

**PENGARUH *ALIGNMENT* TERHADAP SINYAL GETARAN  
PADA *GEARBOX***

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh:**

**Nama : Anas Saputra**

**No. Mahasiswa : 18525022**

**NIRM : 1802010090**

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

**2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya sendiri bukan hasil plagiarism dari karya tulis yang dibuat oleh orang lain. Semua referensi dan kutipan yang saya tulis pada karya tulis ini saya cantumkan sitasi dari sumber pustakanya. Apabila dikemudian hari saa 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, 29 November 2022



Anas Saputra

Nim 18525022

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PENGARUH *ALIGNMENT* TERHADAP SINYAL GETARAN  
PADA *GEARBOX***

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh:**

**Nama : Anas Saputra**

**No. Mahasiswa : 18525022**

**NIRM : 1802010090**

Yogyakarta, 14 November 2022

Pembimbing I,



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

## PENGARUH *ALIGNMENT* TERHADAP SINYAL GETARAN PADA *GEARBOX*

### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Anas Saputra

No. Mahasiswa : 18525022

NIRM : 1802010090

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng

Ketua

Tanggal : 1/12/2022.

Dr. Ir. Muhammad Khafid, S.T.,

M.T., IPP

Anggota I

Tanggal : 7

Ir. Donny Suryawan, S.T., M.T., IPP

Anggota II

Tanggal : 30/11/2022

Mengetahui

Kepala Jurusan Teknik Mesin



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

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Saya persembahkan hasil tugas akhir ini kepada ayah dan ibu  
tercinta yang tak pernah berhenti berdoa untuk putranya,  
memberikan semangat, materi, serta kasih sayang yang tidak ada  
habisnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.*

*Dosen Pembimbing Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng yang selalu  
memberikan motivasi tentang kehidupan*

*Keluarga Himpunan Teknik Mesin FTI UII sebagai tempat  
pengaplikasian ilmu.*

*Keluarga besar yang telah memberikan motivasi kepada penulis  
untuk menyelesaikan kuliah*

## HALAMAN MOTTO

*Mereka yang mendapat petunjuk dari Tuhannya, dan mereka itulah orang-orang yang beruntung. (Qs. Al-Baqarah ayat 5).*

*Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya. (Qs. Al-Alaq ayat 5).*

*Dia memberikan hikmah kepada siapa yang Dia kehendaki. Barang siapa diberi hikmah, sesungguhnya dia telah diberi kebaikan yang banyak. Dan tidak ada yang dapat mengambil pelajaran kecuali orang-orang yang mempunyai akal sehat. (Qs. Al-Baqarah ayat 269).*

## KATA PENGANTAR DAN UCAPAN TERIMA KASIH

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Dengan mengucapkan alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk salah satu syarat memperoleh gelar sarjana Teknik Mesin di Universitas Islam Indonesia yang berjudul “Pengaruh *Alignment* Terhadap Sinyal Getaran pada *Gearbox*”.

Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan, bantuan, serta dukungan dalam melaksanakan tugas akhir ini kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah sehingga penulis mendapatkan nikmat serta karunianya.
2. Ibu dan Ayah tercinta yang selalu memberikan do'a, tenaga, dukungan untuk keberhasilan penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. selaku dosen pembimbing tunggal yang dengan sabar dan ikhlas memberikan ilmu, memberikan arahan dan masukan serta membimbing penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Prodi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Semua dosen jurusan Teknik Mesin FTI UII yang telah mendidik dan memberikan ilmunya sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah.
6. Kakak saya yang terus memberikan semangat dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
7. Teman-teman Mahasiswa dan Himpunan Teknik Mesin UII
8. Saudara dan saudari seperjuangan Teknik Mesin angkatan 18
9. Daffa fauzan selaku partner saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.

Semoga segala bimbingan dan bantuan yang diberikan dapat bermanfaat kepada penulis dan mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat kesalahan dan kekhilafan selama proses pelaksanaan tugas akhir ini. Keterbatasan dan kemampuan yang dimiliki penulis disadari masih belum sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran untuk penulis sangat bermanfaat untuk mendapatkan hasil yang jauh lebih baik. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membaca dan membutuhkannya.

*Wassalaamu 'alaikum warahmatullaahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 14 November 2022

Penulis,



Anas Saputra

## ABSTRAK

*Gearbox* merupakan sebuah sistem transmisi daya yang berisi berbagai macam jumlah roda gigi. Putaran pada roda gigi menghasilkan gaya kontak antar gigi sehingga menimbulkan getaran. *Alignment* yang buruk dapat menambah besar getaran yang terjadi sehingga menyebabkan menurunnya efisiensi pada *gearbox*. Getaran pada *gearbox* yang diputar menggunakan motor induksi dideteksi menggunakan sensor *accelerometer* ADXL 335. Pengukuran dilakukan saat kondisi *misalignment* dan *alignment*. Sinyal getaran ditampilkan menggunakan osiloskop Hantek DSO 8060 yang terhubung dengan sensor ADXL 335. Hasil sinyal getaran diamati amplitudo dan frekuensi sinyalnya untuk kondisi *misalignment* dan *alignment*. Analisis getaran dilakukan menggunakan *Fast Fourier Transform (FFT)*. Dilakukan perbandingan tinggi amplitudo pada kondisi *misalignment* dan *alignment*. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sinyal *misalignment* memiliki amplitudo yang lebih tinggi, sinyal yang lebih kasar, dan rata rata tinggi sinyal yang lebih tinggi daripada sinyal *alignment*.

