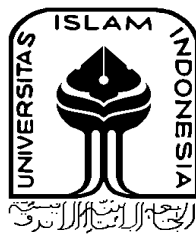


**Analisis Getaran *Bearing* Aksial Radial untuk Mendeteksi
Kerusakan Mesin**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Wahyu Suryo Guritno
No. Mahasiswa : 20525118
NIRM : 2009080096

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

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya saya 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, 28 Juli 2025



Muhammad Wahyu Suryo Guritno

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**Analisis Getaran *Bearing* Aksial Radial untuk Mendeteksi
Kerusakan Mesin**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

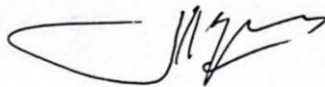
Nama : Muhammad Wahyu Suryo Guritno

No. Mahasiswa : 20525118

NIRM : 2009080096

Yogyakarta, 14 Juli 2025

Pembimbing I,



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**Analisis Getaran *Bearing* Aksial Radial untuk Mendeteksi
Kerusakan Mesin**


TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

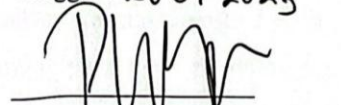
Nama : Muhammad Wahyu Suryo Guritno
No. Mahasiswa : 20525118
NIRM : 2009080096

Tim Penguji

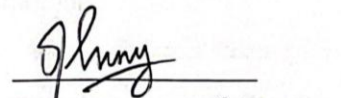
Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng
Ketua


Tanggal : 28 07 2025

Purtojo, S.T., M.Sc
Anggota I


Tanggal : 25 07 2025

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


Tanggal : 25 Juli 2025 .

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin





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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur yang mendalam, penulis mempersembahkan karya skripsi ini sebagai bentuk penghargaan atas proses panjang yang telah dilalui dan rasa terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah menjadi bagian penting dalam proses pencapaian ini.

Ucapan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat, petunjuk, dan kekuatan yang telah diberikan sehingga penulis mampu melalui setiap tantangan dalam proses pendidikan ini. Tanpa pertolongan-Nya, segala upaya ini tentu tak akan berarti.

Persembahan ini juga ditujukan kepada kedua orang tua tercinta yang telah menjadi sumber kekuatan, kasih sayang, doa, dan dukungan tanpa henti. Setiap tetes peluh dan doa tulus mereka adalah fondasi utama yang menguatkan langkah penulis hingga titik ini.

Kepada kedua kakak yang selalu memberikan semangat dan menjadi teman berbagi cerita di tengah perjalanan panjang ini, serta seluruh keluarga besar yang turut mendoakan dan memberi dukungan moral.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan dedikasi, serta memberikan banyak ilmu dan arahan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.

Tak lupa, kepada teman-teman seperjuangan yang selalu hadir dalam suka dan duka, yang menjadi bagian penting dalam perjalanan perkuliahan, serta berbagi semangat dan kebersamaan yang tidak terlupakan.

Akhirnya, karya ini juga penulis persembahkan kepada almamater tercinta, Universitas Islam Indonesia, tempat di mana penulis ditempa, belajar, dan tumbuh menjadi pribadi yang lebih dewasa. Semoga skripsi ini dapat menjadi langkah awal dalam memberikan kontribusi nyata dan membawa manfaat bagi siapa pun yang membacanya.

HALAMAN MOTTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

"Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya,"
(QS. Al-Baqarah [2]: 286)

"Belajar tak berhenti di ruang kelas. Merantaulah, di sanalah kehidupan membentuk manusia yang sesungguhnya."
(Puspita Ningrum)

"Di saat-saat tergelap kita, kita perlu fokus melihat cahaya".
(Aristoteles)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmanirrahim. Alhamdulillah Rabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas rahmat, karunia, dan kemudahan yang senantiasa menyertai. Dengan izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Rasa syukur yang mendalam penulis panjatkan atas segala nikmat kesehatan, kesempatan, dan kelancaran yang diberikan sepanjang proses penyusunan karya ini.

Dengan penuh kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah menjadi perantara pertolongan Allah SWT dalam perjalanan studi dan penyusunan skripsi ini. Tanpa bantuan dan dukungan mereka, skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan. Untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Alm Bapak Wahyudi dan Ibu Sri Miyanti, terima kasih telah menjadi orang tua yang selalu membimbing penulis dan juga selalu sabar serta memberi kasih sayang dan berdoa tanpa henti sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Puspita Ningrum dan Priyo Kusuma Yudhanto, terima kasih telah menjadi kakak yang penuh perhatian dan selalu memberi semangat pada penulis sehingga tugas akhir ini dapat selesai.
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 Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. Selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang selalu sabar dan memberi semangat untuk penulis serta memberikan banyak ilmu dan pelajaran yang berharga bagi penulis.
5. Saya ingin berterima kasih kepada seluruh Bapak dan Ibu dosen yang telah banyak memberikan ilmu dan pelajaran kepada penulis selama perjalanan akademik ini.
6. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh staff dan karyawan Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia atas kontribusi mereka membantu

mempermudah saya dalam hal administrasi selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

7. Saya ingin berterima kasih kepada teman seperjuangan Teknik Mesin 2020 yang banyak membantu penulis dan memberi dukungan juga pada penulis hingga selesainya tugas akhir ini.
8. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Fadhlurrahman Sahar dan M Rizalul Akmal selaku teman seperjuangan mengerjakan tugas akhir yang telah banyak membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Ericka Prestasiani Budiasih, yang senantiasa memberikan waktu dan tenaganya untuk membantu penulis, selalu memberikan dukungan serta do'a untuk penulis. Terima kasih selalu memberikan motivasi, semangat, dukungan tanpa henti sehingga secara tidak langsung membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis dalam perjalanan penulisan skripsi ini. Terima kasih atas segala bentuk bantuan, dorongan, motivasi, dan dukungan yang telah diberikan oleh teman, keluarga, dan semua orang yang telah turut serta dalam perjalanan ini.

Penulis berharap segala kebaikan, dukungan, dan do'a yang diberikan mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam Tugas Akhir ini dan terbuka terhadap saran serta kritik membangun. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pembaca. Aamiin Ya Robbal 'Alamin

Yogyakarta, 24 Juni 2025



Muhammad Wahyu Suryo Guritno

ABSTRAK

Mesin terdiri dari komponen mekanis yang saling terhubung dan menghasilkan getaran saat beroperasi, termasuk komponen penting seperti *bearing*, yang berfungsi sebagai penopang poros untuk meminimalkan gesekan selama proses rotasi. Kerusakan *bearing* yang tidak terdeteksi dapat menurunkan efisiensi sistem bahkan kerusakan mesin secara menyeluruh karena frekuensi getaran yang sangat tinggi sulit dideteksi oleh pancaindra manusia, maka diperlukan metode pemantauan berbasis analisis getaran.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis spektrum getaran pada *bearing* radial dan aksial, serta mengidentifikasi jenis kerusakan melalui pengukuran amplitudo berdasarkan standar frekuensi seperti BPFI, BPFO, BSF, dan FTF. Pengujian dilakukan dengan merancang alat uji yang mampu mengakomodasi dua jenis *bearing* dalam berbagai kondisi: normal, sedang, dan rusak.

Kerusakan dibuat dengan cara menghilangkan pelumas dan menjalankan mesin dalam waktu lama. Data getaran dikumpulkan menggunakan alat SKF Quick Collect dan pengukuran *alignment* dilakukan dengan TKSA 51 untuk memastikan akurasi sistem.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan amplitudo secara signifikan pada masing-masing kondisi kerusakan, baik pada *bearing* radial maupun aksial, seperti *inner race*, *outer race*, bola, dan *cage*. Dengan analisis frekuensi seperti BPFI, BPFO, BSF, dan FTF, kerusakan dapat diidentifikasi secara lebih akurat. Rancang bangun alat uji juga berhasil dikembangkan dan diuji untuk memperoleh data yang representatif.

Kata kunci: Mesin, Getaran, SKF Quick Collect, Bearing Radial, Bearing Aksial, Analisis Spektrum, Kerusakan Bearing

ABSTRACT

A machine consists of interconnected mechanical components that produce vibrations during operation, including important components such as bearings, which function as shaft supports to minimize friction during the rotation process. Undetected bearing damage can reduce system efficiency and even damage the entire machine because the very high vibration frequency is difficult to detect by human senses, so a vibration analysis-based monitoring method is needed.

This study aims to analyze the vibration spectrum of radial and axial bearings, and identify the type of damage through amplitude measurements based on frequency standards such as BPFI, BPFO, BSF, and FTF. Testing is carried out by designing a test tool that can accommodate two types of bearings in various conditions: normal, moderate, and damaged.

Damage occurs due to lubricant discharge and long-term machine operation. Vibration data is collected using the SKF Quick Collect tool and alignment measurements are carried out with TKSA 51 to ensure system accuracy.

The results show a significant increase in amplitude in each damage condition, both in radial and axial bearings, such as inner race, outer race, ball, and cage. With frequency analysis such as BPFI, BPFO, BSF, and FTF, damage can be identified more accurately. The design of the test equipment has also been successfully developed and tested to obtain representative data.

Keywords: Machine, Vibration, SKF Quick Collect, Radial Bearing, Axial Bearing, Spectrum Analysis, Bearing Damage

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| Pernyataan Keaslian | i |
| Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing | ii |
| Lembar Pengesahan Dosen Penguji | iii |
| Halaman Persembahan | iv |
| Halaman Motto | v |
| Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih | vi |
| Abstrak | viii |
| Daftar Isi | x |
| Daftar Tabel | xiv |
| Daftar Gambar | xv |
| Daftar Notasi | xvii |
| Bab 1 Pendahuluan | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| Bab 2 Tinjauan Pustaka | 4 |
| 2.1 Kajian Pustaka | 4 |
| 2.2 Getaran | 4 |
| 2.2.1 Amplitudo | 5 |
| 2.2.2 Frekuensi | 5 |
| 2.2.3 Fase | 6 |
| 2.3 <i>Bearing</i> (Bantalan) | 6 |
| 2.3.1 <i>Radial Bearing</i> | 6 |
| 2.3.2 <i>Axial Bearing</i> | 7 |
| 2.4 <i>Preload</i> (Pembebanan Awal) | 7 |
| 2.5 Jenis dan Karakteristik Beban Pada <i>Bearing</i> | 8 |
| 2.5.1 Beban Radial | 8 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.5.2 | Beban Aksial | 9 |
| 2.5.3 | Beban Gabungan | 9 |
| 2.6 | Toleransi Dimensi dan Geometri (GD&T)..... | 10 |
| 2.6.1 | <i>Parallelism</i> | 10 |
| 2.6.2 | <i>Roundness</i> | 11 |
| 2.6.3 | <i>Straightness</i> | 11 |
| 2.7 | <i>Alignment</i> dan <i>Misalignment</i> Pada Sistem Mekanis | 12 |
| 2.7.1 | <i>Alignment</i> | 12 |
| 2.7.2 | <i>Misalignment</i> | 12 |
| 2.8 | Alat Ukur | 13 |
| 2.8.1 | Vibration Meter | 14 |
| 2.8.2 | Vibration Analyzer | 14 |
| 2.8.3 | Osiloskop..... | 15 |
| 2.8.4 | Sensor Vibrasi | 15 |
| Bab 3 | Metode Penelitian | 17 |
| 3.1 | Alur Penelitian..... | 17 |
| 3.2 | Kriteria Desain..... | 18 |
| 3.3 | Pembuatan Desain Alat Uji | 18 |
| 3.4 | Peralatan dan Bahan | 18 |
| 3.4.1 | Peralatan | 18 |
| 3.4.2 | Bahan..... | 19 |
| 3.5 | Pembuatan Alat | 20 |
| 3.5.1 | Pembuatan <i>Frame</i> (Rangka)..... | 20 |
| 3.5.2 | Pembuatan Beban Uji..... | 21 |
| 3.5.3 | Pembuatan <i>Housing Thrust Bearing</i> | 21 |
| 3.5.4 | Pembuatan Kopling | 22 |
| 3.6 | Pengujian GD&T | 22 |
| 3.6.1 | <i>Roundness</i> | 23 |
| 3.6.2 | <i>Parallelism</i> | 23 |
| 3.6.3 | <i>Straightness</i> | 24 |
| 3.7 | Proses Penentuan <i>Preload</i> | 24 |
| 3.8 | Proses <i>Assembly</i> | 25 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.8.1 | Proses Pemasangan Motor Elektrik dan Kopling..... | 25 |
| 3.8.2 | Pemasangan <i>Thrust Bearing</i> dan <i>Housing Thrust Bearing</i> | 25 |
| 3.8.3 | Pemasangan <i>Preload</i> dan Poros | 26 |
| 3.8.4 | Pemasangan Beban Uji..... | 27 |
| 3.8.5 | Pemasangan <i>Housing Bearing Radial</i> | 27 |
| 3.9 | Proses <i>Alignment</i> | 28 |
| 3.10 | Menghitung Frekuensi <i>Bearing</i> | 28 |
| 3.10.1 | Menghitung <i>Ball Pass Frequency Inner</i> (BPFI) | 29 |
| 3.10.2 | Menghitung <i>Ball Pass Frequency Outer</i> (BPFO) | 30 |
| 3.10.3 | Menghitung <i>Ball Spin Frequency</i> (BSF)..... | 30 |
| 3.10.4 | Menghitung <i>Fundamental Train Frequency</i> (FTF)..... | 30 |
| 3.11 | Proses Pengambilan Data Getaran..... | 31 |
| Bab 4 | Hasil dan Pembahasan | 32 |
| 4.1 | Hasil Perancangan | 32 |
| 4.2 | Hasil Pengujian GD&T | 32 |
| 4.2.1 | Hasil Pengujian <i>Roundness</i> | 32 |
| 4.2.2 | Hasil Pengujian <i>Parallelism</i> | 33 |
| 4.2.3 | Hasil Pengujian <i>Straightness</i> | 33 |
| 4.3 | Hasil Pengujian..... | 33 |
| 4.3.1 | Penempatan Sensor..... | 33 |
| 4.3.2 | Spektrum Getaran <i>Bearing Radial Normal</i> Arah Radial..... | 35 |
| 4.3.3 | Spektrum Getaran <i>Bearing Radial Normal</i> Arah Aksial..... | 36 |
| 4.3.4 | Spektrum Getaran <i>Bearing Aksial Normal</i> Arah Radial..... | 37 |
| 4.3.5 | Spektrum Getaran <i>Bearing Aksial Normal</i> Arah Aksial..... | 37 |
| 4.3.6 | Spektrum Getaran <i>Bearing Radial Sedang</i> Arah Radial | 38 |
| 4.3.7 | Spektrum Getaran <i>Bearing Radial Sedang</i> Arah Aksial | 39 |
| 4.3.8 | Spektrum Getaran <i>Bearing Aksial Sedang</i> Arah Radial | 40 |
| 4.3.9 | Spektrum Getaran <i>Bearing Aksial Sedang</i> Arah Aksial | 40 |
| 4.3.10 | Spektrum Getaran <i>Bearing Radial Rusak</i> Arah Radial | 41 |
| 4.3.11 | Spektrum Getaran <i>Bearing Radial Rusak</i> Arah Aksial | 42 |
| 4.3.12 | Spektrum Getaran <i>Bearing Aksial Rusak</i> Arah Radial | 43 |
| 4.3.13 | Spektrum Getaran <i>Bearing Aksial Rusak</i> Arah Aksial | 44 |

