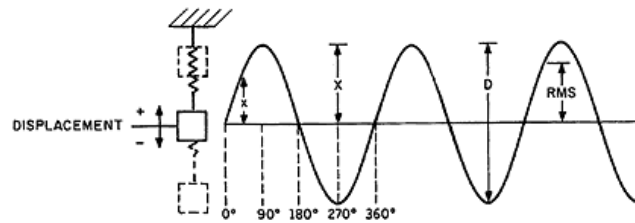
Frekuensi (f) dapat didefinisikan sebagai jumlah siklus/gelombang yang terjadi setiap satuan waktu (1 detik) . Pada umumnya frekuensi dinyatakan dalam Hertz, yaitu jumlah siklus setiap detik. Sedangkan periode (T), yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu siklus. (Samnur, Jaya, & Mahande, 2010)



Gambar 2. 6 Frekuensi

2.5.2 Displacement

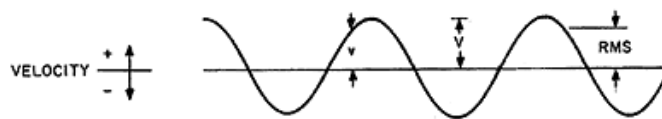
Displacement adalah ukuran dari pada jumlah gerakan dari pada massa suatu benda, dimana hal ini menunjukkan sejauh mana benda bergerak maju mundur (bolak-balik) pada saat mengalami vibrasi. *Displacement* adalah perubahan tempat atau posisi dari pada suatu objek atau benda menuju suatu titik pusat (dalam hal ini massa benda berada dalam posisi netral). (Hidayat & Willis, 2017)



Gambar 2. 7 Displacement

2.5.3 Velocity

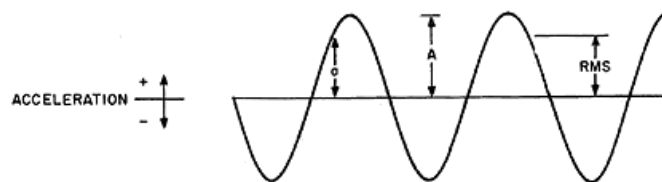
Velocity adalah jumlah waktu yang dibutuhkan pada saat terjadi displacement (dalam hal kecepatan). *Velocity* adalah satu indikator yang paling baik untuk mengetahui masalah vibrasi (contohnya *unbalance*, *misalignment*, *mecanical loosess*, dan kerusakan *bearing* atau *bearing defect*) pada mesin berkecepatan sedang.



Gambar 2. 8 Velocity

2.5.4 Acceleration

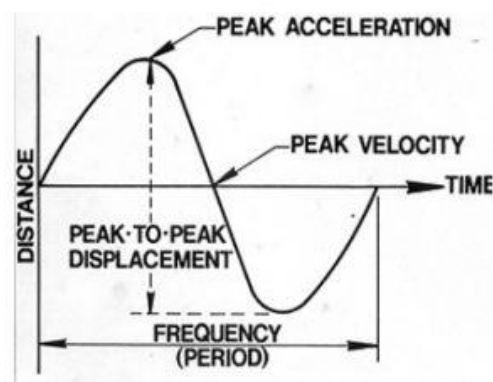
Acceleration adalah jumlah waktu yang diperlukan pada saat terjadi *velocity*. *Acceleration* adalah parameter yang sangat penting dalam analisis mesin mesin yang berputar (*rotation equipment*) dan sangat berguna sekali dalam mendeteksi kerusakan bearing dan masalah pada *gearbox* berkecepatan tinggi lebih cepat dan lebih awal. *Acceleration* diartikan sebagai perubahan dari *velocity* yang di ukur dalam satuan gravitasi.



Gambar 2. 9 Acceleration

2.5.5 Amplitudo

Amplitudo adalah pengukuran skalar yang nonnegatif dari besar suatu gelombang. *Amplitudo* juga dapat didefinisikan sebagai jarak/simpangan terjauh dari titik kesetimbangan dalam gelombang sinusoida yang kita pelajari pada mata pelajaran fisika dan matematika - geometrika. *Amplitudo* dalam sistem internasional biasa disimbolkan, dengan (A) dan memiliki satuan meter (m). (Surbakti & Sabri, 2021)



Gambar 2. 10 Karakteristik Getaran

a. *Peak to-peak*

Besaran ini bisa dihubungkan dengan besarnya tegangan maksimum yang terjadi atau duhubungkan dengan celah (*clearance*) yang terjadi antara elemen rotasi dengan rumahnya. Harga *peak to-peak* yaitu jarak dari puncak ke lembah dari data *spectrum* getaran. Pengukuran ini biasa digunakan pada frekuensi kurang dari 10 Hz dan menggunakan *transducer displacement*.

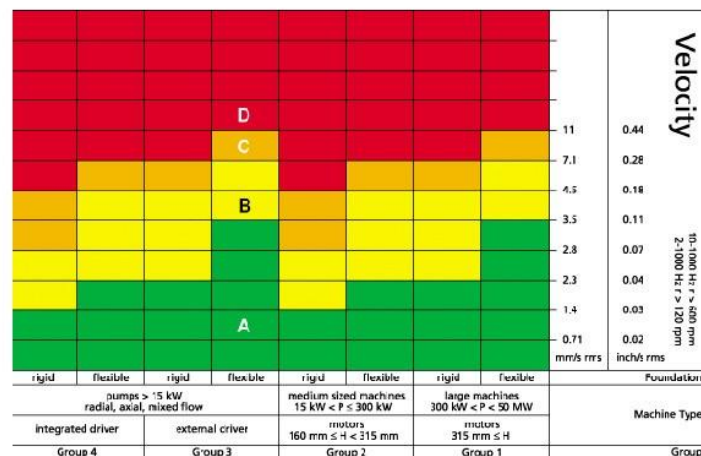
b. *Zero to-peak*

Nilai *Zero-to-peak* bisa didapatkan dari setengah *peak topeak* (A) atau juga bisa didapat dengan mengukur puncak dari spectrum. Pengukuran dengan menggunakan *transducer velocity*.

c. *Root Mean Square (RMS)*

Diartikan sebagai nilai statistik rata-rata dari amplitude yang dihasilkan oleh getaran mesin. RMS sering dipakai pada frekuensi tinggi karena pengukuran ini dirasa lebih akurat dan tepat dengan menggunakan *transducer acceleration*.

Batas terjadinya getaran yang diizinkan ditetapkan sesuai dengan standar ISO 10816-3 seperti pada gambar 2.11

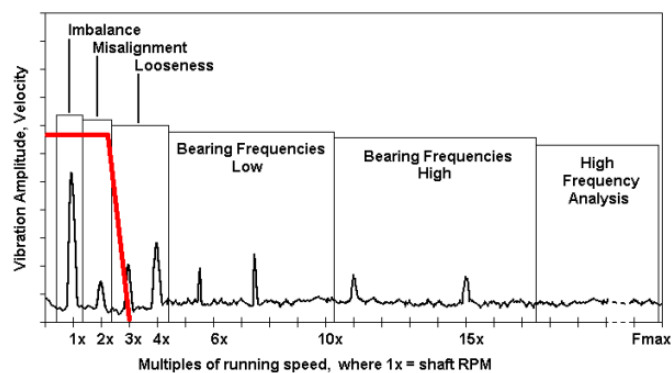


Gambar 2. 11 Standar ISO 10816-3

2.6 Penyebab Getaran

Setiap cacat atau kerusakan dalam mesin membangkitkan sinyal getaran yang khas yang biasa disebut dengan bentuk spektrum. Spektrum ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan mesin melalui getaran-getaran yang ditimbulkan. ini menggambarkan bahwa kerusakan mesin dapat diketahui berdasarkan sinyal getaran yang ditimbulkan. (Samnur, Jaya, & Mahande, 2010)

Adapun jenis-jenis kerusakan mesin yang dapat menimbulkan getaran yang berlebihan yaitu *Unbalance*, *misalignment*, kerusakan bantalan/*bearing*, *loosenes*, kebengkokan dll.

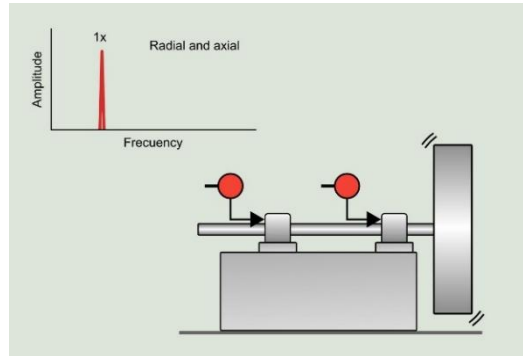


Gambar 2. 12 Penyebab getaran

2.6.1 *Unbalance*

Unbalance merupakan kondisi di mana rotor mengalami gaya atau getaran sebagai akibat dari gaya sentrifugal yang diberikan ke bantalnya. Getaran terjadi karena adanya gaya sentrifugal yang muncul akibat ketidakseimbangan pada objek berputar. (Latifin & Widyanto, 2024).