Kata kunci: *Misalignment, gearbox, adxl 335, osiloskop, Fast Fourier Transform (FFT)*.

## ABSTRACT

*The gearbox is a power transmission system that contains various numbers of gears. The rotation of the gear produces a contact force between the teeth, causing vibration. Poor alignment can increase the amount of vibration that occurs, causing a decrease in the efficiency of the gearbox. Vibration in the gearbox that is rotated using an induction motor is detected using the ADXL 335 accelerometer sensor. Vibration measurements are carried out during misalignment and alignment conditions. The vibration signal is displayed using a Hantek DSO 8060 oscilloscope connected to the ADXL 335 sensor. The vibration signal results are observed in the amplitude and frequency of the signal in case of misalignment and alignment conditions. Vibration analysis was performed using Fast Fourier Transform (FFT). Comparison of the height of the amplitude in the misalignment and alignment conditions. The observation results show that the misalignment signal has a higher amplitude, a coarser signal, and a higher average signal height than the alignment signal.*

*keywords: Misalignment, gearbox, adxl 335, oscilloscope, Fast Fourier Transform (FFT).*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Halaman Motto .....	vi
Kata Pengantar dan Ucapan Terima Kasih.....	vii
Abstrak .....	ix
Daftar Isi .....	x
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar .....	xiii
DAFTAR NOTASI .....	xv
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	4
2.1 Kajian Pustaka .....	4
2.2 Getaran.....	4
2.2.1 Frekuensi .....	5
2.2.2 Waktu .....	5
2.2.3 Pengukuran Amplitudo.....	5
2.2.4 <i>Natural Frequency</i> .....	7
2.2.5 <i>Harmonic Frequency</i> .....	7
2.3 <i>Spectral Analysis</i> .....	8
2.3.1 Domain Frekuensi dan Domain Waktu .....	8
2.3.2 <i>Fast Fourier Transform (FFT)</i> .....	9
2.3.3 Definisi Sinyal <i>Fast Fourier Transform (FFT)</i> .....	10

2.4	<i>Misalignment</i> .....	12
2.5	<i>Alignment</i> .....	14
2.6	<i>Digital Storage Osiloskop</i> .....	15
2.7	<i>Sensor Accelerometer</i> .....	16
Bab 3	Metode Penelitian .....	18
3.1	Alur Penelitian .....	18
3.2	Peralatan dan Bahan.....	19
Bab 4	PENGUJIAN, Hasil, dan Pembahasan .....	23
4.1	Perancangan Benda Uji.....	23
4.1.1	Proses Manufaktur dan <i>Assembly</i> Benda Uji.....	23
4.2	Proses <i>Misalignment</i> .....	25
4.3	Proses <i>Alignment</i> .....	26
4.4	Analisis dan Pembahasan.....	27
4.4.1	Pembacaan Sinyal di 1000 RPM .....	28
4.4.2	Pembacaan Sinyal di 1100 RPM .....	29
4.4.3	Pembacaan Sinyal di 1200 RPM .....	31
4.4.4	Pembacaan Sinyal di 1300 RPM .....	32
4.4.5	Pembacaan Sinyal di 1400 RPM .....	33
4.4.6	Pembacaan Sinyal di 1500 RPM .....	35
Bab 5	Penutup.....	37
5.1	Kesimpulan .....	37
5.2	Saran untuk Penelitian Selanjutnya .....	37
Daftar	Pustaka .....	38

## DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Kriteria desain benda uji .....	19
Tabel 3-2 Bahan bahan yang digunakan.....	20
Tabel 3-3 Alat alat yang digunakan.....	21
Tabel 3-4 <i>Software</i> yang digunakan .....	22