| | | |
|----------------|--|----|
| 4.4 | Analisis dan Pembahasan | 44 |
| Bab 5 | Penutup..... | 48 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 48 |
| 5.2 | Saran untuk Penelitian Selanjutnya | 48 |
| Daftar Pustaka | | 50 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3- 1 Peralatan Penelitian..... | 18 |
| Tabel 3- 2 Bahan Penelitian..... | 19 |
| Tabel 4- 1 Tingkat Kerusakan <i>Bearing</i> Radial Arah Radial | 45 |
| Tabel 4- 2 Tingkat Kerusakan <i>Bearing</i> Radial Arah Aksial | 46 |
| Tabel 4- 3 Tingkat Kerusakan <i>Bearing</i> Aksial Arah Radial | 47 |
| Tabel 4- 4 Tingkat Kerusakan <i>Bearing</i> Aksial Arah Aksial..... | 47 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2- 1 Gelombang Amplitudo | 5 |
| Gambar 2- 2 Satu Gelombang Frekuensi | 5 |
| Gambar 2- 3 Fase Gelombang | 6 |
| Gambar 2- 4 Bearing Radial | 7 |
| Gambar 2- 5 Bearing Axial | 7 |
| Gambar 2- 6 <i>Preload Bearing</i> | 8 |
| Gambar 2- 7 Arah Beban Radial | 8 |
| Gambar 2- 8 Arah Beban Aksial | 9 |
| Gambar 2- 9 Arah Gaya Gabungan | 10 |
| Gambar 2- 10 Kesejajaran Permukaan Terhadap Datum | 10 |
| Gambar 2- 11 Parameter Kebulatan | 11 |
| Gambar 2- 12 Parameter <i>Straightness</i> | 11 |
| Gambar 2- 13 <i>Alignment</i> Poros | 12 |
| Gambar 2- 14 <i>Misalignment</i> Poros | 13 |
| Gambar 2- 15 Alat Ukur Getaran | 13 |
| Gambar 2- 16 Vibration Meter | 14 |
| Gambar 2- 17 Vibration Analyzer | 15 |
| Gambar 2- 18 Osiloskop | 15 |
| Gambar 2- 19 Sumbu Pengukuran Sensor | 16 |
| Gambar 3- 1 Diagram Alur Penelitian | 17 |
| Gambar 3- 2 Desain 3D Alat Uji | 18 |
| Gambar 3- 3 Rangka Alat Uji | 20 |
| Gambar 3- 4 Beban Alat Uji | 21 |
| Gambar 3- 5 <i>Housing Thrust Bearing</i> | 22 |
| Gambar 3- 6 Kopling | 22 |
| Gambar 3- 7 Pengujian <i>Roundness</i> | 23 |
| Gambar 3- 8 Pengujian <i>Parallelism</i> | 24 |
| Gambar 3- 9 Pengujian <i>Straightness</i> | 24 |
| Gambar 3- 10 Mur <i>Preload Thrust Bearing</i> | 24 |
| Gambar 3- 11 Pemasangan Motor Elektrik dan Kopling | 25 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3- 12 Pemasangan <i>Thrust Bearing</i> (a) <i>Housing Thrust Bearing</i> (b)..... | 26 |
| Gambar 3- 13 Pemasangan Mur <i>Preload</i> dan Poros | 26 |
| Gambar 3- 14 Pemasangan Beban Uji..... | 27 |
| Gambar 3- 15 Pemasangan <i>Housing Bearing</i> Radial | 27 |
| Gambar 3- 16 Pemasangan SKF TKSA 51 Pada Mesin Uji | 28 |
| Gambar 3- 17 <i>Alignment</i> Mesin Uji | 28 |
| Gambar 3- 18 <i>Data sheet</i> bearing UC 205 | 29 |
| Gambar 3- 19 <i>Data sheet</i> bearing ASB 51405 | 29 |
| Gambar 3- 20 Rumus Frekuensi Kegagalan Elemen <i>Bearing</i> | 29 |
| Gambar 3- 21 Sumbu Pengambilan Data Getaran..... | 31 |
| Gambar 4- 1 Hasil Perancangan | 32 |
| Gambar 4- 2 Standar Getaran ISO 10816..... | 33 |
| Gambar 4- 3 Penempatan Sensor Arah Radial | 34 |
| Gambar 4- 4 Penempatan Sensor Arah Aksial | 34 |
| Gambar 4- 5 Spektrum <i>Bearing</i> Radial Normal Arah Radial | 35 |
| Gambar 4- 6 Spektrum <i>Bearing</i> Radial Normal Arah Aksial | 36 |
| Gambar 4- 7 Spektrum <i>Bearing</i> Aksial Normal Arah Radial | 37 |
| Gambar 4- 8 Spektrum <i>Bearing</i> Aksial Normal Arah Aksial | 37 |
| Gambar 4- 9 Spektrum <i>Bearing</i> Radial Sedang Arah Radial..... | 38 |
| Gambar 4- 10 Spektrum <i>Bearing</i> Radial Sedang Arah Aksial..... | 39 |
| Gambar 4- 11 Spektrum <i>Bearing</i> Aksial Sedang Arah Radial..... | 40 |
| Gambar 4- 12 Spektrum <i>Bearing</i> Aksial Sedang Arah Aksial..... | 40 |
| Gambar 4- 13 Spektrum <i>Bearing</i> Radial Rusak Arah Radial..... | 41 |
| Gambar 4- 14 Spektrum <i>Bearing</i> Radial Rusak Arah Aksial..... | 42 |
| Gambar 4- 15 Spektrum <i>Bearing</i> Aksial Rusak Arah Radial..... | 43 |
| Gambar 4- 16 Spektrum <i>Bearing</i> Aksial Rusak Arah Aksial..... | 44 |
| Gambar 4- 17 Tingkat Kerusakan <i>Bearing</i> Radial Arah Radial..... | 45 |
| Gambar 4- 18 Tingkat Kerusakan <i>Bearing</i> Radial Arah Aksial..... | 45 |
| Gambar 4- 19 Tingkat Kerusakan <i>Bearing</i> Aksial Arah Radial..... | 46 |
| Gambar 4- 20 Tingkat Kerusakan <i>Bearing</i> Aksial Arah Aksial..... | 46 |

DAFTAR NOTASI

RPM = *Revolution Per Minute*

Hz = *Hertz*

FTF = *Fundamental Train Frequency*

BSF = *Ball Spin Frequency*

BPFO = *Ball Pass Frequency Outer*

BPFI = *Ball Pass Frequency Inner*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam sebuah industri, mesin yang dapat beroperasi secara optimal sangat penting untuk memastikan kelancaran proses produksi. Mesin yang berfungsi dengan baik akan memberikan berbagai manfaat, baik dalam hal efisiensi operasional maupun dalam pencapaian tujuan perusahaan. Salah satu manfaat utama dari mesin yang optimal adalah kemampuan untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang konsisten dan tepat waktu.

Mesin yang bekerja secara optimal sangat berkontribusi pada tercapainya target produksi yang telah ditetapkan, serta mengurangi potensi *downtime* yang dapat merugikan perusahaan. Lebih jauh lagi, sebuah mesin yang selalu berada dalam kondisi prima juga dapat memperpanjang usia pakainya, sehingga mengurangi frekuensi penggantian komponen dan mesin itu sendiri.

Dalam jangka panjang, ini akan mengurangi pengeluaran modal yang dibutuhkan untuk pemeliharaan dan pembelian mesin baru, serta memperbaiki keberlanjutan dan daya saing perusahaan. Namun dalam mesin industri saat ini mesin berputar dengan frekuensi getaran yang tinggi sehingga indra manusia pada umumnya tidak lagi dapat membedakan frekuensi tersebut.

Kerusakan mesin akibat rusaknya bantalan yang tidak dapat terdeteksi mengakibatkan turunnya efisiensi produksi dan berkurangnya keuntungan pada sebuah perusahaan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Widodo dkk., (2020) yang menunjukkan bahwa kerusakan akibat bantalan yang cacat dapat menurunkan efisiensi motor listrik sebesar 1-2%, sehingga untuk mengatasinya perlu dikembangkan metode untuk mendeteksi dini kerusakan pada sebuah mesin yang menggunakan alat untuk mengukur getaran.

Berdasarkan latar belakang di atas dan mengingat pentingnya *bearing* dalam sebuah komponen mesin, baik *bearing* radial dan juga aksial yang digunakan pada sebuah industri maka peneliti tertarik untuk meneliti komponen mesin berupa bantalan (*bearing*) khususnya bantalan radial dan juga aksial.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan uraian singkat pustaka yang relevan di atas, maka peneliti merumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana penyiapan alat pengujian *bearing*?
2. Bagaimana spektrum getaran bantalan radial dan aksial pada mesin uji dapat diidentifikasi dan dianalisis?
3. Jenis kerusakan apa saja yang dapat dianalisis pada spektrum getaran?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi beberapa hal sebagai berikut:

1. Jenis *bearing* yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe *rolling element* yaitu *ball bearing*.
2. Pengambilan data menggunakan mesin uji yang telah dibuat sendiri di Lab Konversi Energi UII.
3. *Bearing* yang digunakan adalah *thrust ball bearing* dan *UCP bearing*.
4. Alat yang digunakan untuk pengambilan data adalah SKF Quick Collect pada Lab Konversi Energi UII.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mencapai beberapa hal, antara lain:

1. Mengetahui kriteria penyiapan alat uji *bearing*.
2. Mengetahui spektrum getaran dari *bearing* aksial dan radial yang digunakan pada mesin uji.
3. Menganalisis spektrum getaran untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada *bearing* aksial dan radial.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Adapun manfaat dari penelitian, yaitu:

1. Mengetahui pengaruh spektrum terhadap tingkatan kerusakan pada *bearing*.
2. Mengetahui kerusakan yang dapat terjadi pada *bearing* baik *bearing* aksial maupun radial.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada bagian ini dituliskan urutan dan sistematika penulisan yang dilakukan. Berikan ringkasan mengenai isi masing-masing bab.

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 getaran yang 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 (Lubis et al., 2021), bantalan Gelinding (*bearing*) merupakan sebuah komponen yang banyak digunakan dalam mesin yang memiliki cara kerja berputar. *Bearing* sendiri memiliki fungsi yaitu dapat menahan beban pada poros sehingga putaran yang dihasilkan menjadi halus dan aman.

Menurut (Dinwasiba et al., 2021), *bearing* merupakan komponen yang sangat penting dalam sebuah mesin untuk meningkatkan efisien mesin tersebut, namun jika *bearing* tersebut memiliki kerusakan dapat membuat kinerja menjadi tidak efisien karena harus membongkar dan melihat untuk meneliti bagian mana yang rusak sehingga memakan biaya serta waktu yang banyak. Kerusakan pada *bearing* tersebut dapat diketahui tanpa harus melihat kondisi *bearing* secara langsung dengan melihat getaran *bearing* yang ada.

Menurut (Sadiana, 2016), getaran dapat diartikan sebagai gerakan teratur yang didasari benda atau media yang menggunakan arah bolak-balik berdasarkan kedudukan keseimbangan. Getaran dapat terjadi saat sebuah mesin atau alat dijalankan menggunakan motor yang berpengaruh terhadap sifat mekanis.

Menurut (Syahrul et al., 2017), sinyal getaran pada *bearing* merupakan sinyal yang dapat kita lihat untuk mengetahui kerusakan *bearing* secara spesifik. Getaran pada *bearing* dianggap sebagai metode paling efektif dan juga banyak digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada *bearing*. Getaran yang dianalisis dapat mengindikasikan adanya kerusakan *bearing* seperti keausan, kerusakan permukaan, atau ketidakseimbangan. Dalam mencari sinyal getaran *bearing* yang bersifat murni, alat yang dibuat harus sudah sempurna, baik dalam keselarasan poros (*alignment*) dan sesuai dengan aspek toleransi geometri yang ada.

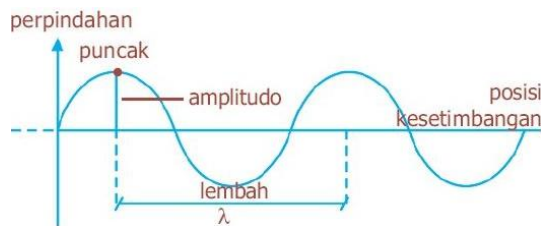
2.2 Getaran

Getaran adalah gerak osilasi atau gerak yang berulang-ulang dengan tempo yang cepat. Getaran yang berlebih dapat merusak peralatan sehingga

mengakibatkan terjadinya berbagai kerusakan komponen mesin (Roza et al., 2020).

2.2.1 Amplitudo

Amplitudo adalah jarak maksimum dari titik keseimbangan dalam suatu getaran, yang sangat berpengaruh terhadap keras atau lemahnya bunyi yang dihasilkan oleh getaran tersebut (Gunawan et al., 2017).

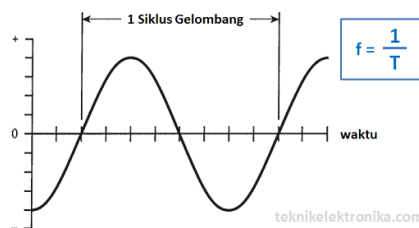


Gambar 2- 1 Gelombang Amplitudo

(Sumber: <https://mipi.ai/result/solution/4-Apa-pengaruh-amplitudo-terhadap-bunyi-!1a0397c5-4825-456e-91d9-a4e78bd49c46>)

2.2.2 Frekuensi

Frekuensi adalah jumlah pengulangan suatu peristiwa dalam jangka waktu tertentu (Syarif, 2018). Dalam kecepatan sebuah mesin diukur dengan revolusi per menit (RPM), namun frekuensi yang dihasilkan oleh alat berupa satuan *Hertz* (Hz).