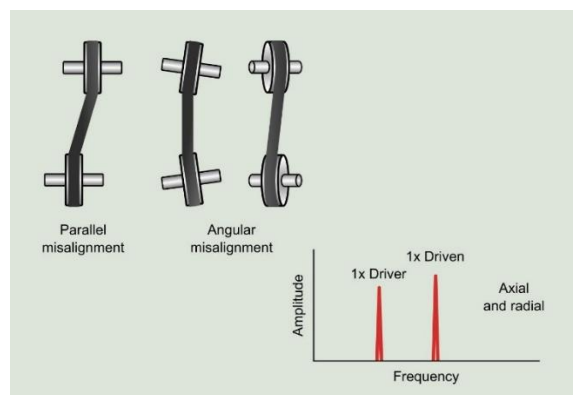
Keadaan yang tidak seimbang akan mengakibatkan vektor gaya yang berputar dengan sebuah poros akan menimbulkan getaran dengan frekuensi satu per putaran.



Gambar 2. 13 Spektrum getaran *unbalance*

2.6.2 *Missalignment*

Misalignment merupakan kondisi ketika garis sumbu poros dari dua buah mesin putar yang berpasangan tidak dalam posisi segaris antara satu dengan lainnya. (S & Saleh, 2022). *Misalignment* terjadi karena adanya pergeseran atau penyimpangan salah satu bagian mesin dari garis pusatnya. *Misalignment* sendiri mengakibatkan getaran dalam arah *aksial*. Getaran yang ditimbulkan oleh *missalignment* mempunyai ciri sebagai berikut: mempunyai getaran frekuensi pada dua kali putaran poros, menyebabkan getaran dalam arah *aksial*.



Gambar 2. 14 Spektrum getaran *missalignment*

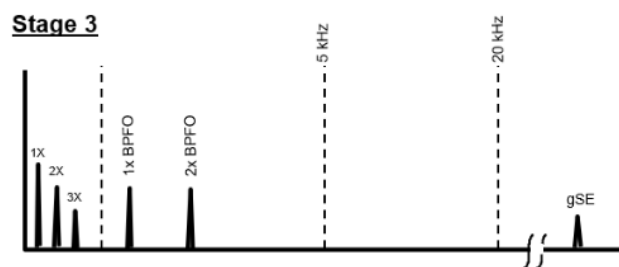
2.6.3 Kerusakan *Bearing*

Kerusakan pada bantalan gelinding biasanya merupakan penyebab getaran ringan yang sering terjadi. Persoalan utama dalam mendeteksi kerusakan tahap awal pada bantalan adalah sangat rendahnya sinyal getaran yang dibangkitkannya, sehingga tertutupi oleh sinyal lain yang lebih kuat. Bila pemantauan dilakukan dengan alat ukur getaran yang sederhana atau dalam domain waktu, maka sinyal ini akan tidak terdeteksi sehingga kerusakan akan berjalan terus dan bertambah besar. (Samnur, Jaya, & Mahande, 2010)

2.6.3.1 *Bearing Pass Frequency Outer*

Bearing Pass Frekuensi Outer (BPFO) merupakan frekuensi yang muncul sebagai akibat dari keberadaan cacat lokal pada lintasan luar bantalan. (Syafri & Firdaus, 2024). Ini adalah istilah yang digunakan dalam analisis bantalan untuk menggambarkan frekuensi di mana bola bantalan melewati cacat pada lintasan luar bantalan. Frekuensi ini dapat dihitung dengan rumus

$$\text{BPFO} = \frac{NB}{2} \left(1 - \frac{BD}{PD} \cos(\beta)\right) \frac{\text{RPM}}{60}$$

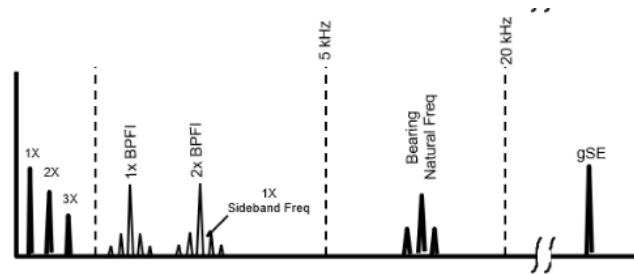


Gambar 2. 15 Spektrum getaran BPFO

2.6.3.2 *Bearing Pass Frequency Inner*

Bearing pass frequency inner merupakan Frekuensi yang timbul akibat keberadaan cacat lokal pada lintasan dalam bantalan dikenal dengan istilah *Ball Pass Frequency Inner* (BPFI), yang dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{BPFI} = \frac{NB}{2} \left(1 + \frac{BD}{PD} \cos(\beta)\right) \frac{\text{RPM}}{60}$$

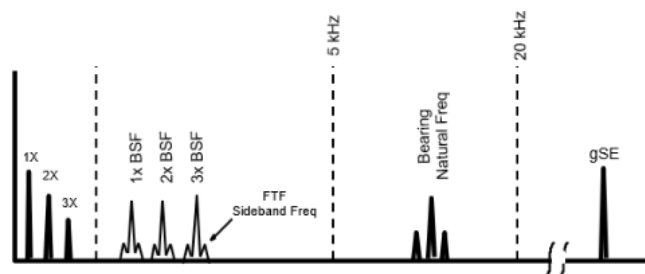


Gambar 2. 16 Spektrum getaran BPFI

2.6.3.3 *Bearing Spin Frequency*

Ball Spin Frequency merupakan salah satu frekuensi karakteristik kerusakan pada bearing (bantalan), khususnya mengindikasikan kerusakan pada elemen gelinding (bola atau *roller*). Besarnya BSF dapat dihitung dengan rumus:

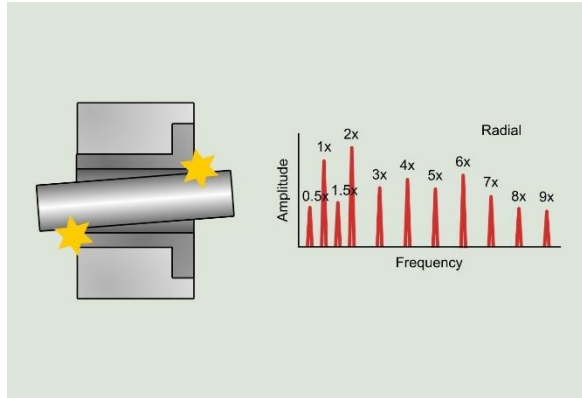
$$\text{BSF} = \frac{Pd}{2Bd} \left(1 - \left(\frac{BD}{PD} \cos(\beta)\right)^2\right) \frac{\text{RPM}}{60}$$



Gambar 2. 17 Spektrum Getaran BSF

2.6.4 *Looseness*

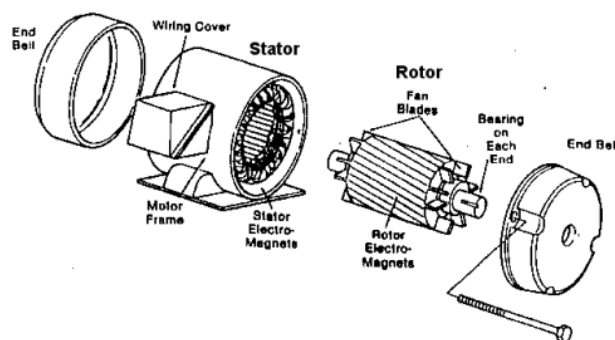
Looseness atau yang biasa disebut *mechanical looseness* (Kelonggaran mekanik) adalah salah satu jenis kerusakan pada mesin yang menyebabkan terjadinya getaran. Kelonggaran mekanik dapat terjadi apabila tutup bantalan longgar atau ikatan mesin ke pondasi tidak kuat. Gejala kerusakan ini ditandai $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2, dst x rpm atau n x rpm pada *domain* frekuensinya. (Surbakti & Sabri, 2021)



Gambar 2. 18 Spektrum getaran *loosenes*

2.7 Motor Listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Begitu juga dengan sebaliknya yaitu alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang biasanya disebut dengan generator atau dynamo. Pada motor listrik yang tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana yang telah kita ketahui bahwa kutub-kutub dari magnet yang senamaakan tolak menolak dan kutub yang tidak senama akan tarik menarik. Dengan terjadinya proses ini maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap (Bagia & Parsa , 2018)



Gambar 2. 19 Motor Induksi

Motor Listrik memiliki 2 komponen utama yaitu :

1. Rotor, motor induksi menggunakan 2 jenis rotor:
 - a. Rotor sangkar tupai, terdiri dari batang penghantar tebal yang dilekatkan dalam petak-petak slot paralel. Batang-batang tersebut diberi hubungan pendek pada kedua ujungnya dengan alat cincin hubungan pendek.
 - b. Rotor belitan, yang memiliki gulungan 3 fasa, lapisan ganda dan terdistribusi. Dibuat melingkar sebanyak kutub stator. Tiga fasa digulungi kawat pada bagian dalamnya dan ujung lainnya dihubungkan ke cincin kecil yang dipasang pada batang as dengan sikat yang menempel padanya.
2. Stator. Stator dibuat dari sejumlah stampings dan slots untuk membawa gulungan tiga fasa. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub yang tertentu. Gulungan diberi spasi geometri sebesar 120 derajat.

2.7.1 Motor DC

Motor arus searah adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak, tenaga gerak tersebut berupa putaran dari pada rotor. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan untuk diubah menjadi *energy* mekanik. Pada motor DC kumparan medan disebut startor (bagian yang berputar).