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 <i>Peak-to-peak</i> .....	6
Gambar 2-2 <i>Zero-to-peak</i> .....	6
Gambar 2-3 RMS dan <i>Average</i> .....	7
Gambar 2-4 Hubungan antara domain waktu dan domain frekuensi .....	9
Gambar 2-5 Contoh sinyal dalam domain waktu dan frekuensi .....	9
Gambar 2-6 Proses mengubah sinyal <i>waveform</i> menjadi sinyal FFT .....	10
Gambar 2-7 Definisi sinyal FFT.....	11
Gambar 2-8 <i>Spectral Map</i> atau <i>Waterfall Plot</i> .....	12
Gambar 2-9 <i>Paralel misalignment</i> .....	13
Gambar 2-10 <i>Angular misalignment</i> .....	13
Gambar 2-11 Kombinasi <i>misalignment</i> .....	14
Gambar 2-12 Contoh <i>alignment</i> menggunakan dial indicator.....	15
Gambar 2-13 Contoh <i>alignment</i> menggunakan alat berbasis laser .....	15
Gambar 2-14 Osiloskop analog .....	16
Gambar 2-15 <i>Digital Storage Oscilloscope</i> .....	16
Gambar 2-16 Sensor <i>accelerometer</i> ADXL 335 .....	17
Gambar 3-1 Model 3D rangkaian benda uji .....	19
Gambar 4-1 Rangkaian gambar dari pengelasan, pembuatan lubang, dan pemasangan roda gigi .....	23
Gambar 4-2 Proses <i>assembly</i> benda uji .....	24
Gambar 4-3 Benda uji sudah selesai di <i>assembly</i> .....	24
Gambar 4-4 Peletakan sensor adxl 335 .....	24
Gambar 4-5 Pemasangan sensor <i>alignment</i> .....	25
Gambar 4-6 Pengukuran jarak antara motor dengan sensor.....	25
Gambar 4-7 Pengaturan ketinggian dan kelurusan pada kedua sensor .....	25
Gambar 4-8 Hasil proses <i>misalignment</i> .....	26
Gambar 4-9 Penambahan <i>shims/ ganjalan</i> .....	26
Gambar 4-10 Hasil <i>alignment</i> .....	27
Gambar 4-11 Rangkaian benda uji .....	27
Gambar 4-12 Pembacaan sinyal di 1000 rpm pada kondisi <i>misalignment</i> .....	28

Gambar 4-13 Pembacaan sinyal di 1000 rpm pada kondisi <i>alignment</i> .....	29
Gambar 4-14 Pembacaan sinyal di 1100 rpm pada kondisi <i>misalignment</i> .....	29
Gambar 4-15 Pembacaan sinyal di 1100 rpm pada kondisi <i>alignment</i> .....	30
Gambar 4-16 Pembacaan sinyal di 1200 rpm pada kondisi <i>misalignment</i> .....	31
Gambar 4-17 Pembacaan sinyal di 1200 rpm pada kondisi <i>alignment</i> .....	31
Gambar 4-18 Pembacaan sinyal di 1300 rpm pada kondisi <i>misalignment</i> .....	32
Gambar 4-19 Pembacaan sinyal di 1300 rpm pada kondisi <i>alignment</i> .....	33
Gambar 4-20 Pembacaan sinyal di 1400 rpm pada kondisi <i>misalignment</i> .....	33
Gambar 4-21 Pembacaan sinyal di 1400 rpm pada kondisi <i>alignment</i> . .....	34
Gambar 4-22 Pembacaan sinyal di 1500 rpm pada kondisi <i>misalignment</i> .....	35
Gambar 4-23 Pembacaan sinyal di 1500 rpm pada kondisi <i>alignment</i> .....	35



## DAFTAR NOTASI

FFT = *Fast Fourier Transform*

RPM = *Revolution Per Minute*

STFT = *Short Time Fast Fourier*

WT = *Wavelet Transform*

TSA = *Time Synchronous Average*

RMS = *Root Mean Square*

DSO = *Digital Storage Oscilloscope*



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Gearbox* merupakan sebuah komponen dari suatu mesin yang memiliki fungsi utama untuk memindahkan tenaga penggerak mesin kepada sesuatu hal yang ingin digerakkan. *Gearbox* juga berfungsi untuk memperlambat kecepatan putaran dan memperkuat tenaga putaran dari tenaga motor atau mesin konvensional. *Gearbox* harus memiliki konstruksi yang baik agar dapat menempatkan roda gigi pada sumbu yang tepat sehingga roda gigi dapat berputar secara halus dengan sedikit gesekan yang terjadi pada masing masing roda gigi.

Getaran pada *gearbox* menjadi permasalahan jika *gearbox* mengeluarkan getaran yang berlebihan. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan pada roda gigi secara langsung maupun tidak langsung pada poros, roda gigi, dan *bearing*. Kerusakan pada *gearbox* yang tidak terdeteksi pada tahap awal dapat menyebabkan kerusakan yang lebih parah dan dapat menyebabkan kerugian yang sangat besar karena proses produksi berhenti total karena harus dilakukan *maintenance*, dan pekerja akan menggangu karena mesin berhenti produksi. Hal ini menyebabkan perusahaan mengalami kerugian dalam hal waktu dan uang yang sangat besar.

Pemeliharaan dan perawatan mesin sangat dibutuhkan untuk memperpanjang umur pemakaian mesin/*gearbox*. Langkah *preventif* harus didahulukan untuk mencegah kerusakan yang lebih besar pada mesin. Salah satu tindakan *preventif* yang dapat dilakukan adalah dengan menganalisa sinyal getaran yang dihasilkan dari *gearbox* yang dijalankan.