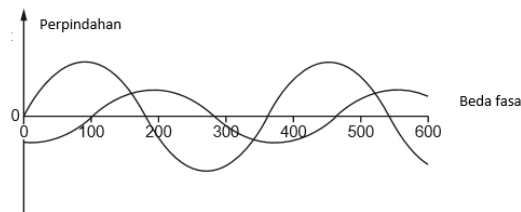


Gambar 2- 2 Satu Gelombang Frekuensi

(Sumber: (<https://teknikelektronika.com/pengertian-frekuensi-cara-menghitung-frekuensi>))

2.2.3 Fase

Fase adalah pengukuran waktu yang diubah menjadi sudut dalam rotasi, fase dapat membantu menentukan di mana titik kerusakan akan terjadi nantinya. Fase merupakan pengukuran sudut relatif yang terjadi pada suatu titik terhadap poros yang sedang berputar. Dalam satu siklus sinyal periodik menggambarkan lingkaran lengkap sebesar 360° (Rizqullah, 2017).



Gambar 2- 3 Fase Gelombang

(Sumber: (<https://roboguru.ruangguru.com>))

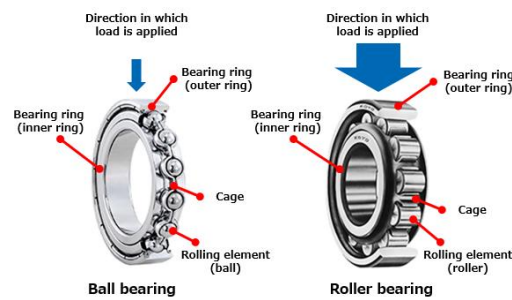
2.3 *Bearing* (Bantalan)

Bearing merupakan komponen mesin yang penting dan krusial dalam sebuah mesin industri. *Bearing* harus cukup kokoh agar poros serta elemen mesin dapat bekerja dengan baik secara keseluruhan agar gerakan yang terjadi dapat berlangsung secara halus, aman, dan memiliki umur pakai yang panjang (Harling & Apasi, 2018).

Menurut Zulpani et al., (2022), bantalan yang berkualitas baik akan menghasilkan gelombang yang stabil dan halus, sedangkan bantalan yang rusak cenderung menghasilkan gelombang dengan amplitudo tinggi. Kondisi ini menjadi tanda awal dalam mendeteksi kerusakan mesin yang terjadi pada bantalan. Deteksi kerusakan sejak dini dapat dilakukan dengan menganalisis getaran salah satu komponen mesin, yaitu *bearing*.

2.3.1 Radial *Bearing*

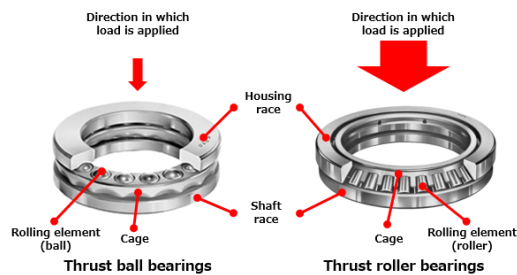
Bearing radial adalah bantalan yang menumpu beban dengan arah tegak lurus dengan sumbu poros. *Bearing* ini umumnya digunakan untuk mendukung poros yang berputar dan mengurangi gesekan antara komponen yang bergerak (Linandar, 2021).



Gambar 2- 4 Bearing Radial
(Sumber: (<https://koyo.jtekt.co>))

2.3.2 Axial Bearing

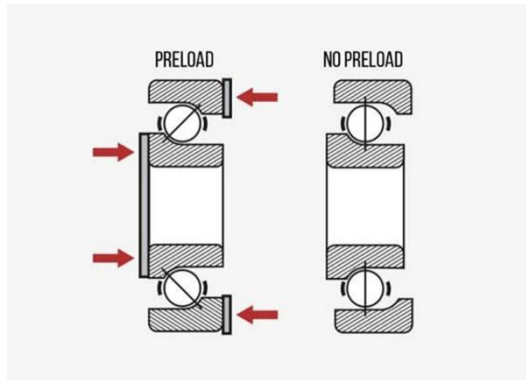
Bearing aksial adalah bantalan yang menumpu beban dengan arah sejajar dengan sumbu poros. Bantalan ini banyak digunakan dalam mesin industri seperti turbin dan juga pompa (Linandar, 2021).



Gambar 2- 5 Bearing Axial
(Sumber: (<https://koyo.jtekt.co>))

2.4 Preload (Pembebanan Awal)

Pembebanan awal pada *bearing* sengaja diberikan agar menjaga *bearing* tetap tertekan secara internal, sehingga beban yang diterima *bearing* sesuai. *Preload* biasanya digunakan pada *bearing* yang jarak bebasnya (*internal clearance*) dapat disesuaikan selama pemasangan seperti *tapered roller bearing*, *spherical roller bearing*, *angular contact bearing*, dan *thrust bearing* (Cahaya et al., 2020).



Gambar 2- 6 *Preload Bearing*

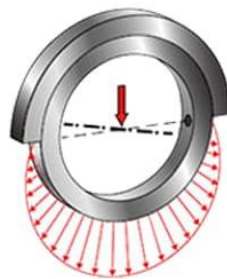
(Sumber: (<https://fhdbearings.com>))

2.5 Jenis dan Karakteristik Beban Pada *Bearing*

Dalam operasi dari sebuah *bearing* beban merupakan hal yang penting, *bearing* menahan berbagai jenis gaya yang bekerja pada saat mesin dijalankan. Pemilihan penggunaan dari sebuah *bearing* juga sangat bergantung dari beban yang akan ditahan. *Bearing* juga dapat mengalami kerusakan dini apabila menerima beban dengan kondisi yang ekstrim (Dahlan et al., 2023).

2.5.1 Beban Radial

Beban radial adalah gaya yang bekerja tegak lurus dengan sumbu poros (*shaft axis*). Beban radial bekerja dari poros diteruskan melalui *inner ring* dari *bearing*, lalu melalui elemen *rolling* menuju *outer ring*. Beban radial berasal dari berat poros atau komponen yang terpasang seperti *disk* (Ricci, 2023).



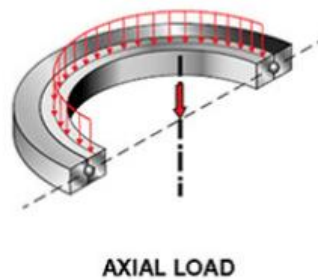
Radial Load

Gambar 2- 7 Arah Beban Radial

(Sumber: (<https://www.lily-bearing.com>))

2.5.2 Beban Aksial

Beban aksial adalah gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu poros (*shaft axis*). Beban aksial bekerja dari poros yang berputar melalui permukaan kontak yang bergerak relatif satu sama lain yaitu *inner ring* diteruskan ke elemen gelinding dan *outer ring* yang diam menahan beban aksial tersebut (Pugastri et al., 2022).

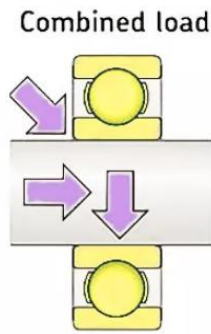


Gambar 2- 8 Arah Beban Aksial

(Sumber: (<https://www.bearing-news.com>))

2.5.3 Beban Gabungan

Beban gabungan adalah gaya yang bekerja dengan kombinasi yaitu secara radial dan juga aksial dengan sumbu porosnya (*shaft axis*). Beban gabungan bekerja dengan cara poros mendapatkan beban radial dan aksial lalu diteruskan ke *inner ring* dan menekan elemen gelinding, gaya radial diteruskan secara tegak lurus ke *outer ring* dan gaya aksial sejajar pada *outer ring* sehingga membentuk sudut kontak akibat gaya radial dan aksial yang diterima bersamaan (Aguirrebeitia et al., 2017).



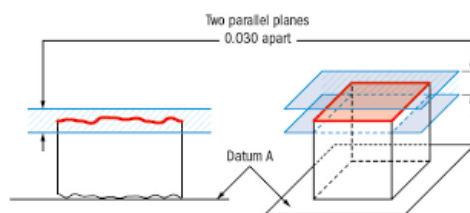
Gambar 2- 9 Arah Gaya Gabungan
(Sumber: <https://www.lnbbearing.com>)

2.6 Toleransi Dimensi dan Geometri (GD&T)

GD&T merupakan standar yang mendefinisikan produk rekayasa secara geometris untuk menyampaikan maksud dari desain. Standar ini juga berfungsi sebagai dasar dokumentasi dalam sistem desain, pengendalian kualitas, dan proses produksi. GD&T sangat penting untuk menjaga keakuratan dalam proses inspeksi sehingga tidak menimbulkan kesalahan saat proses fabrikasi (Wearing C. & Karl D. P, 1995).

2.6.1 *Parallelism*

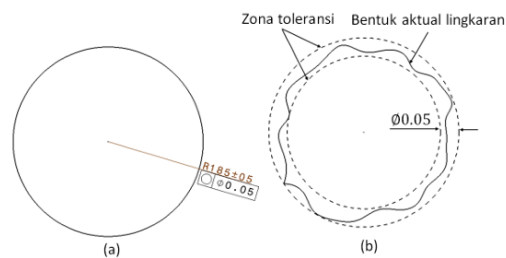
Parallelism digunakan untuk mengukur kesejajaran permukaan antar datum dapat dilihat seperti pada Gambar 2-10 Datum A (bidang dasar) digunakan sebagai referensi dan permukaan atas objek (berwarna merah) menunjukkan antara dua bidang imajiner harus sejajar. Permukaan merah tidak harus sempurna, tetapi setiap titik harus berada dalam dua bidang yang sejajar tersebut, kesejajaran permukaan ditunjukkan dengan toleransi 0.03 mm.



Gambar 2- 10 Kesejajaran Permukaan Terhadap Datum
(Sumber: (<https://www.gdandtbasics.com>))

2.6.2 Roundness

Roundness (kebulatan) merupakan parameter yang penting dalam pembuatan komponen mesin. Parameter ini banyak digunakan dalam pengendalian kompleks bentuk benda kerja. Dapat dilihat pada Gambar 2-11 a (kiri) merupakan representasi bentuk dari lingkaran, pada bagian b (kanan) walaupun memiliki bentuk yang acak namun masih dalam zona toleransi yang ada, sehingga masih dapat diterima dan dikatakan sebagai lingkaran (Syam, 2018).

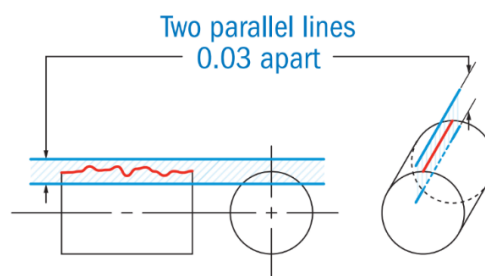


Gambar 2- 11 Parameter Kebulatan

(Sumber: (Syam, 2018))

2.6.3 Straightness

Straightness merupakan kondisi dimana garis elemen pada permukaan mengikuti garis lurus dan sesuai dengan toleransi. *Straightness* dapat menentukan seberapa lurus permukaan sepanjang garis (Talebi et al., 2020).



Gambar 2- 12 Parameter *Straightness*

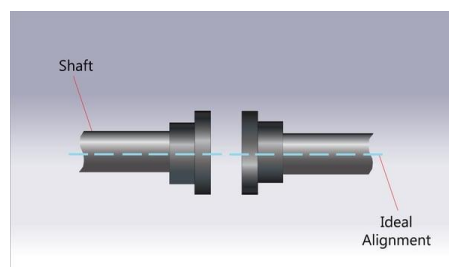
(Sumber: (<https://app.gdandtbasics.com>))

2.7 *Alignment* dan *Misalignment* Pada Sistem Mekanis

Alignment dan *misalignment* merupakan aspek penting dalam sistem mekanis, khususnya pada mesin-mesin berputar seperti motor, pompa, turbin, dan sistem transmisi daya lainnya. Keduanya berkaitan erat dengan posisi relatif antara poros-poros yang terhubung dalam satu sistem. Dalam jurnal penelitian menunjukkan bahwa hampir 50% *downtime* pada sistem rotasi mesin disebabkan oleh *misalignment* (Hassan & Ali, 2023).

2.7.1 *Alignment*

Alignment adalah sebuah proses yang dilakukan untuk menselaraskan kedua objek sehingga menjadi sentris. Sebagai contoh adalah *shaft* penggerak dengan *shaft* yang akan digerakkan. Namun dalam kenyataan yang terjadi pengertian lurus tidak bisa didapatkan dengan sepenuhnya yaitu 100% sehingga dalam aplikasinya menggunakan toleransi yaitu kurang dari 0,05 mm (Amrullah & Aminuddin, 2018). Lurusnya poros dalam proses ini yang disebut dengan *alignment*.

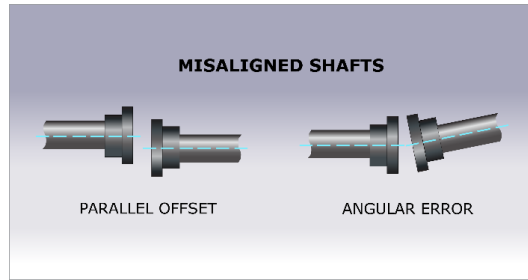


Gambar 2- 13 *Alignment* Poros

(Sumber: (<https://blog.slsbearings.com>))

2.7.2 *Misalignment*

Misalignment adalah proses penyimpangan yang terjadi akibat adanya tidak sejajarnya antara sumbu poros penggerak dengan sumbu poros yang digerakkan. Terjadinya ke poros yang tidak sejajar ini dapat menyebabkan kerusakan pada komponen mesin yang berputar (Akbar & Karmiadji, 2021).



Gambar 2- 14 *Misalignment* Poros
 (Sumber: (<https://blog.slsbearings.com>))

2.8 Alat Ukur

Alat ukur getaran merupakan instrumen penting dalam proses pemantauan kondisi mesin khususnya untuk mendeteksi *unbalance*, *misalignment*, dan kerusakan *bearing*. Getaran yang terjadi pada mesin berputar dapat memberikan informasi diagnostik yang berguna untuk mendeteksi kerusakan sejak dini, sehingga alat ukur getaran menjadi komponen utama dalam kegiatan *maintenance* berbasis kondisi (*condition-based maintenance*).