Gambar 2. 20 Motor DC

2.7.2 Motor AC

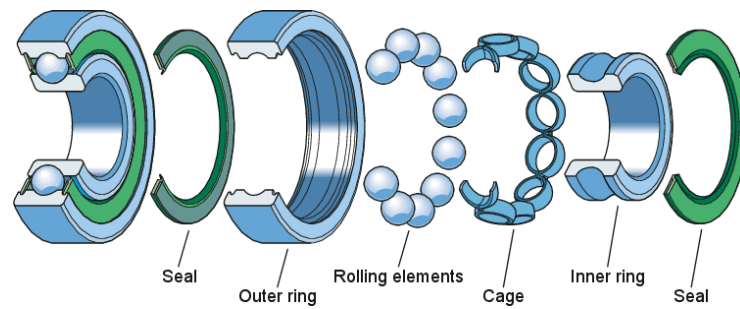
Motor AC adalah sebuah motor listrik yang digerakkan oleh *Alternating Current* atau arus bolak balik (AC). Umumnya, motor AC terdiri dari dua komponen utama yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian yang diam dan letaknya berada di luar. Stator mempunyai coil yang di aliri oleh arus listrik bolak balik dan nantinya akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Bagian yang kedua yaitu rotor. Rotor adalah bagian yang berputar dan letaknya berada di dalam (di sebelah dalam stator). Rotor bisa bergerak karena adanya torsi yang bekerja pada poros dimana torsi tersebut dihasilkan oleh medan magnet yang berputar.



Gambar 2. 21 Motor AC

2.8 *Bearing*

Bearing adalah suatu elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu poros beban, sehingga putaran dapat berlangsung secara halus, aman dan berumur panjang. Bearing harus kuat untuk menahan beban dari poros yang terhubung dengan komponen mesin lainnya sehingga dapat berputar, bekerja sesuai fungsinya. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik, maka pergerakan seluruh system akan menurun bahkan bisa berhenti. (Lubis, Pane, Lubis, Siregar, & Kusuma, 2021)



Gambar 2. 22 Komponen *Bearing*

Bearing didesain agar simpel dan tahan lama, karena biasanya bearing ada di posisi yang tidak terlihat, sehingga tidak bisa selalu diakses untuk perawatan. Secara umum, bearing terdiri dari:

1. *Outer ring* dan *Inner ring*

Berfungsi untuk menahan bola tetap berputar di tempat yang sama. Terbuat dari material keras, seperti baja atau chrome, yang kekuatannya mempengaruhi beban yang diterima dan masa pakainya.

2. *Rolling elements*

Komponen ini berfungsi untuk berputar atau bergulir. Bisa berbentuk bola, roller atau silinder, cone atau needle yang keras. Bahan khusus seperti keramik dan plastik juga ada.

3. *Cage*

Fungsinya untuk menjaga bola/silinder pada tempatnya dan tidak saling bertabrakan atau bergesekan satu dengan yang lain.

4. *Seal*

Ada yang pakai ada yang tidak, fungsinya untuk menutup agar pengotor tidak masuk ke dalam bearing, dan menjaga pelumas tetap bersih.

2.9 Klasifikasi Bearing

Pada umumnya bearing diklasifikasikan menjadi 2 (Linandar, Sumadi, & Pramono, 2021) , yaitu

1. Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros
 - a. Bantalan luncur

Pada bearing ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bearing, karena permukaan poros yang berputar bersentuhan langsung dengan bearing yang diam. Lapisan minyak pelumas sangat diperlukan untuk memperkecil gaya gesek dan temperatur yang timbul akibat gesekan tersebut.

b. Bantalan Gelinding

Pada bantalan gelinding terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum atau rol bulat.

2. Berdasarkan arah beban terhadap poros

a. Bantalan aksial

Bantalan aksial atau disebut *trust bearing*, dimana arah beban yang ditumpu bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.

b. Bantalan radial

Bantalan radial atau disebut dengan jurnal bearing, dimana arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros, bantalan ini untuk mendukung gaya radial dari batang poros saat berputar.

c. Bantalan kombinasi/khusus

Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros. Meskipun bantalan gelinding menguntungkan, Banyak konsumen memilih bantalan luncur dalam hal tertentu, contohnya bila kebisingan bantalan mengganggu, pada kejutan yang kuat dalam putaran bebas.

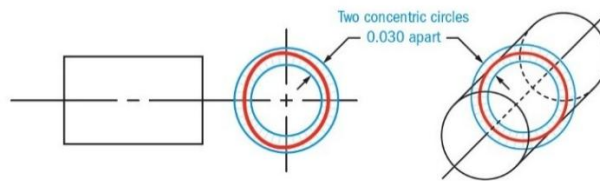
2.10 Geometric Dimensional & Tolerance (GD&T)

Toleransi dimensi dan geometri (GD&T) merupakan hal yang sangat penting dalam sebuah desain komponen dan produk. Toleransi tersebut memberikan nilai seberapa besar deviasi dimensi dan geometri sebuah fitur pada sebuah komponen yang dimanufaktur yang dibolehkan sehingga komponen tersebut masih dapat dilakukan *assembly* dan memberikan suatu fungsi yang sesuai dengan desainnya. Jenis dan nilai dari suatu toleransi sangat menentukan sistem pengukuran yang dibutuhkan untuk memverifikasi nilai toleransi tersebut.

GD&T dapat di berikan datum, geometik toleransi dan toleransi khusus. Pada spesimen uji ini diselesaikan dengan menggunakan GD&T dengan memberikan datum, geometik toleransi dan toleransi khusus dengan harapan gambar mudah di pahami. (Muchid, et al., 2022)

2.10.1 *Circularity*

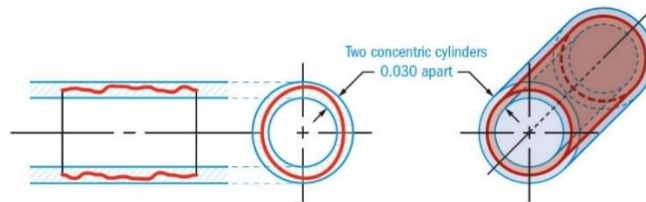
Circularity merupakan kontrol bentuk yang memastikan bahwa komponen memiliki kebulatan dengan batas toleransi tertentu.



Gambar 2. 23 *Circularity*

2.10.2 *Straightness*

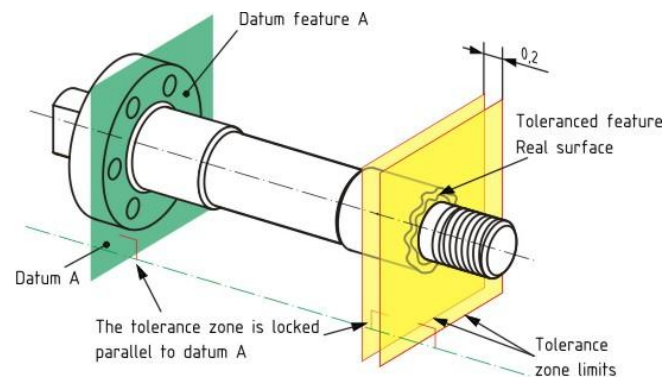
Straightness merupakan kontrol bentuk yang bertujuan untuk mengetahui kelurusan atau kebengkokan pada komponen dan memastikan komponen tidak terjadi deviasi atau bengkok yang berlebihan.



Gambar 2. 24 *Straightness*

2.10.3 Pararellism

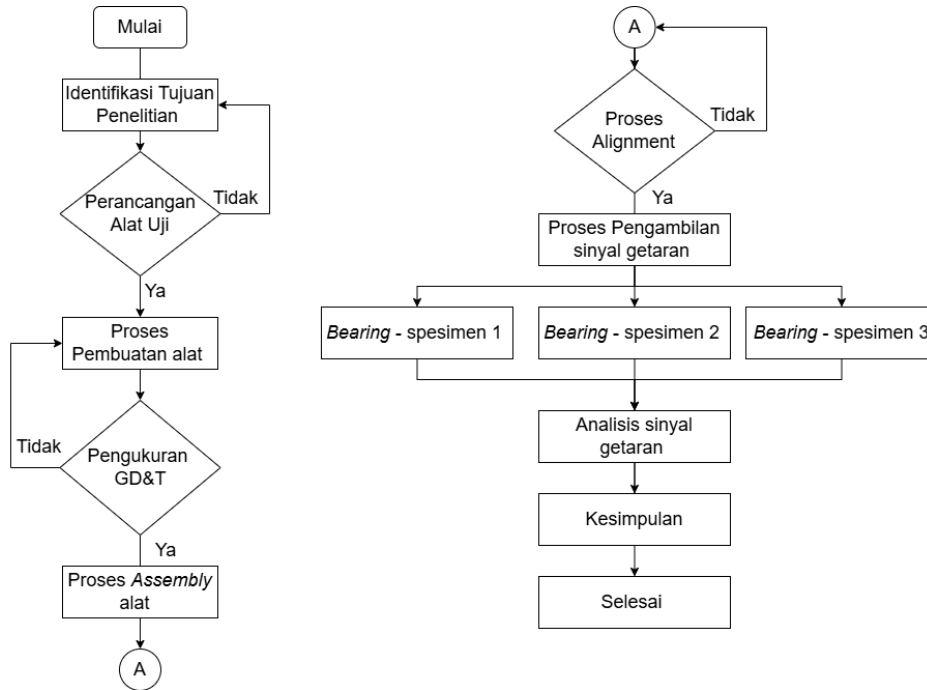
Pararellism adalah salah satu simbol kontrol bentuk yang digunakan untuk memastikan bahwa satu fitur pada benda kerja sejajar terhadap referensi (datum) tertentu dalam batas toleransi yang diizinkan.