Getaran pada *gearbox* utamanya dihasilkan oleh roda gigi yang saling bersentuhan. Tetapi hal hal seperti *misalignment*, *looseness* pada *bearing*,

*unbalance*, dan kerusakan roda gigi akan menambah getaran yang ditimbulkan. Sehingga getaran yang berlebihan akan menyebabkan:

- ❖ Menimbulkan suara berisik
- ❖ Mempercepat aus pada komponen komponen seperti *bearing* dan kopling
- ❖ Meningkatnya beban pada komponen komponen yang bekerja
- ❖ Sambungan atau komponen akan mengalami kendur

Sedangkan untuk pengaruh *misalignment* pada *gearbox* adalah:

- ❖ Meningkatnya temperatur pada *bearing* dan kopling
- ❖ Poros bisa mengalami bengkok atau patah
- ❖ *Bearing* bisa menjadi *looseness*
- ❖ Meningkatnya konsumsi energi pada motor

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka dapat diambil perumusan masalah:

- a) Bagaimana pengaruh *alignment* terhadap sinyal getaran pada *gearbox*.
- b) Bagaimana cara melakukan *alignment* yang benar dan sesuai dengan batas toleransi.

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk menentukan arah penelitian, maka diberikan Batasan masalah sebagai berikut:

- a. Alat yang digunakan untuk *Alignment* pada poros adalah SKF TKSA 51.
- b. Diasumsikan jenis *coupler* yang digunakan tidak mempengaruhi getaran dan pemilihan jenis *coupler* nya benar.
- c. Tidak membahas terkait karakteristik sinyal getaran roda gigi.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah:

- Mengetahui pengaruh *Alignment* pada karakteristik sinyal getaran yang dihasilkan oleh *gearbox*.
- Mengetahui cara melakukan *alignment* yang benar pada poros motor dan *gearbox*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *alignment* terhadap sinyal getaran yang dihasilkan pada suatu mesin atau *gearbox*. Hal ini mencegah kerusakan berkelanjutan yang terjadi dalam suatu komponen mesin.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini diuraikain menjadi lima bab yang berurutan agar pembahasannya mudah dipahami. Bab 1 berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian dan sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir. Bab 2 berisi kajian pustaka dan tinjauan pustaka yang berkaitan dengan *gearbox*, getaran, *spectral analysis*, *alignment* dan *misalignment*, *digital storage oscilloscope*, sensor *accelerometer*. Bab 3 berisi alur penelitian, peralatan dan bahan yang digunakan. Bab 4 berisi proses produksi benda uji, proses *misalignment* dan *alignment*, pembacaan sinyal getaran pada beberapa kecepatan putaran motor. Bab 5 berisi kesimpulan penelitian yang berkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan dan saran penelitian selanjutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

(Rif'an et al., 2014), dalam tulisannya melakukan penelitian sinyal getaran pada roda gigi dengan menerapkan Analisis sinyal getaran berbasis domain waktu, *FFT analysis*, *wavelet transform (WT)*, *time synchronuous averaging (TSA)*, *residual signal* dan *short time forrier transform (STFT)*. Prinsip analisis *continuous wavelet transform (CWT)* adalah mengetahui fenomena besarnya amplitudo sesuai dengan skalanya. Sedangkan sinyal TSA akan menampilkan sinyal asli dengan cara mereduksi *noise* atau sumber getaran selain dari alat uji, sehingga kerusakan pada mesin dapat dideteksi dengan detil posisi kerusakan dan besarnya amplitudo.

(Syarifuddin, 2014) dalam tulisannya menyebutkan jika dalam domain waktu, analisis sinyal belum dapat dilakukan. Analisis dapat dilakukan jika sinyal berbentuk spektrum, sehingga diperlukan transformasi sinyal dari domain waktu menjadi sinyal domain frekuensi yaitu adalah *Fast Fourier Transform (FFT)*. FFT mampu menunjukkan kandungan frekuensi yang terkandung didalam sinyal dan menunjukkan berapa banyak komponen frekuensi di dalam sinyal.

(Rizal & Prasetya, 2008) dalam tulisannya menyebutkan jika *short time fourier transform (STFT)* adalah pengembangan dari FFT. Sinyal akan di ambil dalam waktu tertentu, sinyal yang diterima akan diterjemahkan dalam domain frekuensi. Kemudian sinyal diambil selama waktu tertentu, sehingga sinyal tersebut akan diketahui posisinya dalam domain waktu dan frekuensi.

#### **2.2 Getaran**

Getaran adalah setiap Gerakan yang berulang setelah selang waktu tertentu, atau biasa disebut osilasi. Gerakan suatu sistem melibatkan transfer energi potensial menjadi energi kinetik dan energi kinetik menjadi energi potensial secara bergantian. Jika sistem teredam, sejumlah energi dihamburkan

dalam setiap siklus getaran dan harus diganti oleh sumber eksternal jika keadaan getaran yang stabil harus dipertahankan(Singiresu, 2016).

Kerusakan atau keausan serta deformasi akan merubah karakteristik dinamik sistem dan cenderung meningkatkan energi getaran. Sedangkan gaya yang menyebabkan getaran ditimbulkan oleh beberapa sumber kontak benturan antara komponen yang berputar atau bergerak. Putaran dapat berasal dari masa yang tidak seimbang (*unbalance mass*), tidak sejajar (*misalignment*), kerusakan pada bearing (*bearing defect*), kelonggaran benda (*mechanical looseness*). Berikut beberapa istilah yang berhubungan dengan getaran:

### **2.2.1 Frekuensi**

Frekuensi adalah jumlah getaran yang terjadi dalam periode waktu, biasanya detik. Kecepatan mesin diukur dalam revolusi per menit (RPM), tetapi frekuensi yang dihasilkan oleh mesin tersebut diukur dalam *Hertz*.