Gambar 2- 15 Alat Ukur Getaran
 (Sumber: (<https://alat-ukur-indonesia.com>))

Cara kerja dari alat ukur getaran sendiri adalah dengan menempelkan *magnetic base* ke bagian mesin atau benda yang akan diukur, kemudian *magnetic base* akan mengeluarkan sinyal akibat dari getaran objek yang diukur. Angka yang ditampilkan berbentuk *acceleration* (percepatan) dan *velocity* (kecepatan). Alat ukur getaran memiliki berbagai jenis antara lain:

2.8.1 Vibration Meter

Vibration meter merupakan alat kecil dan ringan yang mudah dibawa serta dioperasikan. Menggunakan baterai, alat ini mampu mengukur getaran mesin dengan cepat. Umumnya terdiri dari probe, kabel, dan layar tampilan, serta dilengkapi switch selector untuk memilih parameter getaran. Namun, alat ini hanya menunjukkan level getaran tanpa informasi frekuensi, sehingga biasanya digunakan untuk memantau tren getaran mesin (Aritonang & Wulanuari, 2018).



Gambar 2- 16 Vibration Meter

(Sumber: (<https://www.mitchellinstrument.com>))

2.8.2 Vibration Analyzer

Alat ini lebih canggih dari vibration meter karena mampu mengukur amplitudo pada berbagai skala dan frekuensi. Getaran mesin yang terdiri dari beberapa frekuensi dapat dianalisis lebih detail melalui spektrum, yakni data amplitudo terhadap frekuensi, yang berguna untuk mendeteksi kerusakan mesin (Aritonang & Wulanuari, 2018).



Gambar 2- 17 Vibration Analyzer
(Sumber: (<https://invicom.com>))

2.8.3 Osiloskop

Alat ini digunakan untuk mengukur dan menampilkan bentuk gelombang getaran mesin. Kerusakan seperti *unbalance*, *misalignment*, kelonggaran mekanis, *oil whirl*, atau kerusakan *bearing* dapat dikenali dari pola gelombang yang khas. Dengan fitur ini, alat mampu membantu identifikasi dini terhadap gangguan pada mesin secara visual, sehingga mendukung pemeliharaan prediktif yang lebih efektif (Aritonang & Wuluanuari, 2018).

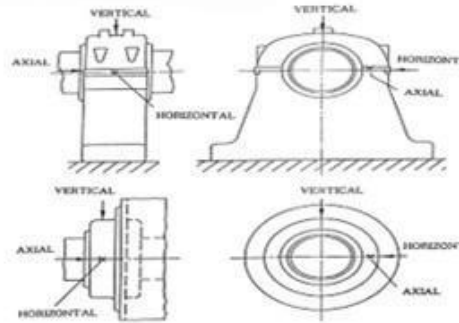


Gambar 2- 18 Osiloskop
(Sumber: (<https://www.yildirimelektronik.com>))

2.8.4 Sensor Vibrasi

Sensor vibrasi adalah sensor yang dapat mendeteksi getaran yang terjadi pada sebuah mesin, sensor ini mengubah getaran fisik menjadi getaran tegangan. Sensor ini diletakkan pada bagian mesin yang ingin diukur getarannya. Dalam

pengukuran getaran memiliki tiga arah yaitu horizontal, vertikal, dan aksial (Setyawan & Sufiyanto, 2013).

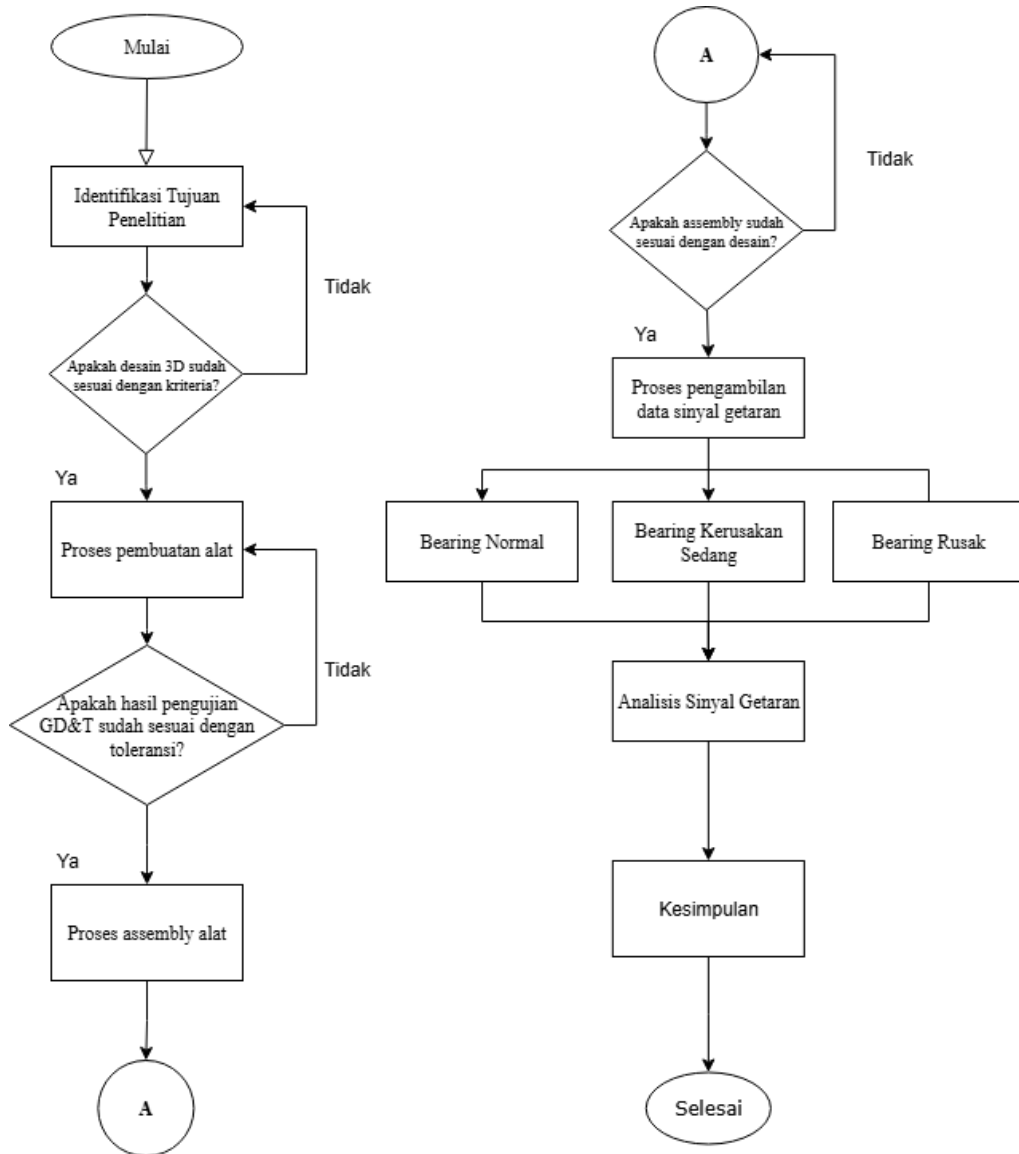


Gambar 2- 19 Sumbu Pengukuran Sensor
(Sumber: (<https://otomasi-in.blogspot.com>))

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3- 1 Diagram Alur Penelitian

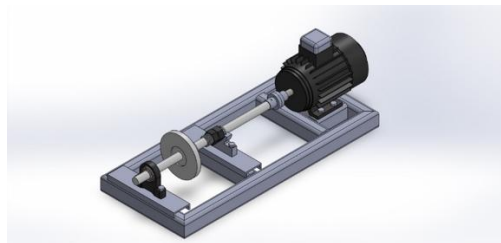
3.2 Kriteria Desain

Dalam pembuatan desain alat terdapat berbagai kriteria yang digunakan dalam merancang alat uji, yaitu

1. Pengambilan data baik getaran maupun data *alignment* harus mudah dan tidak terjadi adanya kesulitan.
2. Alat uji harus mudah untuk dilepas dan pasang untuk memudahkan perawatan.

3.3 Pembuatan Desain Alat Uji

Pembuatan desain alat uji dibuat berdasarkan kriteria desain yang sudah dibuat di atas, desain dilakukan dengan aplikasi Solidwork dan didapatkan desain seperti pada gambar 3-2.



Gambar 3- 2 Desain 3D Alat Uji


3.4 Peralatan dan Bahan

Terdapat beberapa peralatan dan bahan yang digunakan pada saat proses penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 3-1 dan Tabel 3-2.

3.4.1 Peralatan

Tabel 3- 1 Peralatan Penelitian



| No | Peralatan | Gambar |
|----|-------------------|---|
| 1 | SKF Quick Collect | A photograph of an SKF Quick Collect tool kit. The kit is contained in a blue plastic carrying case with a black interior. The tools are neatly organized in their respective compartments. A blue and black tool is visible in the foreground. |

| | | |
|---|-------------|--|
| 2 | SKF TKSA 51 |  |
|---|-------------|--|

3.4.2 Bahan

Tabel 3- 2 Bahan Penelitian

| No | Bahan | Gambar |
|----|-----------------|--|
| 1. | Besi UNP 65 |  |
| 2. | Kopling |  |
| 3. | Bantalan Radial |  |
| 4. | Bantalan Aksial |  |

| | | |
|----|------------------------------|--|
| 5. | Motor ½ HP 1 <i>Phase</i> |  |
| 6. | Beban Uji |  |

3.5 Pembuatan Alat

Proses pembuatan alat dilakukan untuk membuat komponen pada alat uji seperti *frame* (rangka), beban uji, *housing thrust bearing*, dan kopling.

3.5.1 Pembuatan *Frame* (Rangka)

Pembuatan rangka alat uji menggunakan bahan besi UNP 65 dengan mengelas sesuai desain yang sudah dibuat. Pembuatan rangka memiliki ketentuan yaitu harus kaku dan juga stabil saat mesin dijalankan.

Dalam pembuatan rangka terdapat kendala yaitu bahan rangka terdapat bagian yang tidak rata dan dapat membuat rangka menjadi tidak rata, solusi yang dilakukan adalah mencari dari potongan sisa besi yang rata dengan permukaan untuk dilakukan penggantian.



Gambar 3- 3 Rangka Alat Uji

3.5.2 Pembuatan Beban Uji

Beban uji digunakan sebagai beban pada *shaft* (poros) dan sebagai beban horizontal atau radial, beban uji dibuat menggunakan mesin bubut dari bahan baja. Beban uji dibuat dengan syarat harus bulat sempurna sehingga tidak terjadi adanya *unbalance* saat mesin dijalankan.

Dalam pembuatan beban uji terdapat kendala yaitu pada saat pembuatan hasilnya tidak bulat sempurna, sehingga solusi yang digunakan adalah melakukan pemesinan kembali untuk membuat bulat pada beban uji dan diuji menggunakan GD&T yaitu *roundness*.



Gambar 3- 4 Beban Alat Uji

3.5.3 Pembuatan *Housing Thrust Bearing*

Housing thrust bearing digunakan sebagai *housing* dari *bearing thrust* mengingat *bearing thrust* pada umumnya digunakan pada kondisi vertikal dan pada alat uji digunakan secara horizontal sehingga perlu dibuat *housing* dengan desain dan kondisi yang sesuai yaitu dapat menahan *bearing* dengan sempurna agar tidak longgar ataupun lepas.

Pada saat pembuatan *housing* terdapat kendala, mengingat *housing* ini adalah *custom*, *bearing* yang digunakan pada saat pengujian *housing* mudah keluar dari *housing* sehingga solusinya adalah diberikan *stopper bearing* agar tidak mudah keluar dari *housing*.



Gambar 3- 5 *Housing Thrust Bearing*

3.5.4 Pembuatan Kopling

Kopling digunakan sebagai penghubung antara poros motor elektrik dan juga poros pada *bearing*, kopling dibuat menggunakan bahan baja sehingga kuat menahan beban dan juga tekanan.

Pada saat pembuatan kopling terdapat kendala yaitu kopling tidak dapat dikencangkan dengan sempurna pada poros akibat pembuatan SPI pada poros yang tidak sesuai dengan ukuran dari kopling, solusi yang digunakan adalah menambahkan las pada poros untuk memastikan poros dengan kopling dapat mengencang dengan kuat.



Gambar 3- 6 Kopling

3.6 Pengujian GD&T

Pengujian GD&T merupakan pengujian yang digunakan untuk memastikan bahwa komponen yang sudah kita buat memiliki bentuk yang

sesuai pada mestinya, sehingga pada saat pengujian dapat berfungsi dengan baik dan tidak menimbulkan kerusakan pada alat uji. Pengujian GD&T dilakukan dengan tiga pengukuran yaitu *roundness*, *parallelism*, dan *straightness*.

3.6.1 *Roundness*

Pengukuran *roundness* merupakan proses GD&T yang berfungsi untuk memastikan kebulatan bentuk dari beban uji, fungsi dari pengukuran ini adalah untuk memastikan bahwa beban uji memiliki bentuk atau dimensi yang sesuai dengan seharusnya (bulat) sehingga dapat menghindari adanya *unbalance* saat pengujian.



Gambar 3- 7 Pengujian *Roundness*

3.6.2 *Parallelism*

Pengukuran *parallelism* merupakan proses GD&T yang berfungsi untuk mengukur kesejajaran permukaan pada dua bidang yaitu *disk* atau beban uji dengan poros sehingga selaras dan tidak terjadi adanya kemiringan pada saat pemasangan.



Gambar 3- 8 Pengujian *Parallelism*

3.6.3 Straightness

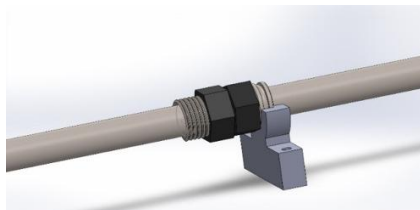
Pengukuran *straightness* merupakan proses GD&T yang berfungsi untuk memastikan poros yang akan digunakan dalam kondisi lurus sehingga tidak terjadi adanya kebengkokan.



Gambar 3- 9 Pengujian *Straightness*

3.7 Proses Penentuan *Preload*

Preload pada mesin uji digunakan sebagai beban untuk thrust bearing, sehingga thrust bearing dapat menekan dengan sempurna tanpa adanya longgar ataupun lepas saat pengujian. *Preload* menggunakan dua mur yang dikencangkan atau biasa disebut *double nut*.



Gambar 3- 10 Mur *Preload Thrust Bearing*

3.8 Proses *Assembly*

Proses *assembly* dilakukan setelah dipastikan komponen yang sudah dibuat sesuai dengan pengukuran GD&T yang terdapat di atas. *Assembly* dilakukan sesuai dengan desain uji yang sudah dibuat sebelumnya.

3.8.1 Proses Pemasangan Motor Elektrik dan Kopling

Setelah alas (*frame*) selesai dibuat maka dilakukan pemasangan motor elektrik dan juga kopling pada alat pengujian seperti pada Gambar 3-11. Kriteria pemasangan pada proses ini adalah memastikan bahwa motor mudah dilepas tanpa harus mengangkat alas (*frame*) dan juga *frame* tidak miring.