Gambar 2. 25 Pararellism

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



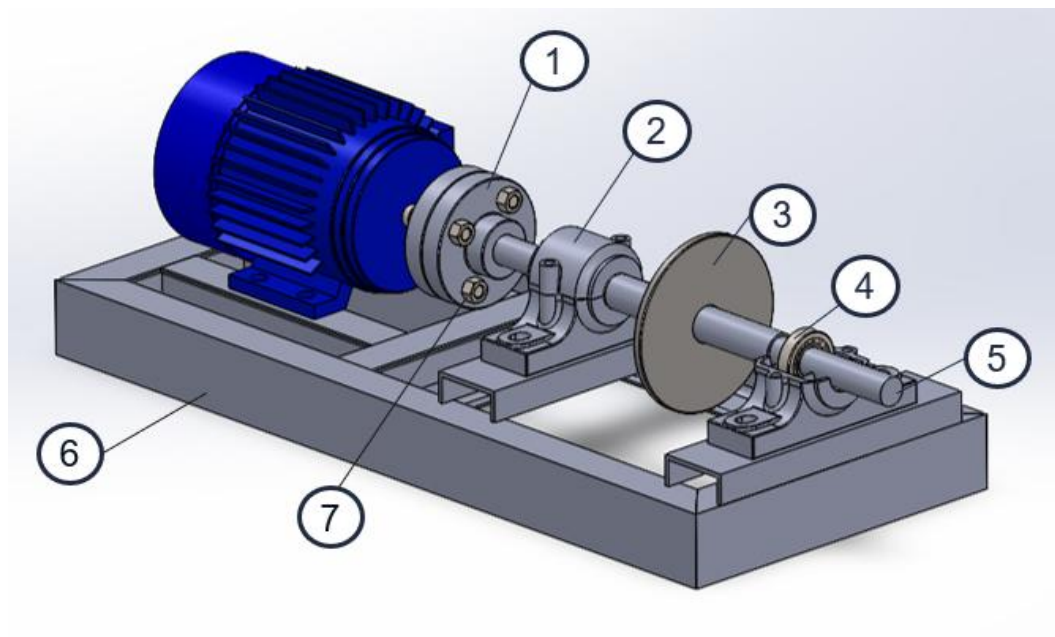
Metode penelitian yang dilakukan adalah studi literatur dan uji coba. Studi literatur dimulai dengan mempelajari teori-teori yang berkaitan tentang sinyal dan getaran, lalu uji coba bearing dilakukan pada alat yang telah diproduksi sendiri. Pembacaan sinyal getaran bearing dilakukan pada saat kondisi *bearing* normal dan *bearing* dengan kecacatan menggunakan sensor SKF Quickcollect yang tersambung dengan *smartphone* melalui *bluetooth* sehingga dapat di analisis hasil sinyal getaran yang sudah terekam. Kemudian dilakukan analisa untuk mendapatkan kesimpulan dari hasil penelitian

Setelah mengidentifikasi tujuan penelitian maka selanjutnya menentukan kriteria desain benda uji yang sesuai kebutuhan sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Kriteria desain benda uji

<i>Must</i>	<i>Want</i>
Poros pada alat uji dapat dilakukan proses <i>alignment</i> .	Proses produksi dan pembuatan komponen mudah dilakukan.
Rangka mampu menahan getaran dan menopang motor.	Bongkar pasang mudah dilakukan, sehingga mudah dilakukan perawatan dan juga pergantian komponen.


3.2 Peralatan dan Bahan



Gambar 3. 1 Model 3D Rangkaian Benda Uji


Pada tabel dibawah ini adalah bahan-bahan yang digunakan untuk membuat sistem poros rotor :

Tabel 3. 2 Bahan-bahan

No	Nama	Gambar
1	<i>Coupling</i>	

2	<i>Bearing Housing</i>	
3	<i>Disk</i>	
4	<i>Bearing (NSK 30305)</i>	
5	<i>Shaft</i>	
6	Besi UNP 65	
7	Baut dan skrup	

Tabel 3. 3 Alat-alat

No	Nama	Keterangan	Gambar
1	<i>SKF quickcollect</i>	Digunakan untuk mengambil sinyal getaran pada benda uji.	

2	SKF TKSA-51	Digunakan untuk melakukan alignment pada poros benda uji.	
3	Motor 1 phase	Digunakan untuk memberikan putaran pada sistem poros.	
4	Laptop	Digunakan untuk mendesain 3D benda uji dan analisis	
5	<i>Smartphone</i>	Digunakan untuk mengambil data getaran dan <i>alignment</i> melalui <i>bluetooth</i> .	
6	<i>Dial Indicator</i>	Digunakan untuk mengukur GD&T pada komponen	
7	<i>V-block</i>	Digunakan untuk menahan dan menjadi dudukan untuk <i>shaft</i> pada proses pengukuran	

3.3 Perancangan Benda Uji

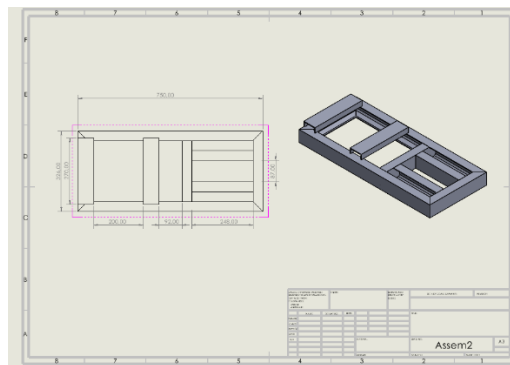
Perancangan benda uji melibatkan serangkaian proses seperti proses manufaktur komponen, pengukuran berbasis GD&T (*Geometric Dimension and Tolerance*), perakitan (*assembly*) dan *alignment* untuk memastikan ketepatan dan fungsionalitas sistem secara keseluruhan.

3.4 Proses Manufaktur Benda Uji

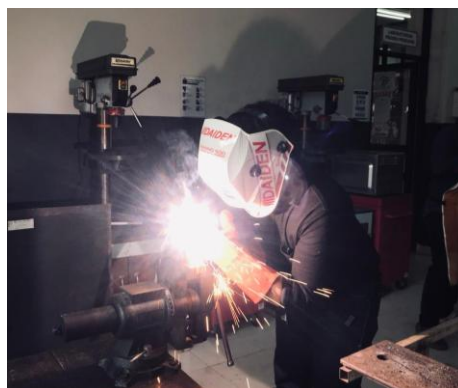
Dalam pembuatan alat uji, proses manufaktur dilakukan melalui beberapa tahapan utama dengan tujuan menghasilkan komponen yang sesuai dengan spesifikasi teknis dan sesuai untuk proses perakitan.

3.4.1 Pengelasan

Proses pengelasan dilakukan untuk membentuk dudukan bagi setiap komponen utama pada alat uji, seperti motor dan bearing house. Pengelasan dilakukan dengan mengacu pada desain yang telah dirancang sebelumnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.3. Material yang digunakan untuk struktur utama alat uji adalah besi UNP 65.



Gambar 3. 2 Desain alat alat uji



Gambar 3. 3 Proses pengelasan

3.4.2 Pengeboran

Proses pengeboran dilakukan untuk memberi lubang pada setiap titik yang menjadi dudukan setiap komponen agar memudahkan memasang baut untuk mengencangkan setiap komponen pada posisinya.



Gambar 3. 4 Proses pengeboran

3.4.3 Pembubutan

Proses pembubutan dilakukan untuk membuat shaft, kopling dan *disk* dimana setiap komponen tersebut harus memiliki ukuran yang harus disesuaikan sehingga dapat di *assembly*.



Gambar 3. 5 Proses pembubutan

3.5 Pengukuran GD&T

Proses GD&T merupakan proses yang bertujuan untuk mengetahui ukuran dari setiap komponen yang sangat krusial pada sistem rotasi. GD&T digunakan untuk memastikan bahwa bagian yang diproduksi sesuai dengan spesifikasi desain dan dapat di *assembly* dengan benar tanpa masalah kompatibilitas.

3.5.1 *Circularity*

Circularity merupakan proses pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui kebulatan pada komponen sistem poros terutama pada beban Disk pada sistem poros. Pengukuran ini berfungsi untuk mencegah terjadinya *unbalance* berlebih saat sistem poros rotor dioperasikan. Pada proses ini, *dial indicator* diposisikan diatas *disk*. Dapat dilihat pada **Gambar 3.2** . Pengukuran dilakukan di 12 titik dan diputar searah jarum jam.

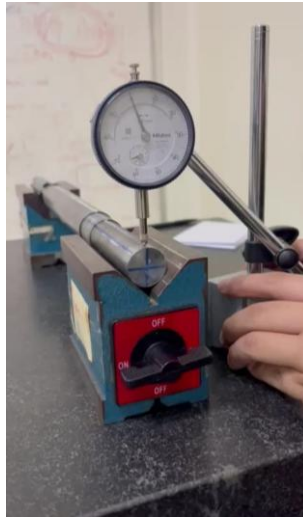


Gambar 3. 6 Pemasangan *dial indicator* pada *disk*

3.5.2 *Straightness*

Straightness merupakan proses pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui kelurusan atau kebengkokan pada *shaft*. Kebengkokan shaft akan mengakibatkan kehilangan simetri dan menjadi tidak lurus, menyebabkan getaran pada frekuensi putar dan kerusakan sistem. Pada proses ini, dial indicator diposisikan diatas *shaft*. Lalu disesuaikan dengan posisi datum pada *shaft*. Dapat dilihat pada **Gambar 3.3** . Pengukuran dilakukan dengan cara *dial indicator*

digerakkan kearah *aksial* pada *shaft* dengan lurus dan dicatat kenaikan atau penurunan *dial* pada setiap titik.