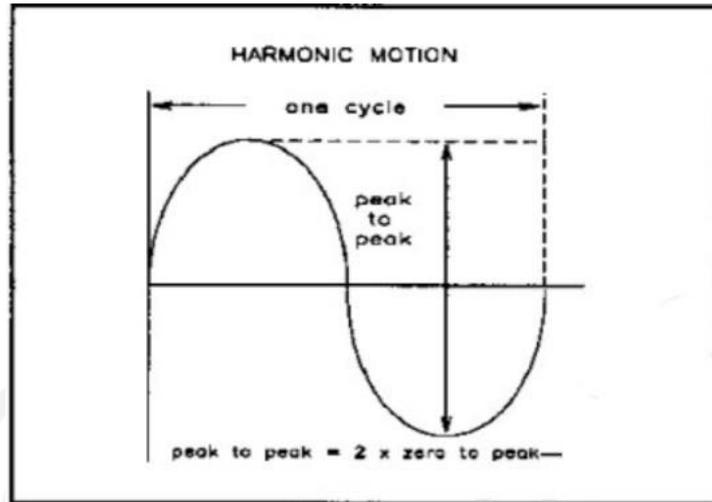
### **2.2.2 Waktu**

Periode waktu dapat diukur untuk satu siklus dan dihitung frekuensinya. jika frekuensinya diketahui maka periode waktu untuk satu siklus dapat dihitung. Waktu dan frekuensi berbanding terbalik. Harus diperhatikan bahwa periode waktu untuk satu siklus dari semua frekuensi di atas 1hz akan kurang dari satu detik dan jika frekuensi dalam siklus per detik, waktu juga harus diukur dalam dalam satuan detik.

### **2.2.3 Pengukuran Amplitudo**

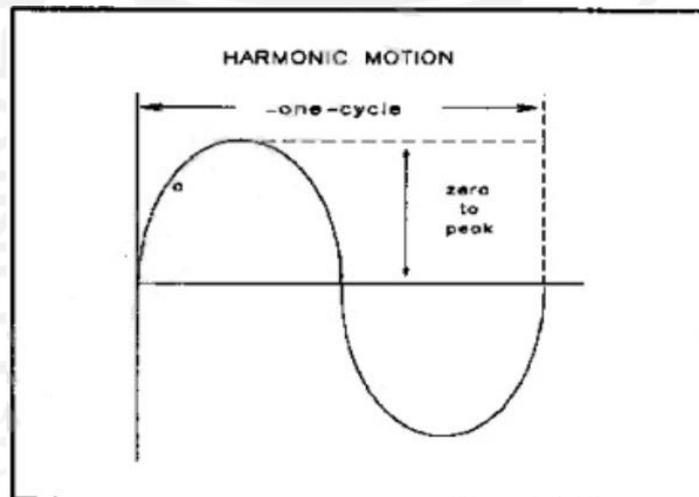
Amplitudo adalah jarak atau simpangan terjauh dari titik keseimbangan dalam sinyal sinus. Terdapat 4 cara berbeda untuk menyatakan tingkat amplitudo getaran yaitu, *peak-to-peak*, *zero-to-peak*, RMS (*Root Mean Square*), *average*.

*Peak-to-peak* adalah jarak dari puncak atas ke puncak bagian bawah. Jenis pengukuran ini paling sering digunakan Ketika mengacu pada perpindahan (*displacement*) amplitudo.



Gambar 2-1 *Peak-to-peak*

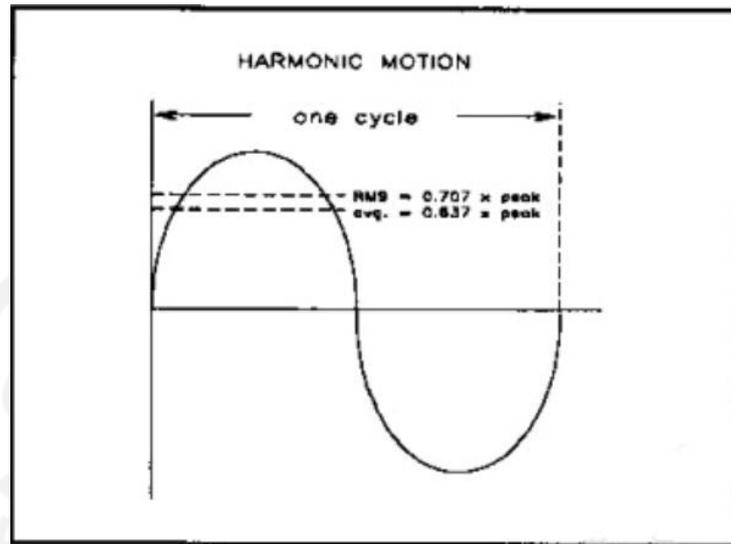
*Zero-to-peak* adalah pengukuran dari garis tengah atau nol ke puncak atas atau puncak bagian bawah. Jenis pengukuran ini digunakan untuk menggambarkan tingkat getaran dari transduser kecepatan (*Velocity*) atau akselerometer.