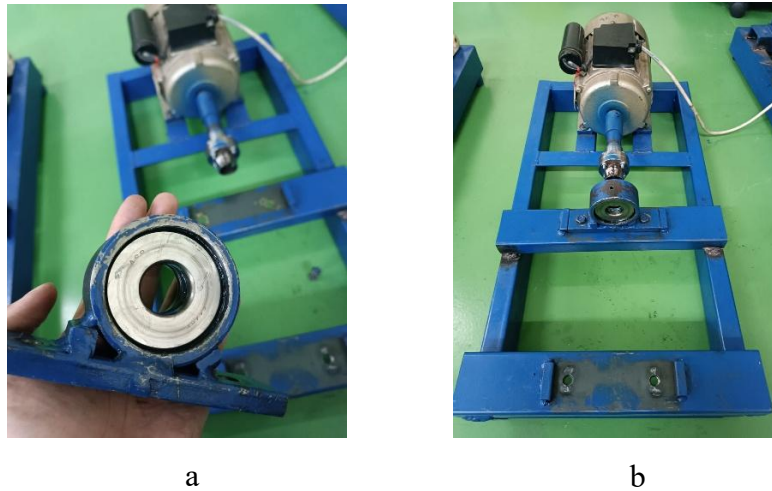


Gambar 3- 11 Pemasangan Motor Elektrik dan Kopling

3.8.2 Pemasangan *Thrust Bearing* dan *Housing Thrust Bearing*

Setelah dilakukan pemasangan motor elektrik dan kopling selanjutnya memasang *thrust bearing* ke dalam *housing* yang telah dibuat sebelumnya seperti pada gambar 3-12 (a) dilanjutkan dengan memasang *housing* pada alas yang sudah dibuat seperti pada gambar 3-12 (b).

Kriteria pemasangan pada proses ini adalah *thrust bearing* harus diposisikan dengan sempurna sehingga tidak terjadi adanya kelonggaran dan miring saat proses pemasangan.



Gambar 3- 12 Pemasangan *Thrust Bearing* (a) *Housing Thrust Bearing* (b)

3.8.3 Pemasangan *Preload* dan Poros

Setelah pemasangan pada Gambar 3-12, dilanjutkan dengan memasang mur *preload* dan juga poros. Mur *preload* menggunakan 2 mur *preload* agar kedua mur tersebut dapat saling mengunci sehingga tidak terjadi kelonggaran saat poros berputar. Mur *preload* digunakan untuk memastikan *thrust bearing* tidak longgar saat berada di *housing*.

Kriteria pemasangan pada proses ini adalah *preload* dapat menekan *thrust bearing*, *preload* dikencangkan secara bertahap dan merata untuk menghindari adanya *over preload*. Poros yang digunakan sudah melewati pengujian GD&T yaitu *straightness* untuk memastikan bahwa poros lurus atau tidak.



Gambar 3- 13 Pemasangan Mur *Preload* dan Poros

3.8.4 Pemasangan Beban Uji

Selanjutnya melakukan pemasangan beban pada poros seperti pada gambar 3-14. Kriteria pemasangan pada proses ini adalah beban uji dapat terpasang dan terkunci dengan kuat dan sempurna, sehingga saat alat berputar beban uji tidak terlepas. Pada beban uji juga sudah dilakukan pengujian GD&T yaitu *roundness* untuk menghindari adanya *unbalance*.



Gambar 3- 14 Pemasangan Beban Uji

3.8.5 Pemasangan *Housing Bearing Radial*

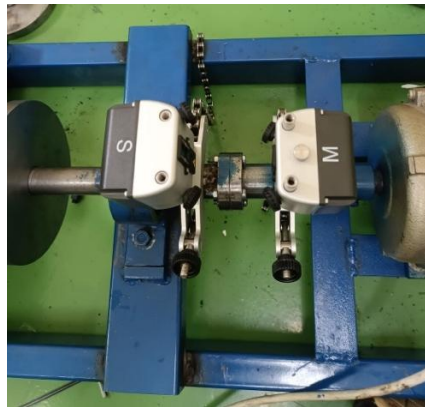
Selanjutnya dan terakhir melakukan pemasangan *housing* dari *bearing* radial seperti pada gambar 3-15. Kriteria pemasangan pada proses ini adalah poros harus terkunci dengan sempurna pada *bearing* UCP sehingga saat poros berputar tidak terjadi adanya kelonggaran.



Gambar 3- 15 Pemasangan *Housing Bearing Radial*

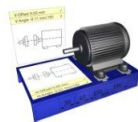
3.9 Proses *Alignment*

Proses *alignment* dilakukan untuk memastikan kedua poros yang digunakan yaitu poros motor elektrik dan juga poros *bearing* sudah selaras atau lurus, sehingga tidak terjadi adanya *misalignment* atau ketidakselarasan. *Alignment* merupakan proses yang penting karena merupakan acuan dari mesin uji sehingga jika terjadi adanya *misalignment* maka keseluruhan mesin uji menjadi tidak sesuai.



Gambar 3- 16 Pemasangan SKF TKSA 51 Pada Mesin Uji

| Result | | | | | | | |
|-----------------|---|----------|------------|-----------------|---|----------|------------|
| As Found | ✗ | Vertical | Horizontal | As Corrected | ✓ | Vertical | Horizontal |
| Offset (mm) | | 0.05 ✓ | 0.00 ✓ | Offset (mm) | | 0.03 ✓ | -0.02 ✓ |
| Angle (mm/100) | | -0.11 ✗ | -0.01 ✓ | Angle (mm/100) | | -0.07 ✓ | 0.03 ✓ |
| Front Feet (mm) | | -0.15 | -0.01 | Front Feet (mm) | | -0.08 | 0.03 |
| Rear Feet (mm) | | -0.26 | -0.01 | Rear Feet (mm) | | -0.15 | 0.06 |



Gambar 3- 17 *Alignment* Mesin Uji

Dapat dilihat pada gambar 3-17 pada tabel kiri sebelum dilakukan *alignment* pada alat uji, terjadi adanya ketidakselarasan sehingga terjadi *misalignment*, setelah dilakukan *alignment* dengan SKF TKSA51 didapatkan hasil yang sudah sesuai seperti pada tabel sisi kanan pada gambar 3-17.

3.10 Menghitung Frekuensi *Bearing*

Setiap *bearing* memiliki frekuensi yang berbeda beda, frekuensi pada *bearing* digunakan untuk menentukan pada bagian *bearing* mana yang terjadi

kerusakan maka dilakukan perhitungan frekuensi untuk menentukan hal tersebut. Pada penelitian ini menggunakan *bearing* radial yaitu ASB UCP 205 dan untuk *bearing* aksial menggunakan ASB 51405.

| Unit No. | Boundary dimensions(mm) | | | | Basic load rating (N) r | Cr(N) | Cor(N) | Mass (Kg) |
|----------|-------------------------|----|----|----|-------------------------|--------|--------|-----------|
| | Shaft Dia | D | B1 | B2 | | | | |
| UC 205 | 25 | 52 | 34 | 17 | 1.5 | 14 000 | 7 900 | 0.190 |

Gambar 3- 18 *Data sheet* bearing UC 205

(Sumber: (<https://asb-bearing.com>))

| Bearing No. | Boundary dimensions(mm) | | | r(mm) | Ca(N) | Coa(N) | Limiting Speed (min-1) | | Mass (Kg) |
|-------------|-------------------------|----|----|-------|--------|--------|------------------------|-------|-----------|
| | d | D | T | | | | Grease | Oil | |
| 51405 | 25 | 60 | 24 | 1 | 55 500 | 89 500 | 2 600 | 3 900 | 0.340 |

Gambar 3- 19 *Data sheet* bearing ASB 51405

(Sumber: (<https://asb-bearing.com>))

$P_D = \frac{D_1 + D_2}{2}$
 $N_B = \text{Number of balls}$
 $\beta = \text{Contact angle}$

$BPF0 = \text{RPM} \frac{N_B}{2} \left(1 - \frac{B_D}{P_D} \cos(\beta) \right)$ $BPF1 = \text{RPM} \frac{N_B}{2} \left(1 + \frac{B_D}{P_D} \cos(\beta) \right)$

$BSF = \text{RPM} \frac{P_D}{B_D} \left[1 - \left(\frac{B_D}{P_D} \cos(\beta) \right)^2 \right]$ $FTF = \text{RPM} \frac{1}{2} \left(1 - \frac{B_D}{P_D} \cos(\beta) \right)$

Gambar 3- 20 Rumus Frekuensi Kegagalan Elemen *Bearing*

(Sumber: (<https://power-mi.com>))

3.10.1 Menghitung *Ball Pass Frequency Inner* (BPF1)

Frekuensi kerusakan di mana elemen gelinding (bola) melewati bagian titik tertentu pada lintasan dalam (*inner race*) dari *bearing* yang terjadi cacat atau kerusakan. Setiap kali elemen gelinding melewati kecacatan pada lintasan dalam tersebut akan timbul impuls getaran, frekuensi ini yang disebut BPF1. BPF1 dapat di hitung menggunakan rumus berikut:

a. BPF bearing radial

$$\begin{aligned} \text{BPF} &= \text{RPM} \frac{N_B}{2} \left(1 + \frac{B_D}{P_D} \cos(\beta)\right) \\ &= \frac{1430}{60} \times \frac{9}{2} \left(1 + \frac{10}{40} \cos(0)\right) \\ &= 134,06 \text{ Hz} \end{aligned}$$

b. BPF bearing aksial

$$\begin{aligned} \text{BPF} &= \text{RPM} \frac{N_B}{2} \left(1 + \frac{B_D}{P_D} \cos(\beta)\right) \\ &= \frac{1430}{60} \times \frac{9}{2} \left(1 + \frac{13}{42.5} \cos(0)\right) \\ &= 140,05 \text{ Hz} \end{aligned}$$

3.10.2 Menghitung *Ball Pass Frequency Outer (BPFO)*

Frekuensi kerusakan di mana terdapat kerusakan atau kecacatan pada jalur lintasan elemen gelinding pada bagian luar (*outer race*) dari *bearing*. Impuls getaran ini akan timbul saat bola melewati lintasan bagian luar, frekuensi yang terjadi ini disebut dengan BPFO. BPFO dapat di hitung menggunakan rumus sebagai berikut:

a. BPFO bearing radial

$$\begin{aligned} \text{BPFO} &= \text{RPM} \frac{N_B}{2} \left(1 - \frac{B_D}{P_D} \cos \beta\right) \\ &= \frac{1430}{60} \times \frac{9}{2} \left(1 - \frac{10}{40} \cos(0)\right) \\ &= 80,43 \text{ Hz} \end{aligned}$$

b. BPFO bearing aksial

$$\begin{aligned} \text{BPFO} &= \text{RPM} \frac{N_B}{2} \left(1 - \frac{B_D}{P_D} \cos \beta\right) \\ &= \frac{1430}{60} \times \frac{9}{2} \left(1 - \frac{13}{42.5} \cos(0)\right) \\ &= 74,44 \text{ Hz} \end{aligned}$$

3.10.3 Menghitung *Ball Spin Frequency (BSF)*

Frekuensi kerusakan di mana terdapat kerusakan atau kecacatan pada elemen gelinding (bola), setiap kali bola melewati lintasan dalam atau luar dari *bearing* akan timbul impuls getaran, frekuensi ini yang disebut dengan BSF. BSF dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

a. BSF bearing radial

$$\begin{aligned} \text{BSF} &= \text{RPM} \frac{P_D}{2B_D} \left[1 - \left(\frac{B_D}{P_D} \cos \beta\right)^2\right] \\ &= \frac{1430}{60} \times \frac{9}{2} \left[1 - \left(\frac{10}{40} \cos 0\right)^2\right] \\ &= 44,68 \text{ Hz} \end{aligned}$$

b. BSF bearing aksial

$$\begin{aligned} \text{BSF} &= \text{RPM} \frac{P_D}{2B_D} \left[1 - \left(\frac{B_D}{P_D} \cos \beta\right)^2\right] \\ &= \frac{1430}{60} \times \frac{42.5}{2.13} \left[1 - \left(\frac{13}{42.5} \cos 0\right)^2\right] \\ &= 35,33 \text{ Hz} \end{aligned}$$

3.10.4 Menghitung *Fundamental Train Frequency (FTF)*

Frekuensi kerusakan di mana terdapat kerusakan atau kecacatan pada cage atau sangkar dari bola atau elemen gelinding pada *bearing*. Frekuensi ini

yang disebut dengan FTF. Perhitungan ini hanya dilakukan pada *bearing* yang memiliki sangkar atau *cage* saja, pada *bearing* radial yang digunakan adalah UCP yang memiliki *cage* di dalamnya sehingga memerlukan perhitungan. FTF dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

a. FTF *bearing* radial

$$\begin{aligned} \text{FTF} &= \text{RPM} \frac{1}{2} \left(1 - \frac{B_D}{P_D} \cos \beta\right) \\ &= \frac{1430}{60} \times \frac{1}{2} \left(1 - \frac{10}{40} \cos(0)\right) \\ &= 8,93 \text{ Hz} \end{aligned}$$

3.11 Proses Pengambilan Data Getaran

Pengambilan data menggunakan alat SKF Quick Collect, pengambilan data mengambil melalui dua sumbu pengukuran, yaitu aksial dan juga vertikal. Pengambilan data hanya melalui dua sumbu menimbang kekuatan yang dapat ditumpu oleh masing-masing *bearing*, pada *bearing* radial dapat menahan beban vertikal dan juga *bearing thrust* dapat menahan beban aksial.



Gambar 3- 21 Sumbu Pengambilan Data Getaran

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

Setelah dilakukan proses sebelumnya yaitu proses pembuatan komponen atau manufaktur, proses pengukuran GD&T, proses pemilihan *preload bearing*, proses *assembly*, proses *misalignment*, dan proses *alignment* didapat hasil perancangan seperti pada gambar 4-1. Hasil Perancangan ini digunakan untuk mengambil data getaran *bearing*.



Gambar 4- 1 Hasil Perancangan

4.2 Hasil Pengujian GD&T

Setelah melakukan pengukuran GD&T pada bab 3.1 sebelumnya, hasil dari pengukuran GD&T ini berisi tentang simpangan terjauh pada setiap proses pengukuran, seperti *roundness*, *parallelism*, dan *straightness*.

4.2.1 Hasil Pengujian *Roundness*

Pengukuran *roundness* diukur dengan 12 titik menggunakan dial indikator. Hasil dari pengukuran *roundness* adalah simpangan terbesar didapatkan bernilai -0.05 yang berarti permukaan bagian luar beban uji menyimpang ke arah dalam (*under profile*) dari bentuk lingkaran ideal, namun masih dalam zona toleransi yang sudah dibuat yaitu 0.05.