Gambar 3. 7 Pemasangan *dial indicator* pada *shaft*

3.5.3 *Pararellism*

Pararellism merupakan prose pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui keselaran antara disk dan shaft sehingga dapat mengetahui terjadi kemiringan atau tidak pada *disk*. Pada proses ini, dial indicator diposisikan pada bagian samping disk. Lalu disesuaikan dengan posisi datum pada shaft. Dapat dilihat pada **Gambar 3.4**



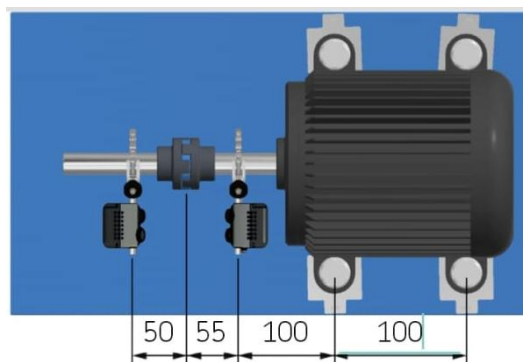
Gambar 3. 8 Pemasangan *dial indicator* pada *disk*

3.6 Proses *Alignment*

Pada proses *alignment* dilakukan dengan sensor SKF TKSA-51, sensor SKF TKSA-51 dipasang pada poros motor dan poros *shaft*. Lalu disambungkan ke aplikasi pada *smarthphone* dan *bluetooth*. Pada **Gambar 3. 6** Dilakukan pengukuran jarak antara motor dengan sensor dan kopling. Pada **Gambar 3. 7** dilakukan pengaturan ketinggian dan kemiringan sensor.



Gambar 3. 9 Pemasangan sensor SKF TKSA-51



Gambar 3. 10 Hasil Pengukuran jarak antara motor dan sensor

← Done		Sensor Status		
Connected	Yes	Yes	Yes	
Battery Level	55%	65%		
Detector (mm)	0,00	0,00		
Rotation Angle	6,2°	6,2°		
Angle Difference	0,0°			
Select Hardware				Done

Gambar 3. 11 Pengaturan ketinggian dan kemiringan kedua sensor

Setelah selesai melakukan pengaturan pada sensor, sensor diputar ke arah jam 9, 12, 3 secara berurutan. Setelah itu didapatkan hasil pada **Gambar 3.8** yang menunjukkan tampak motor atas terlihat bahwa garis tengah poros motor tidak sejajar dengan garis tengah poros sistem dengan jarak $-0,26$ mm. Dan pada tampak motor samping terlihat bahwa garis tengah motor terlalu tinggi $0,65$ mm. Yang dapat diartikan bahwa terjadi *missalignment*.



Gambar 3. 12 Hasil Pengukuran

Setelah mendapatkan hasil pengukuran pertama yang dimana terjadi kondisi *missalignment*, selanjutnya dilakukan proses alignment agar sistem poros berjalan dengan baik sehingga tidak merusak komponen lain.

Result					
As Found	Vertical	Horizontal	As Corrected	Vertical	Horizontal
Offset (mm)	-0,12	0,08	-0,03	-0,03	0,03
Angle (mm/100)	0,65	-0,26	0,02	0,02	0,00
Front Feet (mm)	0,90	-0,32	0,01	0,01	0,03
Rear Feet (mm)	1,55	-0,59	0,03	0,03	0,03

Gambar 3. 13 Hasil *alignment*

Setelah dilakukan penambahan *shims*, maka didapatkan *report* hasil pengukan pada **Gambar 3.9** . Pada gambar kiri menunjukkan awalnya *angel* dan

offset pada *vertical* dan *horizontal* terdapat tanda X (silang), setelah dilakukan proses alignment dengan menambahkan shims/ganjelan menjadi ✓ yang terdapat pada gambar kanan *angel* dan *offset* pada *vertical* dan *horizontal*. Nilai tersebut sudah termasuk dalam batas toleransi motor yang berputar pada 1000-2000 RPM yaitu 0,08 mm.

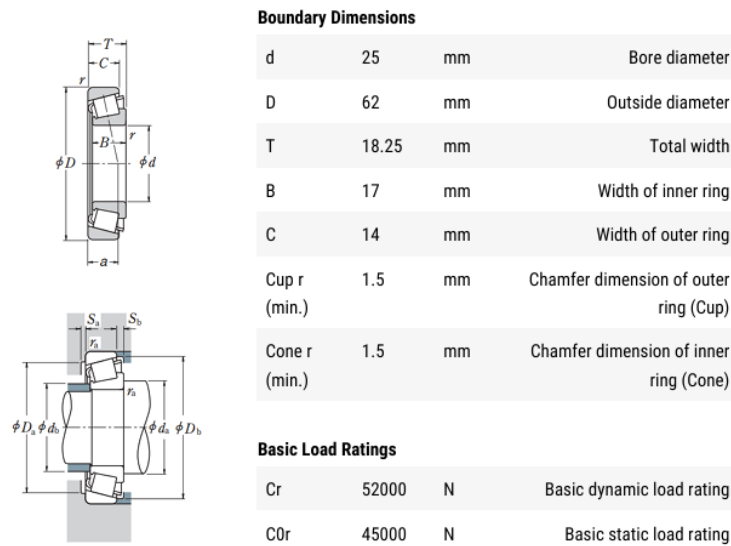
3.7 Prosedur Pengujian *Bearing*

Pengujian bearing dilakukan untuk memperoleh data sinyal getaran dari tiga kondisi bearing yang berbeda. yaitu kondisi normal (Spesimen 1), cacat menengah (Spesimen 2) dan cacat lanjut (Spesimen 3). Langkah – langkah pengujian sebagai berikut :

1. Siapkan alat uji
2. Siapkan sensor getaran SKF Quickcollect yang terhubung dengan *smarthphone* melalui aplikasi SKF.
3. Pasang Spesimen 1 pada sistem uji.
4. Jalankan/hidupkan motor penggerak dengan kecepatan ± 1430 RPM selama 1 jam.
5. Letakan sensor SKF Quickcollect pada dua titik pengukuran : arah *radial* dan *aksial* pada *bearing house*.
6. Rekam spektrum getaran yang terjadi pada setiap titik pengukuran.
7. Matikan motor dan lepaskan spesimen 1.
8. Ulangi kembali langkah 3 untuk spesimen 2 dan 3.

3.8 Menghitung Frekuensi *Bearing*

Bearing memiliki frekuensi kerusakan yang berbeda-beda tergantung pada dimensi dan seri bearing. Pada penelitian ini bearing yang digunakan adalah bearing dengan seri NSK HR 30305CN.



Gambar 3. 14 Datasheet bearing

3.8.1 Menghitung *Ball Pass Frequency Inner* (BPFI)

Frekuensi yang timbul akibat keberadaan cacat lokal pada lintasan dalam bantalan dikenal dengan istilah *Ball Pass Frequency Inner*, Rumus berikut dapat digunakan untuk menghitungnya:

$$\begin{aligned}
 \text{BPFI} &= \frac{NB}{2} \left(1 + \frac{BD}{PD} \cos(\beta)\right) \frac{\text{RPM}}{60} \\
 &= \frac{15}{2} \left(1 + \frac{7,4}{47,25} \cos(0)\right) \frac{1430}{60} \\
 &= 7,5 (1+(0,15).1) 23,8 \\
 &= 7,5 (1,15) 23,83 \\
 &= 205 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

3.8.2 Menghitung *Ball Pass Frequency Outer* (BPFO)

Frekuensi yang muncul sebagai akibat dari keberadaan cacat lokal pada lintasan luar bantalan disebut *Ball Pass Frequency Outer* (BPFO). Dalam analisis

bantalan, istilah ini digunakan untuk menunjukkan frekuensi di mana bola bantalan melewati cacat pada lintasan luar bantalan. Frekuensi ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{BPFO} &= \frac{NB}{2} \left(1 - \frac{BD}{PD} \cos(\beta)\right) \frac{RPM}{60} \\
 &= \frac{15}{2} \left(1 - \frac{7,4}{47,25} \cos(0)\right) \frac{1430}{60} \\
 &= 7,5 (1 - 0,15 \cdot 1) 23,8 \\
 &= 7,5 (0,85) 23,8 \\
 &= 151 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

3.8.3 Menghitung *Ball Spin Frequency* (BSF)

Jika pada bola *bearing* mengalami cacat, maka frekuensi yang muncul tersebut adalah *Ball Spin Frequency* (BSF). *Ball Spin Frequency* mengacu pada frekuensi di mana bola bearing berputar atau bergerak karena cacatnya. Besarnya BSF dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

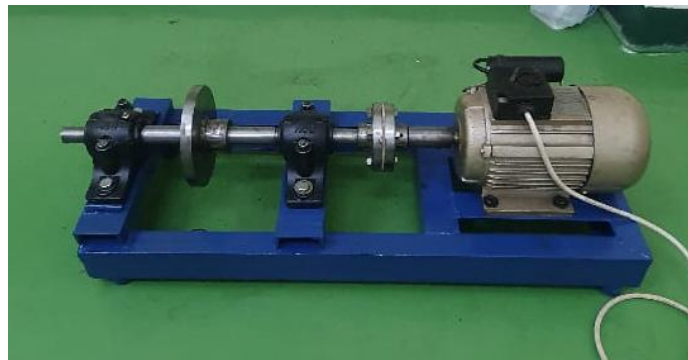
$$\begin{aligned}
 \text{BSF} &= \frac{Pd}{2Bd} \left(1 - \left(\frac{BD}{PD} \cos(\beta)\right)^2\right) \frac{RPM}{60} \\
 &= \frac{47,25}{2(7,4)} \left(1 - \left(\frac{7,4}{47,25} \cos(0)\right)^2\right) \frac{1430}{60} \\
 &= 3,19 (1 - 0,02) 23,8 \\
 &= 74 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

Setelah dilakukan proses perancangan alat, proses manufaktur, proses assembly dan proses alignment maka mendapatkan hasil alat seperti yang terlihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4. 1 Hasil Perancangan alat uji

4.2 Hasil Pengukuran GD&T

Setelah melakukan pengukuran GD&T selanjutnya adalah mengetahui hasil pengukuran yang sudah dilakukan, seperti *circularity*, *straightness* dan *pararellism*. Dari hasil pengukuran tersebut dapat diketahui simpangan tertinggi dan terkecil pada setiap komponen.