Gambar 2-2 *Zero-to-peak*

RMS (*root mean square*) adalah pengukuran sebenarnya dari kekuatan di bawah kurva. Nilai RMS adalah 0,707 ke puncak atas gelombang sinus dari batas tengah. Saat menghitung RMS sebenarnya, faktor puncak dan siklus kerja harus dipertimbangkan untuk sinyal yang mengandung pulsa. Saat menggambarkan tingkat getaran mesin, nilai RMS harus digunakan jika memungkinkan. Nilai

rata-rata (*average*) adalah 0,637 ke puncak atas gelombang sinus dari batas tengah.



Gambar 2-3 RMS dan *Average*

#### 2.2.4 *Natural Frequency*

*Natural frequency* muncul Ketika suatu sistem setelah dinyalakan mengeluarkan getaran pada dirinya sendiri dan benda disekitar nya tanpa ada gaya dari yang memengaruhinya atau gaya dari eksternal. Hal ini dikarenakan setiap benda memiliki *natural frequency* dan *natural frequency* akan hilang dengan sendirinya seiringan dengan frekuensi yang bertambah (Singiresu, 2016).

#### 2.2.5 *Harmonic Frequency*

Frekuensi harmonik adalah gangguan yang terjadi akibat distorsi gelombang arus dan tegangan. Harmonik terbentuk pada gelombang dengan frekuensi yang berbeda yang merupakan perkalian dari frekuensi aslinya. gelombang harmonik terkadang menumpang pada sinyal aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan perpaduan antara gelombang asli dengan gelombang harmoniknya (Jauregui Correa & Lozano Guzman, 2020).

Sebagian besar masalah yang terkait dengan getaran tidak muncul secara terpisah. Sulit untuk menemukan sinyal yang hanya berisi informasi tentang satu masalah saja, misalnya seperti *misalignment* atau *unbalance*. Bahkan bisa jadi

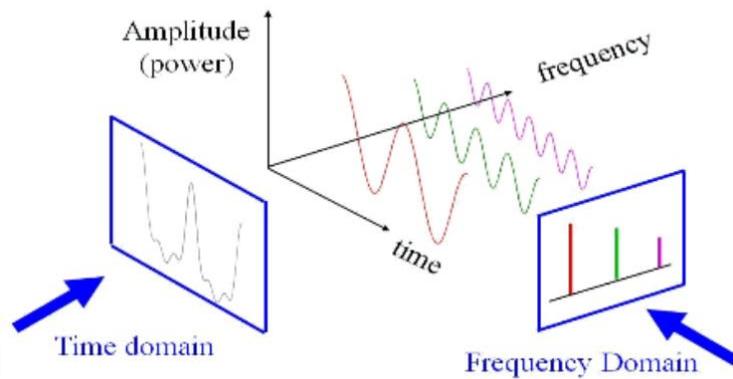
frekuensi yang terjadi pada dua masalah bisa memiliki sinyal yang mirip. Sehingga pengalaman dan jam terbang menjadi penting dalam mendefinisikan suatu masalah menggunakan analisis getaran. Baiknya dimulai dengan masalah paling sederhana dan terus memantau perubahan frekuensi pada spektrum.

## **2.3 Spectral Analysis**

Secara umum, getaran yang dihasilkan mesin/*gearbox* menghasilkan sinyal kompleks yang tidak memiliki bentuk sinus yang unik, tetapi terdiri dari berbagai sinyal yang berhubungan satu sama lain dengan amplitudo dan frekuensi yang berbeda-beda. *Spectral analysis* adalah alat utama dalam penerapan analisis getaran untuk pemeliharaan prediktif. *Spectral analysis* merupakan analisis berdasarkan pemisahan komponen sinyal getaran yang dibuat sedemikian rupa hingga memungkinkan mengidentifikasi penyebab dan efek getaran yang ada dalam mesin. *Spectral analysis* didasarkan pada deret *Fourier* dan sering disebut *Fast Fourier Transform* (FFT) (Jauregui Correa & Lozano Guzman, 2020).

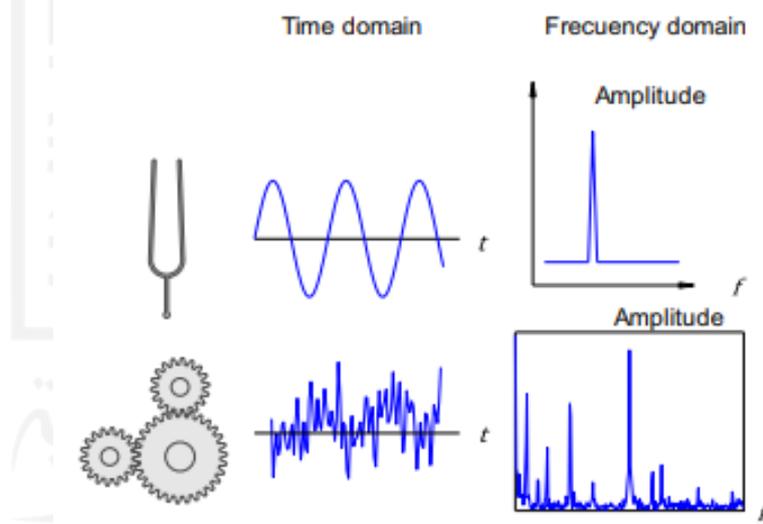
### **2.3.1 Domain Frekuensi dan Domain Waktu**