4.2.2 Hasil Pengujian *Parallelism*

Setelah melakukan pengukuran *parallelism*, didapatkan hasil pengukuran, simpangan terbesar yaitu -0.1 yang berarti beban uji menyimpang lebih rendah dari bidang acuan yaitu poros, namun masih dalam batas zona toleransi yang diberikan yaitu 0.1.

4.2.3 Hasil Pengujian *Straightness*

Setelah dilakukan pengukuran *straightness*, didapatkan hasil pengukuran simpangan terbesar didapatkan pada titik ke 5 dengan nilai 0.05 yang mana menandakan bahwa poros menyimpang dari garis lurus ideal dan juga melewati dari zona toleransi yang telah dibuat yaitu 0.03, sehingga disimpulkan bahwa poros tidak *straightness*.

4.3 Hasil Pengujian

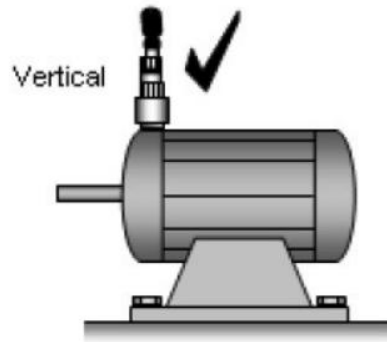
Setelah dilakukan pengambilan data getaran *bearing* radial dan aksial dengan 3 tingkatan yaitu, keadaan normal, keadaan rusak sedang, dan keadaan rusak. Setelah didapatkan hasilnya spektrum dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat kerusakannya dengan standar ISO 10816 yang mengatur tentang getaran mesin.

| VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816 | | | | | |
|----------------------------------|------|------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------------|
| Machine | | Class I small machines | Class II medium machines | Class III large rigid foundation | Class IV large soft foundation |
| | in/s | mm/s | | | |
| Vibration Velocity Vrms | 0.01 | 0.28 | | | |
| | 0.02 | 0.45 | | | |
| | 0.03 | 0.71 | | good | |
| | 0.04 | 1.12 | | | |
| | 0.07 | 1.80 | | | |
| | 0.11 | 2.80 | | satisfactory | |
| | 0.18 | 4.50 | | | |
| | 0.28 | 7.10 | | unsatisfactory | |
| | 0.44 | 11.2 | | | |
| | 0.70 | 18.0 | | | |
| 0.71 | 28.0 | | unacceptable | | |
| 1.10 | 45.0 | | | | |

Gambar 4- 2 Standar Getaran ISO 10816

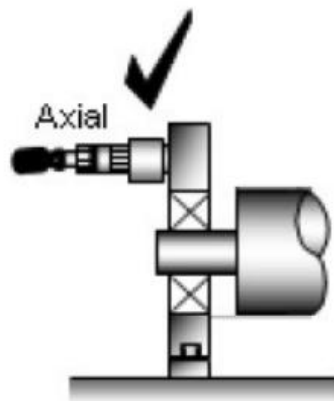
4.3.1 Penempatan Sensor

Dalam pengujian yang dilakukan menggunakan 2 arah dalam pengambilan data getaran yaitu radial dan juga aksial.



Gambar 4- 3 Penempatan Sensor Arah Radial

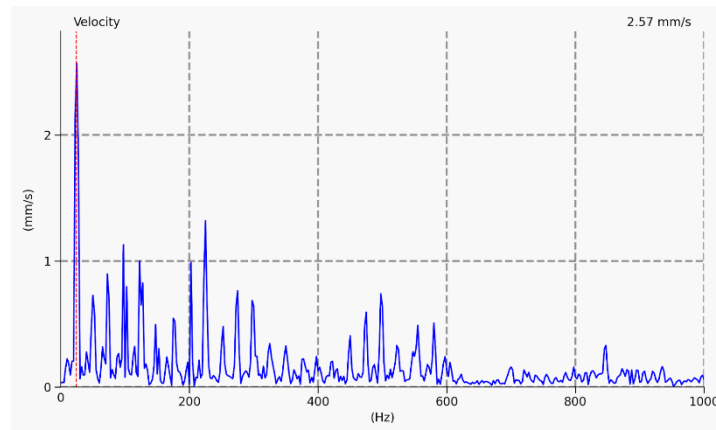
Pada arah radial sensor diletakkan secara vertikal pada *housing* untuk mendeteksi respons getaran yang terjadi pada *bearing*.



Gambar 4- 4 Penempatan Sensor Arah Aksial

Pada arah aksial sensor ditempatkan sejajar dengan sumbu poros untuk mengukur getaran dalam arah aksial yang dapat mendeteksi *thrust bearing*.

4.3.2 Spektrum Getaran *Bearing* Radial Normal Arah Radial



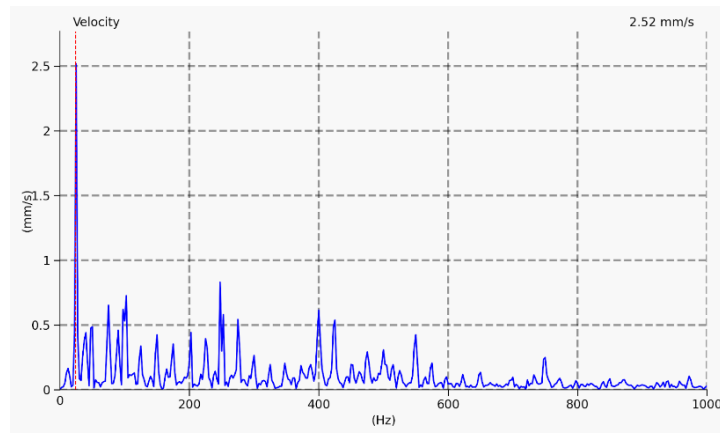
Gambar 4- 5 Spektrum *Bearing* Radial Normal Arah Radial

Pada gambar 4-5 menunjukkan spektrum pada *bearing* radial dengan arah radial dengan keadaan normal. Terlihat terdapat *peak* yang tinggi akibat adanya *unbalance* pada alat uji.

Untuk frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 44,68 Hz dengan *peak* 0,11 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 80,43 Hz dengan *peak* 0,13 mm/s. Pada BPF_I (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 134,06 Hz dengan *peak* 0,12 mm/s. Pada FTF (*Fundamental Train Frequency*) terdapat pada 8,93 Hz dengan *peak* 0,14 mm/s.

Dari hasil penjelasan dan angka yang dihasilkan pada masing masing *peak* frekuensi maka komponen *bearing* memiliki *peak* yang sangat rendah sehingga dapat dikatakan sebagai *bearing* normal.

4.3.3 Spektrum Getaran *Bearing* Radial Normal Arah Aksial

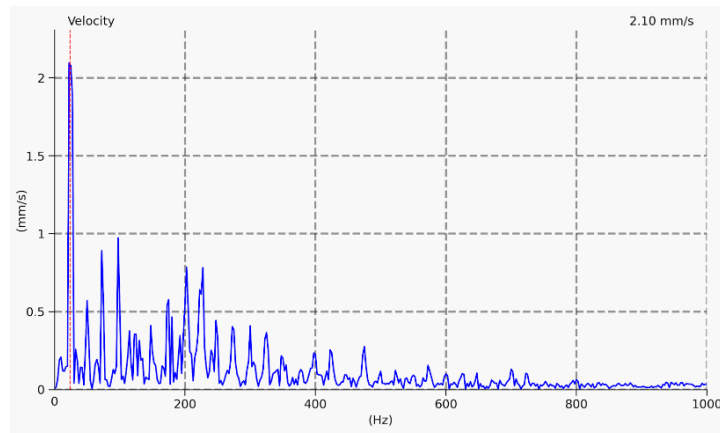


Gambar 4- 6 Spektrum *Bearing* Radial Normal Arah Aksial

Pada gambar 4-6 berisikan spektrum *bearing* radial dengan arah aksial dengan keadaan yang normal. *Peak* tinggi yang terlihat disebabkan oleh adanya *unbalance* yang disebabkan tidak lurusnya poros pada alat uji.

Frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 44,68 Hz dengan *peak* 0,02 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 80,43 Hz dengan *peak* 0,04 mm/s. Pada BRFI (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 134,06 Hz dengan *peak* 0,02 mm/s. Pada FTF (*Fundamental Train Frequency*) terdapat pada 8,93 Hz dengan *peak* 0,04 mm/s. Setelah diketahui hasil *peak* dari masing-masing aspek hasil tersebut masih rendah dan dikatakan *bearing* tersebut masih dalam keadaan normal.

4.3.4 Spektrum Getaran *Bearing* Aksial Normal Arah Radial

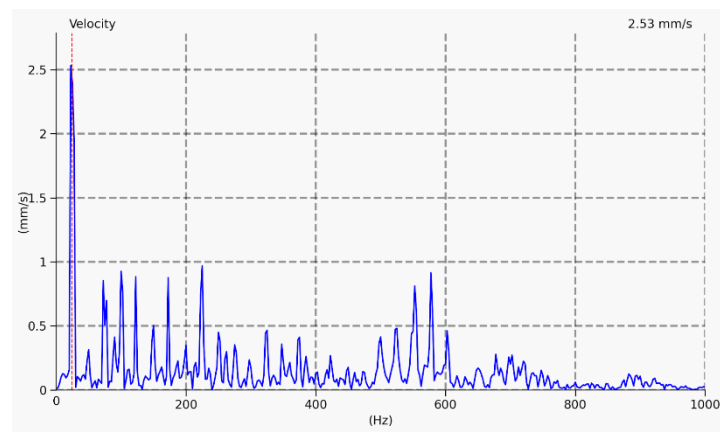


Gambar 4- 7 Spektrum *Bearing* Aksial Normal Arah Radial

Pada gambar 4-7 berisikan spektrum *bearing* aksial dengan arah radial dengan keadaan yang normal. *Peak* tinggi yang terlihat disebabkan oleh adanya *unbalance* pada alat uji yang berasal dari poros yang tidak lurus.

Frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 35,33 Hz dengan *peak* 0,18 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 74,44 Hz dengan *peak* 0,86 mm/s. Pada BRFI (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 140,05 Hz dengan *peak* 0,07 mm/s. Setelah diketahui hasil *peak* dari masing-masing aspek hasil tersebut masih rendah dan dikatakan *bearing* tersebut masih dalam keadaan normal.

4.3.5 Spektrum Getaran *Bearing* Aksial Normal Arah Aksial

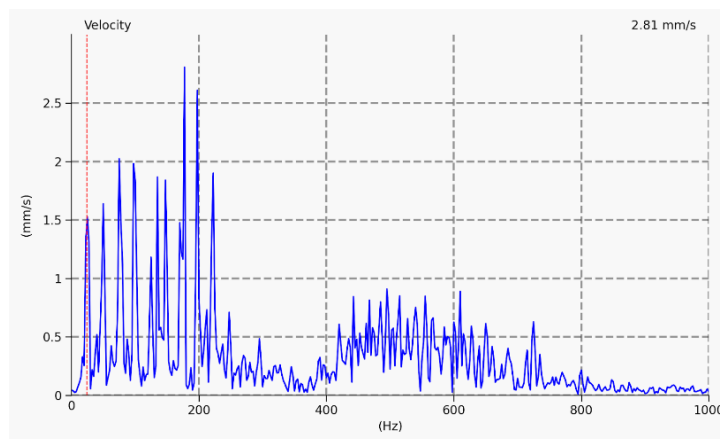


Gambar 4- 8 Spektrum *Bearing* Aksial Normal Arah Aksial

Pada gambar 4-8 berisikan spektrum *bearing* aksial dengan arah aksial dengan keadaan yang normal. *Peak* tinggi yang terlihat disebabkan oleh adanya *unbalance* pada alat uji yaitu poros yang tidak lurus.

Didapatkan frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 35,33 Hz dengan *peak* 0,09 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 74,44 Hz dengan *peak* 0,5 mm/s. Pada BPFI (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 140,05 Hz dengan *peak* 0,09 mm/s. Setelah didapatkan hasil *peak* dari aspek yang ada, *bearing* tersebut masih dapat dikatakan sebagai *bearing* normal.

4.3.6 Spektrum Getaran *Bearing* Radial Sedang Arah Radial

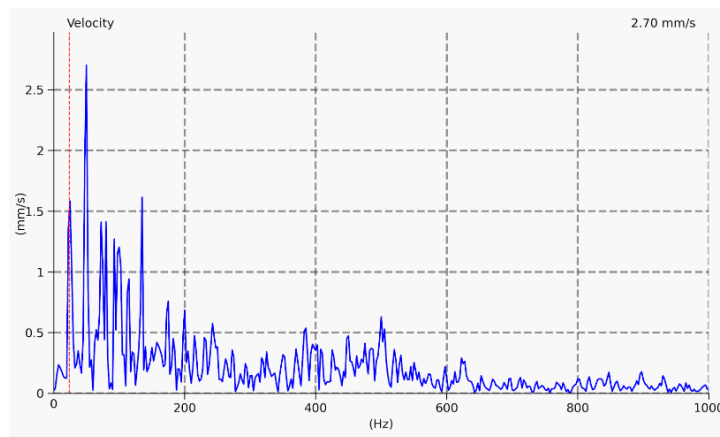


Gambar 4- 9 Spektrum *Bearing* Radial Sedang Arah Radial

Pada gambar 4-9 berisikan spektrum *bearing* radial dengan arah radial dengan keadaan yang kerusakan sedang. *Peak* tinggi yang terlihat disebabkan oleh adanya *looseness* yaitu kelonggaran pada mekanis.

Frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 44,68 Hz dengan *peak* 0,5 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 80,43 Hz dengan *peak* 1,16 mm/s. Pada BPFI (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 134,06 Hz dengan *peak* 1,86 mm/s. Pada FTF (*Fundamental Train Frequency*) terdapat pada 8,93 Hz dengan *peak* 0,02 mm/s. Setelah diketahui hasil *peak* dari masing-masing aspek hasil tersebut sudah terlihat cukup tinggi dan dikatakan *bearing* tersebut dengan keadaan kerusakan sedang.