4.2.1 *Circularity*

Setelah selesai melakukan pengukuran kebulatan maka dapat dilihat nilai dari setiap titik pengukuran. Berikut merupakan hasil pengukuran kebulatan *disk* :

Tabel 4. 1 Hasil pengukuran *circularity*

No	Hasil Pengukuran
1	0.01 mm
2	0.02 mm
3	0.02 mm

4	0.02 mm
5	0.03 mm
6	0.03 mm
7	0.02 mm
8	0.02 mm
9	0.01 mm
10	-0.02 mm
11	-0.01 mm
12	0

Pada data diatas menunjukkan hasil pengukuran kebulatan *disk* dari 12 datum/12 titik pengukuran dan dari data tersebut menunjukkan simpangan tertingginya yaitu 0.03 mm yang menandakan bahwa disk tersebut dapat dikatakan bulat.

4.2.2 *Straightness*

Setelah melakukan pengukuran kelurusan pada *shaft* maka dapat dilihat nilai dari setiap titik pengukuran. Berikut merupakan hasil pengukuran kelurusan *shaft* :

Tabel 4. 2 Hasil pengukuran *Straightness*

No	Hasil Pengukuran
1	-0.04 mm
2	-0.05 mm
3	-0.05 mm
4	-0.03 mm
5	-0.02 mm
6	0
7	-0.02 mm
8	-0.02 mm
9	-0.03 mm
10	-0.04 mm

11	-0.03 mm
12	-0.03 mm

Pada data diatas menunjukkan hasil pengukuran kelurusan shaft, dari 12 titik pengukuran dan dari data tersebut menunjukkan simpangan tertingginya yaitu -0.05 mm yang menandakan bahwa tidak terjadi kebengkokan pada shaft.

4.2.3 Pararellism

Setelah melakukan pengukuran *pararellism* pada *shaft* maka dapat dilihat nilai dari setiap titik pengukuran. Berikut merupakan hasil pengukuran kelurusan *shaft* :

Tabel 4. 3 Hasil pengukuran *pararellism*

No	Hasil Pengukuran
1	0.09 mm
2	0.11 mm
3	0.11 mm
4	0.04 mm
5	-0.03 mm
6	-0.10 mm
7	-0.10 mm
8	-0.10 mm
9	-0.10 mm
10	-0.05 mm
11	-0.02 mm
12	0

Pada data diatas menunjukkan hasil pengukuran *pararellism disk* terhadap shaft dari 12 titik pengukuran dan dari data tersebut menunjukkan simpangan tertingginya yaitu 0.12 mm yang menandakan bahwa disk tidak mengalami kemiringan dan dapat disimpulkan *disk* selaras dengan *shaft*.

4.3 Hasil Pengujian

Setelah melakukan proses pengukuran GD&T dan proses *alignment*, selanjutnya adalah melakukan pengamatan dan pengambilan sinyal getaran *bearing*. Pengambilan data sinyal getaran dibagi menjadi 3 spesimen, yang masing-masing merepresentasikan kondisi bearing dengan tingkat kerusakan yang berbeda. Dengan kondisi tersebut akan menampilkan sinyal dan karakteristik getaran dari berbagai kondisi kerusakan pada *bearing aksi-radial (Tappered Roller Bearing)*.



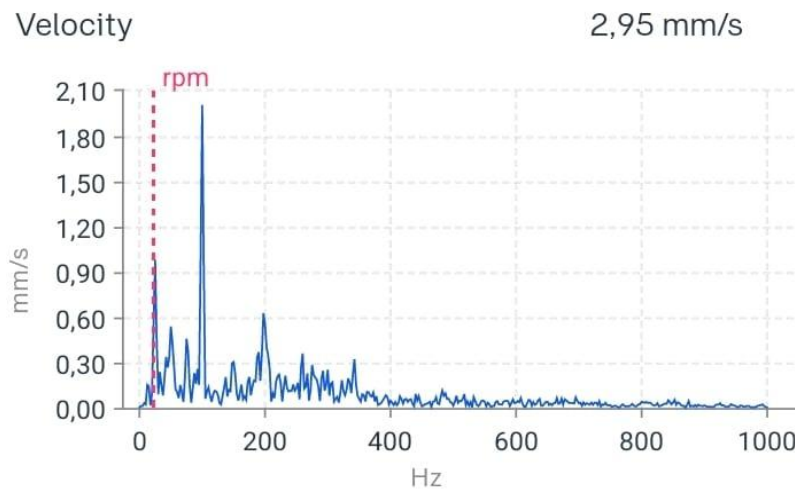
Gambar 4. 2 Arah *radial*



Gambar 4. 3 Arah *aksial*

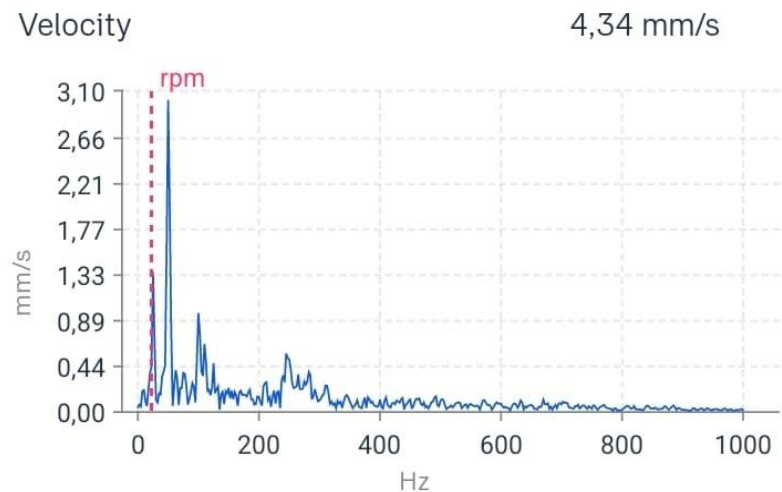
Pada pengukuran/pengambilan data sinyal getaran dilakukan pada dua titik yaitu pada arah *radial* dan *aksial*. Sensor SKF Quickcollect diletakan pada posisi *radial* dan *aksial* pada *bearing house* seperti **Gambar 4. 2** dan **Gambar 4. 3**.

4.3.1 Spektrum Getaran *Bearing* – Spesimen 1



Gambar 4. 4 Spektrum getaran *bearing* – spesimen 1 arah *radial*

Dari spektrum getaran diatas terlihat bahwa tidak menunjukkan amplitudo yang besar. Pada spektrum getaran tersebut menunjukkan bahwa amplitudo getaran rata rata kecil namun terdapat *amplitudo* tertinggi yaitu 2,0 mm/s pada frekuensi 100 hz yang terindikasi terjadinya *unbalance*.



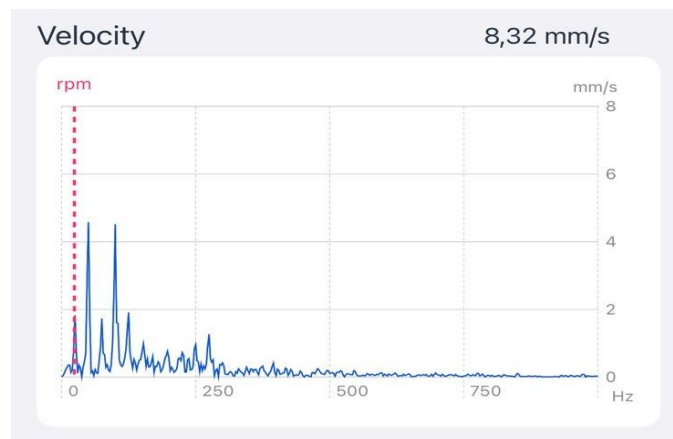
Gambar 4. 5 Spektrum getaran *bearing* – spesimen 1 arah *aksial*

Pada grafik terlihat amplitudo terbesar yaitu 3,0 mm/s pada frekuensi 50 Hz yang menunjukkan kondisi *misalignment*. Hal ini menunjukkan bahwa bearing tersebut dalam keadaan normal.