Analisis beberapa masalah seperti ketidaksetimbangan (*imbalance*) dapat didiagnosis dalam domain waktu. Namun, sinyal domain waktu dari mesin yang berputar seringkali sangat kompleks. Sinyal tersebut harus dianalisis dalam domain frekuensi. Dalam analisis getaran, penggunaan sinyal domain waktu dan spektrum domain frekuensi diperlukan untuk analisis yang lengkap dan akurat. Untuk berpindah dari domain waktu ke domain frekuensi, dibutuhkan FFT (*Fast Fourier Transform*) pada sinyal domain waktu (Taylor, 1994).



Gambar 2-4 Hubungan antara domain waktu dan domain frekuensi

Pada gambar 2-4, berisi contoh sinyal domain waktu dan domain frekuensi. Sinyal waktu pertama (dari kiri) berisi sinyal harmonik, begitu juga dengan sinyal ke dua dan ketiga. Setiap periode waktu memiliki tiga puncak ke atas. Garis spektral pertama adalah frekuensi dan sinyal waktunya dan seterusnya. Jika sinyal waktu dari tiga komponen frekuensi ditambahkan bersama-sama, hasilnya akan menjadi sinyal waktu yang pertama (paling kiri) (Taylor, 1994).



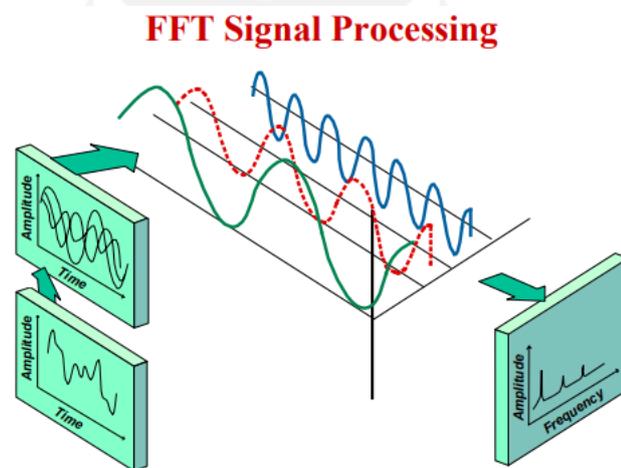
Gambar 2-5 Contoh sinyal dalam domain waktu dan frekuensi

### 2.3.2 Fast Fourier Transform (FFT)

Sinyal FFT merupakan sinyal yang diambil secara berkala dengan batas yang ditentukan menggunakan algoritma yang ditemukan oleh *Joseph Fourier* hingga komponen sinyal domain waktu berubah menjadi domain frekuensi.

Dalam analisis menggunakan *Fourier* dalam perawatan prediktif, operator harus mengetahui dan memilih agar tidak melewatkan sinyal yang benar. Karena pada peralatan yang berputar memiliki berbagai macam jenis frekuensi, sehingga batas frekuensi didasarkan pada kecepatan putaran maksimum yang ada pada alat yang digunakan.

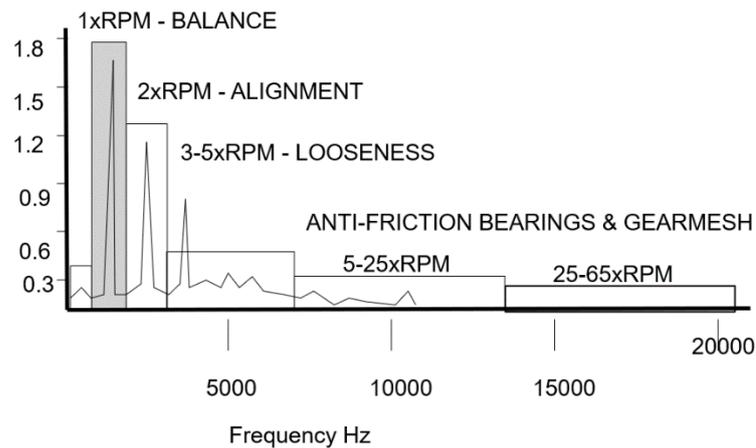
Sebagian besar peralatan yang digunakan dalam berbagai macam industri menghasilkan getaran. Ini adalah alasan mengapa *spectral analysis* sering digunakan untuk perawatan prediktif. Peralatan elektronik dan sensor saat ini dapat melakukan *spectral analysis* dengan cepat dan langsung pada peralatan yang digunakan. Sehingga operator harus dituntut mengetahui dasar dasar analisis menggunakan metode FFT karena jika hasil yang dikeluarkan oleh peralatan elektronik berbeda atau tidak benar maka operator dapat mengetahui kebenaran dari analisis menggunakan FFT (Jauregui Correa & Lozano Guzman, 2020).