4.3.7 Spektrum Getaran *Bearing* Radial Sedang Arah Aksial



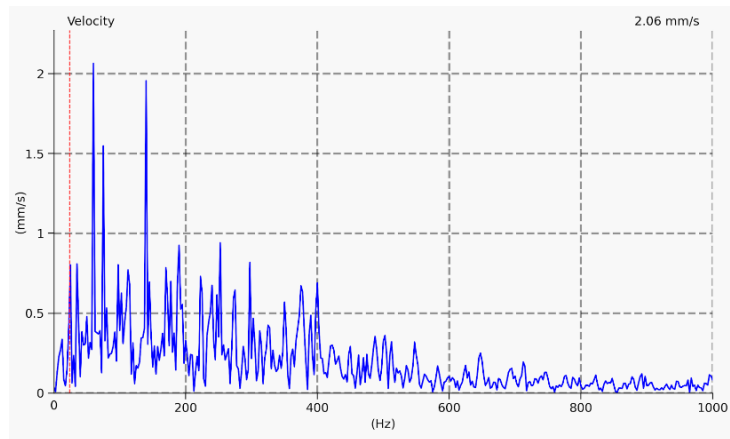
Gambar 4- 10 Spektrum *Bearing* Radial Sedang Arah Aksial

Pada gambar 4-10 berisikan spektrum *bearing* radial dengan arah aksial dengan keadaan yang kerusakan sedang. *Peak* tinggi yang terlihat disebabkan oleh adanya *looseness* yaitu kelonggaran pada mekanis.

Frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 44,68 Hz dengan *peak* 0,43 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 80,43 Hz dengan *peak* 1,41 mm/s. Pada BPFI (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 134,06 Hz dengan *peak* 1,61 mm/s. Pada FTF (*Fundamental Train Frequency*) terdapat pada 8,93 Hz dengan *peak* 0,23 mm/s.

Hasil analisis menunjukkan bahwa puncak (*peak*) dari masing-masing indikator getaran telah mencapai tingkat yang cukup tinggi, mengindikasikan bahwa bantalan berada dalam kondisi kerusakan sedang. Meskipun demikian, bantalan masih dapat dioperasikan untuk sementara waktu. Namun, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Qiu et al. (2006), waktu operasional yang tersisa sangat terbatas, yaitu sekitar lima hari dari saat peningkatan getaran terdeteksi hingga bantalan mencapai kegagalan total yang memerlukan penggantian.

4.3.8 Spektrum Getaran *Bearing* Aksial Sedang Arah Radial

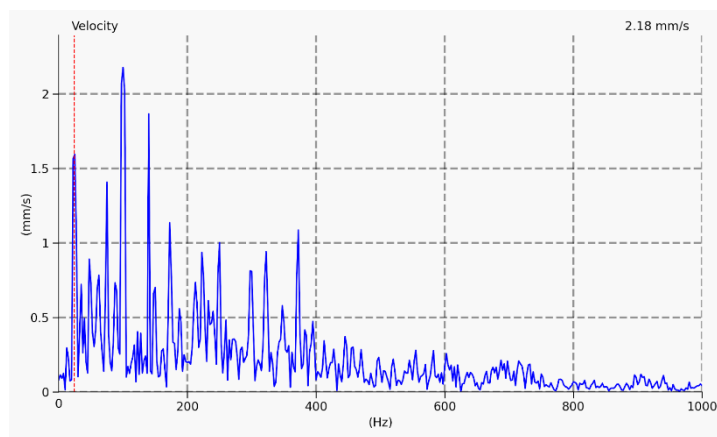


Gambar 4- 11 Spektrum *Bearing* Aksial Sedang Arah Radial

Pada gambar 4-11 berisikan spektrum *bearing* aksial dengan arah radial dengan keadaan kerusakan sedang. *Peak* tinggi yang terlihat disebabkan oleh adanya *looseness* yaitu kelonggaran pada mekanis.

Frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 35,33 Hz dengan *peak* 0,8 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 74,44 Hz dengan *peak* 1,54 mm/s. Pada BPFI (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 140,05 Hz dengan *peak* 1,95 mm/s. Setelah didapatkan hasil *peak* dari aspek yang ada, *bearing* tersebut dalam keadaan kerusakan sedang. *Bearing* masih boleh beroperasi namun tetap dalam jangka waktu yang tidak lama sebelum memasuki fase rusak.

4.3.9 Spektrum Getaran *Bearing* Aksial Sedang Arah Aksial

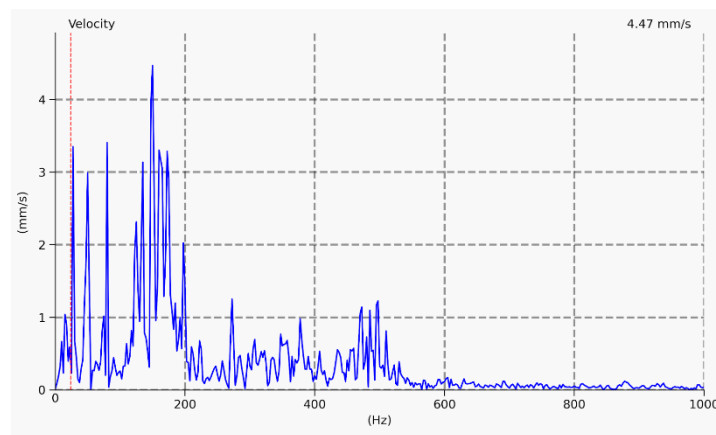


Gambar 4- 12 Spektrum *Bearing* Aksial Sedang Arah Aksial

Pada gambar 4-12 berisikan spektrum *bearing* aksial dengan arah radial dengan keadaan kerusakan sedang. *Peak* tinggi yang terlihat disebabkan oleh adanya *looseness* yaitu kelonggaran pada mekanis.

Didapatkan frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 35,33 Hz dengan *peak* 0,7 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 74,44 Hz dengan *peak* 1,4 mm/s. Pada BPFII (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 140,05 Hz dengan *peak* 1,86 mm/s. Setelah didapatkan hasil *peak* dari aspek yang ada, *bearing* tersebut dalam keadaan kerusakan sedang. *Bearing* masih boleh beroperasi namun tetap dalam jangka waktu yang tidak lama sebelum memasuki fase rusak.

4.3.10 Spektrum Getaran *Bearing* Radial Rusak Arah Radial



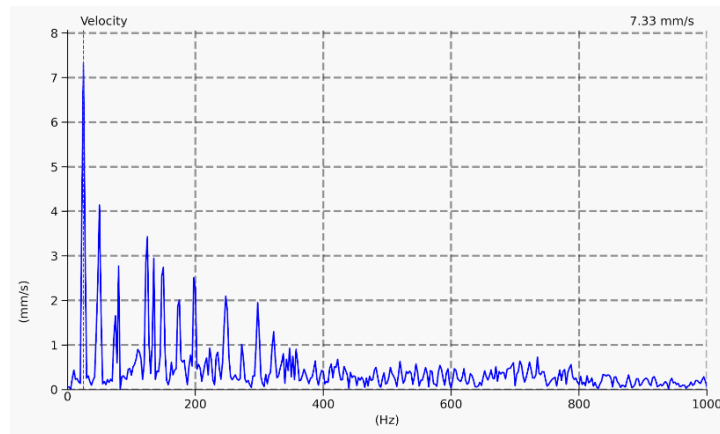
Gambar 4- 13 Spektrum *Bearing* Radial Rusak Arah Radial

Pada gambar 4-13 berisikan spektrum *bearing* radial dengan arah radial dengan keadaan yang rusak. *Peak* tinggi yang terlihat disebabkan oleh adanya *looseness* yaitu kelonggaran pada mekanis dan juga terdapat kerusakan pada *bearing*.

Didapatkan frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 44,68 Hz dengan *peak* 1,17 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 80,43 Hz dengan *peak* 3,4 mm/s. Pada BPFII (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 134,06 Hz dengan *peak* 3,13 mm/s. Pada FTF (*Fundamental Train Frequency*) terdapat pada 8,93 Hz dengan *peak* 0,3 mm/s. Setelah diketahui hasil *peak* dari masing-masing aspek hasil tersebut sudah terlihat tinggi dan dikatakan *bearing* tersebut dengan keadaan rusak.

Bearing masih tidak boleh beroperasi dan harus segera dilakukan perbaikan dengan pergantian *bearing* untuk menjaga efisien kerja mesin.

4.3.11 Spektrum Getaran *Bearing* Radial Rusak Arah Aksial



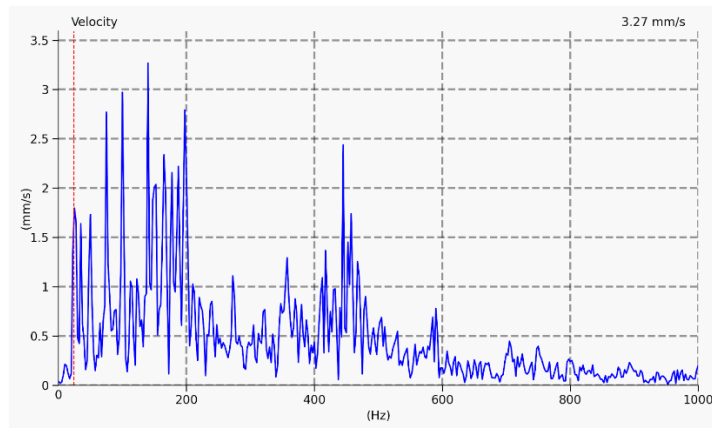
Gambar 4- 14 Spektrum *Bearing* Radial Rusak Arah Aksial

Pada gambar 4-14 berisikan spektrum *bearing* radial dengan arah aksial dengan keadaan yang rusak. *Peak* tinggi yang terlihat disebabkan oleh adanya *looseness* yaitu kelonggaran pada mekanis dan juga terdapat kerusakan pada *bearing*.

Didapatkan frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 44,68 Hz dengan *peak* 1,29 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 80,43 Hz dengan *peak* 2,77 mm/s. Pada BRFI (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 134,06 Hz dengan *peak* 2,94 mm/s. Pada FTF (*Fundamental Train Frequency*) terdapat pada 8,93 Hz dengan *peak* 0,2 mm/s. Setelah diketahui hasil *peak* dari masing-masing aspek hasil tersebut sudah terlihat tinggi dan dikatakan *bearing* tersebut dengan keadaan rusak.

Bearing masih tidak boleh beroperasi dan harus segera dilakukan perbaikan dengan pergantian *bearing* untuk menjaga efisien kerja mesin.

4.3.12 Spektrum Getaran *Bearing* Aksial Rusak Arah Radial



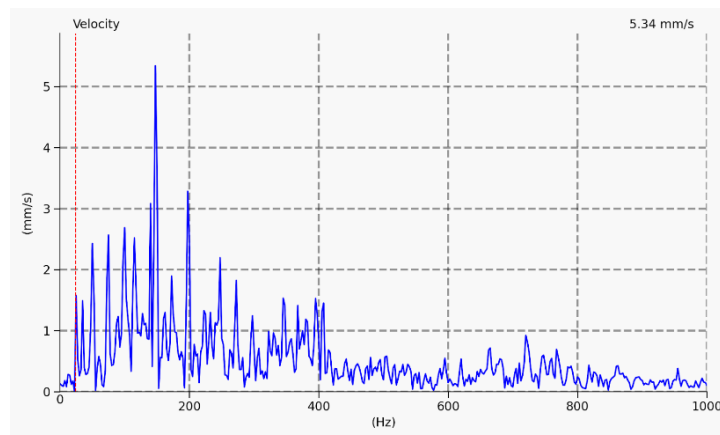
Gambar 4- 15 Spektrum *Bearing* Aksial Rusak Arah Radial

Pada gambar 4-15 berisikan spektrum *bearing* aksial dengan arah radial dengan keadaan rusak. *Peak* tinggi yang terlihat disebabkan oleh adanya *looseness* yaitu kelonggaran pada mekanis dan juga kerusakan pada *bearing*.

Didapatkan frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 35,33 Hz dengan *peak* 1,63 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 74,44 Hz dengan *peak* 2,76 mm/s. Pada BPFI (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 140,05 Hz dengan *peak* 3,26 mm/s. Setelah didapatkan hasil *peak* dari aspek yang ada, *bearing* tersebut dalam keadaan rusak.

Bearing tidak boleh beroperasi dan harus segera dilakukan *maintenance* dengan pergantian *bearing* agar dapat menjaga efisien kinerja mesin sehingga tidak terjadi kerusakan pada komponen lain.

4.3.13 Spektrum Getaran *Bearing* Aksial Rusak Arah Aksial



Gambar 4- 16 Spektrum *Bearing* Aksial Rusak Arah Aksial

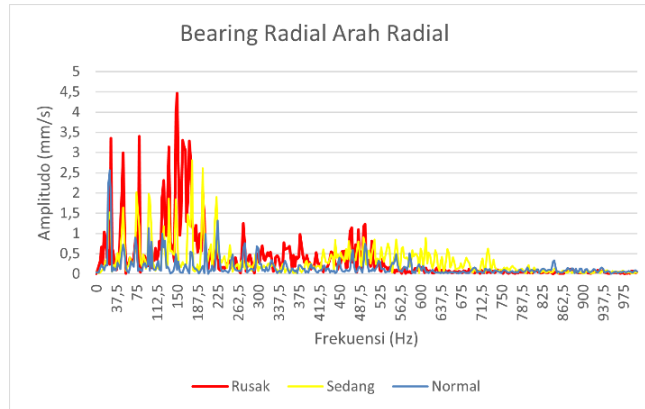
Pada gambar 4-16 berisikan spektrum *bearing* aksial dengan arah radial dengan keadaan rusak. *Peak* tinggi yang terlihat disebabkan oleh adanya *looseness* yaitu kelonggaran pada mekanis dan juga kerusakan pada *bearing*.

Didapatkan frekuensi BSF (*Ball Spin Frequency*) yaitu terdapat pada 35,33 Hz dengan *peak* 1,49 mm/s. Pada BPFO (*Ball Pass Frequency Outer*) terdapat pada 74,44 Hz dengan *peak* 2,56 mm/s. Pada BPFI (*Ball Pass Frequency Inner*) terdapat pada 140,05 Hz dengan *peak* 3,08 mm/s. Setelah didapatkan hasil *peak* dari aspek yang ada, *bearing* tersebut dalam keadaan rusak.

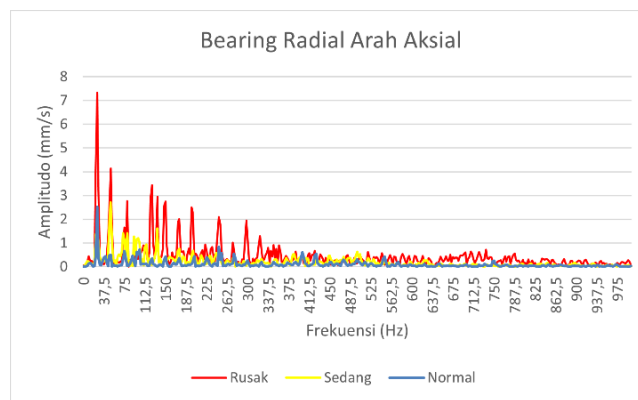
Bearing tidak boleh beroperasi dan harus segera dilakukan *maintenance* dengan pergantian *bearing* agar dapat menjaga efisien kinerja mesin sehingga tidak terjadi kerusakan pada komponen lain.