4.3.2 Spektrum Getaran *Bearing* – Spesimen 2

Kerusakan pada bearing sedang dibuat dengan cara merusak permukaan roller, yang diharapkan akan menyebabkan gesekan yang meningkat di antara komponen *bearing*. Luka pada *roller* ini dapat menyebabkan perubahan bentuk dan penurunan kualitas permukaan kontak antara *roller* dan jalurnya. Kerusakan pada variasi sedang ini biasanya dirancang untuk memodelkan kondisi yang mendekati kegagalan, tetapi belum sampai pada kerusakan total.

Hasil pengukuran spektrum getaran yang terjadi pada *bearing* – spesimen 2 dengan posisi pengukuran *radial* ditunjukkan pada **Gambar 4.6**

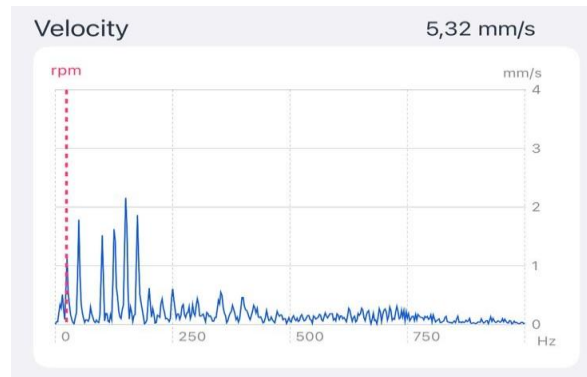


Gambar 4. 6 Spektrum getaran *bearing* – spesimen 2 arah *radial*

Spektrum getaran bearing – spesimen 2 arah *radial* dapat dilihat pada **Gambar 4. 6**. Pengukuran vibrasi secara *radial* pada *Bearing* NSK 30305 menunjukkan *amplitudo* pada frekuensi 75 Hz sebesar 1,7 mm/s yang merupakan 1BSF (*Ball Spin Frequency*). Frekuensi 1BPFI (*Ball Pass Frequency Inner*) muncul amplitudo pada frekuensi 205 Hz yaitu 0,2 mm/s sedangkan 1BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) muncul *amplitudo* pada frekuensi 150 Hz yaitu 0,7 mm/s.

Dari hasil pembacaan sinyal getaran tersebut menunjukkan terdapat kenaikan *amplitudo* dibandingkan dengan *bearing* - spesimen 1.

Hasil pengukuran spektrum getaran yang terjadi pada *bearing* – spesimen 2 dengan posisi pengukuran *Aksial* ditunjukkan pada **Gambar 4.7**



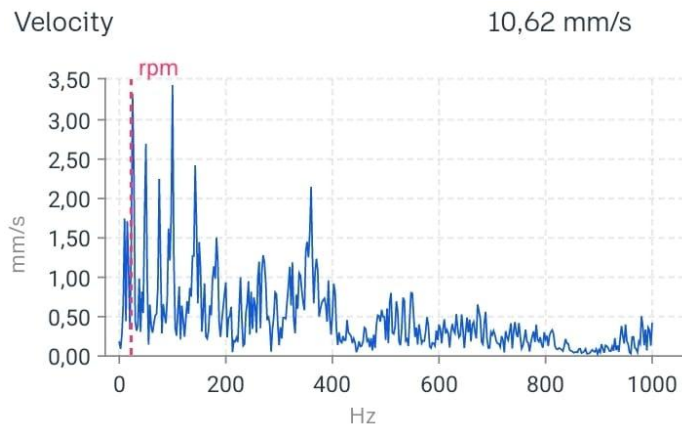
Gambar 4. 7 Spektrum getaran *bearing* – spesimen 2 arah *aksial*

Gambar 4. 7. Menunjukkan pengukuran *vibrasi* secara *aksial* pada *Bearing* NSK 30305 menunjukkan *amplitudo* pada frekuensi 75 Hz sebesar 0,2 mm/s yang merupakan BSF (*Ball Spin Frequency*). Frekuensi BPFI (*Ball Pass Frequency Inner*) muncul *amplitudo* pada frekuensi 207 Hz yaitu 0,2 mm/s sedangkan BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) muncul *amplitudo* pada frekuensi 150 Hz yaitu 0,7 mm/s. Sinyal getaran tersebut menunjukkan kenaikan dibanding dengan *bearing* – spesimen 1.

4.3.3 Spektrum Getaran *Bearing* – Spesimen 3

Kerusakan *bearing* berat dilakukan dengan cara memberi pasta skir pada komponen *bearing* yang diharapkan dapat menyebabkan gesekan yang sangat tinggi antara komponen-komponen *bearing*, seperti *roller* dan *raceway*. Pasta skir, yang biasanya terdiri dari partikel-partikel abrasif, akan berfungsi untuk mengikis permukaan komponen *bearing* secara agresif, mempercepat proses keausan, dan memperburuk kondisi permukaan kontak yang akan merusak secara total *bearing* tersebut.

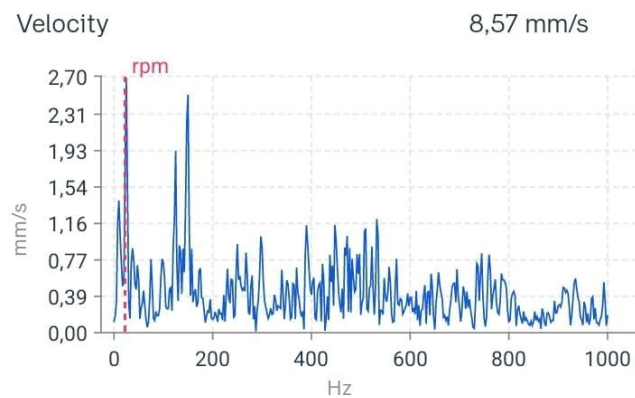
Hasil pengukuran spektrum getaran yang terjadi pada *bearing* – spesimen 3 dengan posisi pengukuran *radial* ditunjukkan pada **Gambar 4.8**



Gambar 4. 8 Spektrum getaran *bearing* – Spesimen 3 arah *radial*

Gambar 4. 8. Terlihat bahwa terdapat *amplitudo* tertinggi yaitu 3,4 mm/s pada frekuensi 100 Hz yang menunjukkan kondisi *missalignment*. Pada frekuensi 75 Hz merupakan BSF (*Ball Spin Frequency*) yang memiliki *amplitudo* 2,2 mm/s. Pada frekuensi 207 Hz merupakan sinyal frekuensi BPFI (*Ball Pass Frequency Inner*) memiliki *amplitudo* yaitu 0,9 mm/s sedangkan pada frekuensi 150 Hz merupakan sinyal frekuensi BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) memiliki *amplitudo* 2,4 mm/s. Dari Spektrum getaran *bearing* diatas menunjukkan bahwa terdapat kenaikan *amplitudo* pada *bearing* yang mengalami kerusakan berat.

Hasil pengukuran spektrum getaran yang terjadi pada *bearing* – spesimen 3 dengan posisi pengukuran arah *aksial* ditunjukkan pada **Gambar 4.9** .

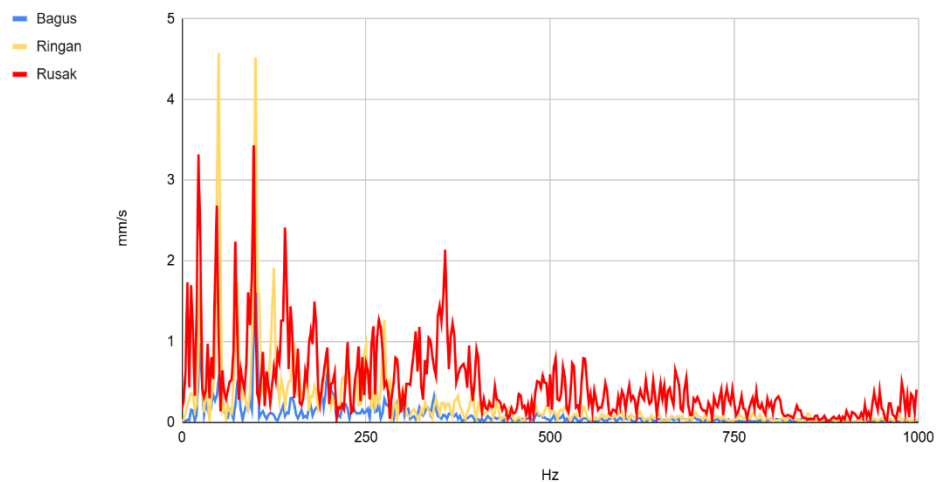


Gambar 4. 9 Spektrum getaran *bearing* – spesimen 3 arah *aksial*

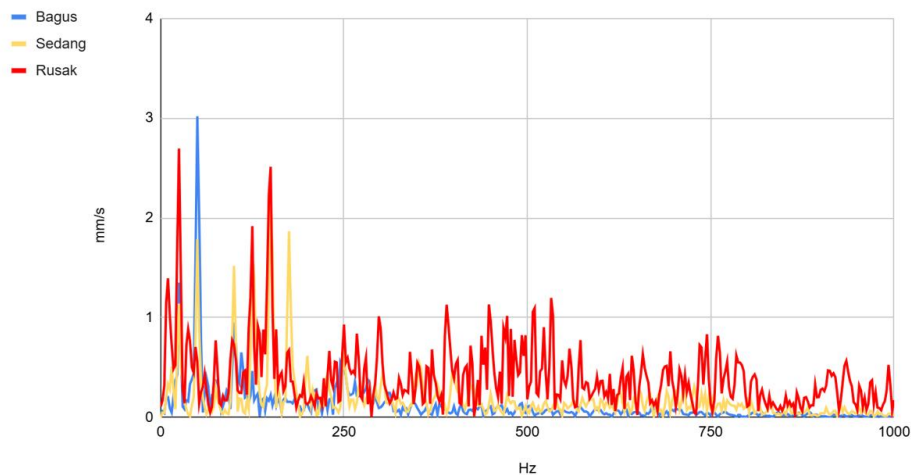
Pada **Gambar 4. 9**. Menunjukkan *amplitudo* tertinggi yaitu 2,5 mm/s pada 150 Hz yang merupakan frekuensi 1BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*). Pada 1BSF (*Ball Spin Frequency*) memiliki amplitudo 0,7 mm/s pada frekuensi 75 Hz sedangkan 1BPFI (*Ball Pass Frequency Inner*) memiliki amplitudo 0,3 mm/s pada frekuensi 205 Hz. Spektrum getaran tersebut menunjukkan kenaikan *amplitudo* pada 1BPFO yang menunjukkan bahwa *bearing* tersebut mengalami kerusakan pada *outer* pada *bearing* tersebut.

4.4 Analisa dan Pembahasan

Setelah mendapatkan data sinyal getaran bearing dengan tingkat kerusakan sedang dan berat menggunakan aplikasi dan sensor SKF Quickcollect, selanjutnya melakukan analisis data dengan cara membandingkan untuk mengetahui kenaikan *amplitudo* pada setiap kondisi bearing. Spectrum getaran dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan 4.11.



Gambar 4. 10 Spektrum getaran bearing arah *radial*



Gambar 4. 11 Spektrum getaran bearing arah *aksial*

Dari gambar tersebut dapat terlihat kenaikan amplitudo pada setiap tingkat kerusakan bearing, warna biru menunjukkan spektrum getaran *bearing* - spesimen 1, warna kuning menunjukkan bearing – spesimen 2 dan warna merah menunjukkan bearing - spesimen 3. Untuk nilai amplitudo pada setiap kondisi bearing dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4. 4 Data *bearing radial*

Spesimen	BPFO (150 Hz)	BPFI (207 Hz)	BSF (75 Hz)
Spesimen 1	0,3 mm/s	0,2 mm/s	0,4 mm/s
Spesimen 2	0,7 mm/s	0,2 mm/s	1,7 mm/s
Spesimen 3	2,4 mm/s	0,9 mm/s	2,2 mm/s

Dari tabel 4.4 dapat terlihat bahwa setiap frekuensi (BPFO, BPFI dan BSF) mengalami peningkatan *amplitudo* pada setiap tingkatan kerusakan. Pada frekuensi BPFO (150 Hz), amplitudo meningkat dari 0,3 mm/s (Spesimen 1) menjadi 2,4 mm/s (Spesimen 3), menunjukkan bahwa kerusakan pada outer race semakin parah. Lalu pada frekuensi BSF (75 Hz), *amplitudo* meningkat dari 0,4 mm/s menjadi 2,2 mm/s yang menandakan bahwa *roller* pada *bearing* mengalami kerusakan atau cacat.

Tabel 4. 5 Data *bearing aksial*

Spesimen	BPFO (150 Hz)	BPFI (207 Hz)	BSF (75 Hz)
Spesimen 1	0,2 mm/s	0,05 mm/s	0,3 mm/s

Spesimen 2	0,7 mm/s	0,2 mm/s	0,2 mm/s
Spesimen 3	2,5 mm/s	0,3 mm/s	0,7 mm/s

Dari tabel 4.5 terlihat bahwa *amplitudo* arah *aksial* meningkat seiring meningkatnya kerusakan. Pada frekuensi BPFO (150 Hz) amplitudo naik dari 0,2 (normal) mm/s menjadi 2,2 mm/s (berat).

Dari tabel 4.4 dan 4.5 menunjukkan bahwa arah *radial* atau *aksial* terdapat kenaikan *amplitudo* getaran pada frekuensi-frekuensi karakteristik *bearing* yang menjadi indikasi jelas bahwa terjadi kerusakan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan alat pengujian yang sudah dirancang, dapat dilakukan proses *alignment* dan mampu melakukan proses pengujian getaran *bearing*.
2. Terjadi perubahan amplitudo antara bearing – spesimen 1 dengan bearing – spesimen 3 pada frekuensi 150 Hz dimana frekuensi tersebut adalah frekuensi kerusakan *outer ring* atau disebut BPFO (*Bearing Pass Frequency Outer ring*). Amplitudo tinggi juga terjadi pada frekuensi 75 Hz, yang menunjukkan frekuensi kerusakan *roller* atau disebut BSF (*Bearing Spin Frequency*).

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Saran yang dapat peneliti berikan sebagai berikut:

1. Menggunakan *flexible coupling* sehingga getaran pada poros tidak terlalu besar dan tidak mengganggu sinyal frekuensi yang diteliti.
2. Memastikan setiap prosedur dari mulai pembuatan komponen, *assembly* dan *alignment* harus dilakukan secara bertahap dan teliti karna jika asal akan berpengaruh pada penelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amra, S., Murdani , Yusian , D. R., & Azhar. (2022). PEMBUATAN ALAT UKUR GETARAN MENGGUNAKAN SENSOR *ACCELEROMETER* BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16 DENGAN TAMPILAN PC. *Journal of Informatics and Computer Science Vol. 8 No. 2*, 130-139 .
- Bagia, I., & Parsa , I. (2018). *Motor - Motor Listrik* . Kupang : CV. Rasi Terbit .
- Chu, T., Nguyen , T., Yoo, H., & Wang , J. (2024 , February). A review of vibration analysis and its applications. *Heliyon 10* , hal. 1-12.
- Hidayat, R., & Willis, G. R. (2017). ANALISIS GETARAN PADA KOMPRESOR MESIN PENDINGIN DENGAN VARIASI PUTARAN (RPM). 65-72.
- Latifin, & Widyanto, T. (2024). PERANCANGAN SIMULATOR SINGLE PLANE BALANCING UNTUK MATA KULIAH PRAKTIKUM ANALISIS GETARAN MESIN. *SNTEM, Volume 4* , 213-222.
- Linandar, M. D., Sumadi, & Pramono, G. E. (2021). ANALISA PEMILIHAN BANTALAN GELINDING PADA BELT CONVEYOR MIN. *ALMIKANIKA*, 8-12.
- Lubis, F., Pane, R., Lubis, S., Siregar, M. A., & Kusuma, B. S. (2021). Analisa Kekuatan *Bearing* Pada *Prototype Belt Conveyor*. *Jurnal Mesil (Mesin, Elektro, Sipil,)*, 51-57.
- Muchid, M., Hidayad, I., Raharjo , S. A., Akbar, A. M., Unpapar, H. O., & Sanjaya, L. P. (2022). ANALISA SPESIMEN UJI TARIK METODE GD&T PADA APLIKASI KAMPUH LAS V . *JURNAL INSTEK*, 87-95.
- Pangestu, A., & Anzip, A. (2015). ANALISA KERUSAKAN *BEARING LOW PRESSURE BOILER FEED PUMP* (LP BFP) BLOK 1C DI PLTGU – PT PJB UP GRESIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE *VIBRASI*.
- Putra, L. A. (2016). ANALISA KERUSAKAN POMPA *SENTRIFUGAL* P-011C DI PT. SULFINDO ADIUSAHA DENGAN MENGGUNAKAN

TRANSCUDER GETARAN ACCELEROMETER . Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 05, No. 3, 98-104 .

- Rarianto , E. (2016). ANALISIS *VIBRASI* UNTUK MEDETEKSI KERUSAKAN PADA TURBIN UAP UBB PABRIK III DI PT.PETROKIMIA GRESIK. Surabaya : ITS Repository .
- Romdhoni, Mardiansyah , & Kusnadi, H. (2023). Bearing Fault Detection Menggunakan Metode . *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika Vol. 22 No. 1*, 49-58.
- S, S. J., & Saleh, A. (2022). ANALISIS PENGARUH MISALIGNMENT PADA KINERJA MOTOR INDUKSI. *Jurnal akpelni*, 18-25.
- Samnur, Jaya, I., & Mahande, R. D. (2010). Analisis Hubungan Getaran dengan Temperatur Kerja pada Mesin Mill Fan 412 di PT. Semen Tonasa. *TEKNOLOGI VOLUME 11 NO.3 APRIL 2010*, 173-180.
- Samnur, Jaya, I., & Mahande, R. D. (2010). Analisis Hubungan Getaran dengan Temperatur Kerja Pada Mesin Mill Fan 412 di PT. Semen Tonasa. *TEKNOLOGI VOLUME 11 NO.3*, 173-180.
- Sunarko, B. K. (2010). ANALISA GETARAN PADA MESIN SEPEDA MOTOR. Depok: academia.edu.
- Surbakti, P. P., & Sabri, M. (2021). IDENTIFIKASI EKSPERIMENTAL *VIBRASI* PADA SISTEM TRANSMISI MESIN SLUDGE SEPARATOR. *Jurnal Dinamis Vol 9. No 1*, 20-31.
- Syafri, & Firdaus, R. R. (2024). Deteksi kerusakan bearing SKF-3213 pada *centrifugal feed pump* dengan metode analisis getaran di PT Pertamina Sungai Pakning. 143-150.

LAMPIRAN