4.4 Analisis dan Pembahasan

Setelah mendapatkan data dari setiap aspek dari masing-masing *bearing* yaitu radial dan juga aksial dengan aplikasi SKF Quick Collect, selanjutnya menganalisis dengan excel untuk mengetahui nilai *peak* yang terjadi.



Gambar 4- 17 Tingkat Kerusakan *Bearing* Radial Arah Radial



Gambar 4- 18 Tingkat Kerusakan *Bearing* Radial Arah Aksial

Pada gambar 4-17 dan 4-18 terlihat peningkatan *peak* yang terjadi pada setiap tingkatan kerusakan *bearing*. Peningkatan *peak* yang terjadi pada setiap tingkat kerusakan *bearing* radial dapat dilihat pada tabel 4-1 dan 4-2.

Tabel 4- 1 Tingkat Kerusakan *Bearing* Radial Arah Radial

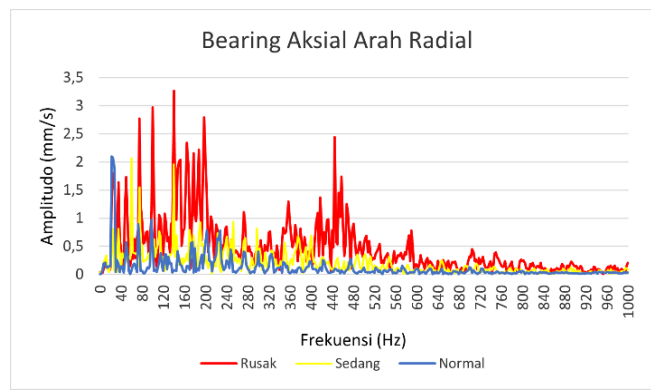
| Jenis Bearing | BSF (44,68 Hz) | BPFO (80,43 Hz) | BPFI (134,06 Hz) | FTF (8,93 Hz) |
|---------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| Normal | 0,11 mm/s | 0,13 mm/s | 0,12 mm/s | 0,14mm/s |
| Sedang | 0,5 mm/s | 1,16 mm/s | 1,86 mm/s | 0,02 mm/s |
| Rusak | 1,17 mm/s | 3,4 mm/s | 3,13 mm/s | 0,3 mm/s |

Tabel 4- 2 Tingkat Kerusakan *Bearing* Radial Arah Aksial

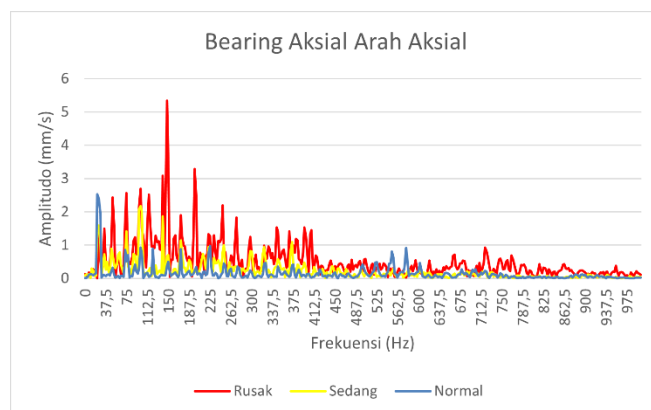
| Jenis Bearing | BSF (44,68 Hz) | BPFO (80,43 Hz) | BPFI (134,06 Hz) | FTF (8,93 Hz) |
|---------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| Normal | 0,02 mm/s | 0,04 mm/s | 0,02 mm/s | 0,04 mm/s |
| Sedang | 0,43 mm/s | 1,41 mm/s | 1,61 mm/s | 0,23 mm/s |
| Rusak | 1,29 mm/s | 2,77 mm/s | 2,99 mm/s | 0,2 mm/s |

Pada tabel 4-1 dan juga 4-2 terlihat peningkatan nilai *peak* yang terjadi pada masing-masing jenis *bearing*. Perlakuan perusakan *bearing* dilakukan dengan cara menghilangkan pelumas pada *bearing* dan dihidupkan secara terus-menerus hingga terjadi kerusakan pada *bearing* tersebut.

Setelah diketahui *bearing* radial dilanjutkan dengan peningkatan *peak* yang terjadi pada *bearing* aksial yaitu *thrust bearing*. Peningkatan nilai *peak* yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4-19 dan juga 4-20.



Gambar 4- 19 Tingkat Kerusakan *Bearing* Aksial Arah Radial



Gambar 4- 20 Tingkat Kerusakan *Bearing* Aksial Arah Aksial

Dapat terlihat pada gambar 4-19 dan 4-20 terdapat kenaikan spektrum pada setiap tingkatan kerusakan yang terjadi pada *thrust bearing*. Untuk melihat peningkatan *peak* amplitudo yang terjadi pada komponen *thrust bearing* dapat dilihat pada tabel 4-3 dan juga tabel 4-4.

Tabel 4- 3 Tingkat Kerusakan *Bearing* Aksial Arah Radial

| Jenis Bearing | BSF (35,33 Hz) | BPFO (74,44 Hz) | BPMF (140,05 Hz) |
|---------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| Normal | 0,18 mm/s | 0,86 mm/s | 0,07 mm/s |
| Sedang | 0,80 mm/s | 1,54 mm/s | 1,95 mm/s |
| Rusak | 1,63 mm/s | 2,76 mm/s | 3,26 mm/s |

Tabel 4- 4 Tingkat Kerusakan *Bearing* Aksial Arah Aksial

| Jenis Bearing | BSF (35,33 Hz) | BPFO (74,44 Hz) | BPMF (140,05 Hz) |
|---------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| Normal | 0,09 mm/s | 0,5 mm/s | 0,09 mm/s |
| Sedang | 0,7 mm/s | 1,4 mm/s | 1,8 mm/s |
| Rusak | 1,4 mm/s | 2,5 mm/s | 3,0 mm/s |

Dapat dilihat pada tabel 4-3 dan juga tabel 4-4 terdapat peningkatan *peak* dari amplitudo komponen yang bergantung pada tingkat kerusakan *bearing* tersebut. Perlakuan merusak *bearing* dilakukan dengan cara yang sama dengan perlakuan kerusakan pada *bearing* radial sebelumnya yaitu menghilangkan pelumas pada *bearing* dan menghidupkan mesin uji terus menerus.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Alat uji yang dirancang dapat membantu dalam proses pengambilan data sinyal getaran dan sinyal murni dari getaran *bearing* dapat teridentifikasi.
2. Spektrum getaran *bearing* radial dan aksial dapat dianalisis melalui pengukuran menggunakan alat SKF Quick Collect. Pada spektrum dapat terlihat frekuensi karakteristik seperti BPFO, BPFI, BSF, dan FTF dengan nilai amplitudo yang meningkat sesuai dengan tingkat kerusakan dari *bearing* yang diuji.
3. Terjadi perubahan amplitudo antara *bearing* dengan tingkat normal, sedang, dan rusak pada kedua *bearing*. BPFO dan BPFI merupakan frekuensi karakteristik dengan respon amplitudo yang paling signifikan menandakan terjadi adanya kerusakan elemen dari *outer race* dan *inner race*. Ditandai dengan amplitudo tinggi pada *bearing* radial BPFO (80,43 Hz) dan BPFI (134,06 Hz) dan pada *bearing* aksial BPFO (74,44 Hz) dan BPFI (140,05 Hz).

5.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijelaskan di atas, peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Pembuatan alat uji baik rangka (*frame*), poros, kopling, dan pembuatan *housing* dari *thrust bearing* dilakukan dengan presisi dan juga disesuaikan dengan uji GD&T yang ada, sehingga tidak timbul adanya sinyal *unbalance* serta gangguan lain dari tidak presisinya komponen tersebut.

2. Menggunakan kopling fleksibel untuk meredam getaran yang terjadi akibat adanya *misalignment* dan juga getaran pada poros sehingga tidak mengganggu sinyal *bearing* dari hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Weriono, Isra, A., & Nazaruddin. (2022). Identifikasi Getaran Mekanis Thrust Bearing Pompa Sulzer Bingham yang Mengalami Kegagalan. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 6(2), 130–136. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v6i2.6366>
- Kamiel, B. P., Mulyani, M., & Sunardi, S. (2017). Deteksi Cacat Bantalan Bola Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan Spektrum Getaran. *Semesta Teknika*, 20(2), Article 2. <https://doi.org/10.18196/st.v20i2.3543>
- Abidin, G. Z., & Sujana, I. W. (2017). DETEKSI KERUSAKAN BEARING PADA CONDENSATE PUMP DENGAN ANALISIS SINYAL VIBRASI. *JURNAL FLYWHEEL*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.36040/flywheel.v8i1.679>
- Zulpani, B., Lumbangaol, A., Hasballah, H., & Purba, S. (2022). ANALISA KERUSAKAN BEARING 222 16EK SKF PADA UNIT WASHING STATION DI DEPARTEMEN WOODYARD PT. TOBA PULP LESTARI. *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, 2(2), Article 2.
- Yanis, M. (2010). Analisis Profil Kebulatan untuk Menentukan Kesalahan Geometrik pada Pembuatan Komponen Menggunakan Mesin Bubut Cnc. *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*, 19(1), 50–58.
- Akbar, A., & Karmiadi, D. (2021). Analisis Getaran Pengaruh Variabel Misalignment. *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 11(3), Article 3. <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v11i3.2901>
- Amrullah, A., & Aminuddin, A. (2018). Rancang Bangun Media Pembelajaran Praktik Alignment. *JSHP : Jurnal Sosial Humaniora Dan Pendidikan*, 2(1), Article 1.
- Andianingsari, D., Rahman, A., Parningotan, S., & Kuncoro, D. (2023). Pengukuran Getaran Seluruh Tubuh sesuai dengan Permenaker No. 5 Tahun 2018 di PT. A. *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.31294/imtechno.v4i2.2127>

- Dinwasiba, S. I., Widodo, A., & Haryanto, I. (2021). DIAGNOSIS KERUSAKAN BEARING DENGAN ANALISIS SINYAL GETARAN PADA PROGRAM MATLAB. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 9(1), Article 1.
- Gunawan, H., Dananjaya, R. H., & Setiawan, B. (2017). PENGARUH TINGGI, KEDALAMAN PONDASI MESIN JENIS BLOK DAN PARAMETER TANAH BERBUTIR HALUS TERHADAP AMPLITUDO. *Matriks Teknik Sipil*, 5(3), Article 3. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v5i3.36703>
- Harling, V. N. V., & Apasi, H. (2018). PERANCANGAN POROS DAN BEARING PADA MESIN PERAJANG SINGKONG. *SOSCIED*, 1(2), 42–48. <https://doi.org/10.32531/jsoscied.v1i2.164>
- Huda, F., & Alexandro, G. (2022). Analisis Getaran untuk Mendeteksi Kerusakan Bearing pada Drum Cylinder Dryer 1 Area Paper Machine-5 (PPM-5) PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang: Indonesia. *AJIE*, 147–154. <https://doi.org/10.20885/ajie.vol6.iss3.art6>
- Linandar, M. B. D. (2021). ANALISA PEMILIHAN BANTALAN GELINDING PADA BELT CONVEYOR MINI. *ALMIKANIKA*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.32832/almikanika.v3i1.5740>
- 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)*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.53695/jm.v2i2.584>
- Pns, E. L., An, I., & Rachmawati, S. (2024). Keterkaitan Intensitas Kebisingan Lingkungan Terhadap Tingkat Stres Pekerja (Studi Kasus di Industri Kimia Sukoharjo). *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja Dan Lingkungan*, 5(1), 38–47. <https://doi.org/10.25077/jk31.5.1.38-47.2024>
- Ramadhan, A. R. A., & Nugroho, E. A. (2023). PROSES PEMBUATAN HOUSING BEARING GEARBOX 3Z2M21 DENGAN MATERIAL FCD 400. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 2(1), 20–28. <https://doi.org/10.56127/juit.v2i1.474>
- Setyawan, D. B., & Sufiyanto, S. (2013). METODE VIBRATION ANALYSIS DALAM APLIKASI PERAWATAN MESIN. *TRANSMISI*, 9(2), 921–930. <https://doi.org/10.26905/jtmt.v9i2.4595>

- Syahrul, M., Margianto, M., & Lesmanah, U. (2017). ANALISA GETARAN UNTUK MENGETAHUI TINGKAT KERUSAKAN BEARING MESIN GERINDA DUDUK. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(02), Article 02. <https://jim.unisma.ac.id/index.php/jts/article/view/682>
- Syam, W. (2018). *Metrologi manufaktur: Pengukuran geometri dan analisis ketidakpastian*. OSF. <https://doi.org/10.31227/osf.io/zdfxm>
- Sari, J., & Martianis, E. (2019). Analisa Getaran Footers (Pijakan) Pada Sepeda Motor Non-Matic Dengan Variasi Kecepatan. *Seminar Nasional Industri Dan Teknologi*, 129–138.
- Hassan, L. M., & Ali, J. K. (2022). Diagnosing the Effect of Misalignment on a Rotating System using Simulation and Experimental Study. *Al-Kitab Journal for Pure Sciences*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.32441/kjps.06.02.p5>
- Aritonang, S., Wulanuari, P. H., & Pertahanan, U. (2018). Analisis kerusakan yang disebabkan oleh vibrasi pada sistem suspensi kendaraan roda empat damage analysis caused by vibration at suspension system of four wheels vehicle. *Jurnal Teknoogi Daya Gerak*, 1(1), 17-33.
- Cahya, N., Hermawan, D., & Fachrudin, T. (2020). PERANCANGAN ALAT BANTU PEMUTAR FINAL DRIVE HD785-7 DALAM PROSES ADJUSTING PRELOAD BEARING DI PT. XYZ. *Jurnal Baut Dan Manufaktur: Jurnal Keilmuan Teknik Mesin Dan Teknik Industri*, 2(02), Article 02. <https://doi.org/10.34005/bautdanmanufaktur.v2i02.1102>
- Qiu, H., Lee, J., Lin, J., & Yu, G. (2006). Wavelet filter-based weak signature detection method and its application on rolling element bearing prognostics. *Journal of Sound and Vibration*, 289(4), 1066–1090. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2005.03.007>
- Ricci, M. C. (2023). *Radial Load Distribution Comparison in Rolling Element Bearings* (2023120476). Preprints. <https://doi.org/10.20944/preprints202312.0476.v1>

LAMPIRAN