Gambar 2-6 Proses mengubah sinyal *waveform* menjadi sinyal FFT

### 2.3.3 Definisi Sinyal *Fast Fourier Transform* (FFT)

Dalam sinyal FFT, jumlah frekuensi yang terjadi bisa mendefinisikan jenis kerusakan yang terjadi pada peralatan yang digunakan.

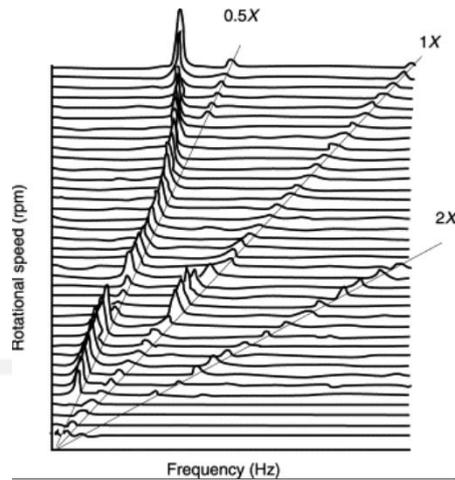


Gambar 2-7 Definisi sinyal FFT

Pada Gambar 2-7 Definisi sinyal FFT dapat dilihat bahwa jika sinyal muncul 1xRPM memiliki definisi mengenai *balance* suatu peralatan. Putaran motor (RPM) adalah tempat dimana frekuensi itu terjadi, sehingga kecepatan motor mempengaruhi tempat munculnya sinyal getaran. Untuk 2xRPM memiliki definisi mengenai *misalignment* yang terjadi pada peralatan atau poros pada motor dan *gearbox*. Untuk 3-5xRPM memiliki definisi bahwa peralatan mengalami *looseness* atau kelonggaran, biasa terjadi pada *bearing*. Sedangkan untuk 5-25xRPM dan 25-65xRPM merupakan jenis sinyal yang berhubungan dengan karakteristik *bearing* dan roda gigi.

Sinyal listrik terkadang muncul pada FFT di sekitar 50-60hz, karena listrik yang berasal dari PLN memiliki frekuensi pada 50-60hz. Jika semua sinyal FFT yang berasal dari berbagai macam kecepatan putaran motor (RPM) digabungkan, maka terlihat berbagai macam sinyal yang dihasilkan oleh frekuensi pasif dan frekuensi aktif.

Hal ini biasa disebut dengan *Spectral Map* atau *Waterfall Plot* Sehingga jika sinyal FFT berpindah saat kecepatan motor (RPM) diubah maka itu adalah frekuensi aktif, sedangkan frekuensi yang tidak berpindah adalah frekuensi pasif. Jadi, frekuensi aktif adalah frekuensi yang dihasilkan oleh benda yang bergetar dan berputar. Untuk frekuensi pasif dihasilkan oleh benda yang bergetar tetapi tidak berputar.



Gambar 2-8 *Spectral Map* atau *Waterfall Plot*

## 2.4 *Misalignment*

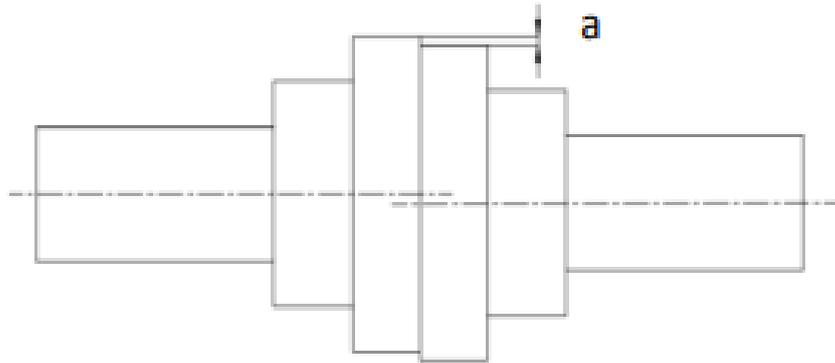
*Misalignment* dapat terjadi di beberapa tempat di mesin berputar. Contohnya, *misalignment* terjadi pada poros dengan bearing dimana garis tengah poros tidak sejajar dengan garis tengah *bearing*. *Misalignment* sering terjadi ketika dua mesin digabungkan menjadi satu. *Misalignment* pada poros menyebabkan bearing pada poros akan menerima beban tambahan yang disebabkan putaran yang tidak seimbang.

Kondisi tersebut akan menimbulkan getaran berlebihan yang akan menimbulkan kebisingan, dan selanjutnya akan menurunkan efisiensi mesin serta mengganggu pengoperasian mesin tersebut. *Misalignment* juga dapat mengakibatkan kendornya baut pada pondasi mesin. Selain itu *misalignment* menyebabkan temperatur tinggi pada kopling dan *bearing* pada motor sehingga komponen tersebut dapat cepat aus dan rusak (Lulus Lambang & Djoko Susilo, 2019).

Beberapa jenis *misalignment* adalah sebagai berikut:

### 1. *Paralel Misalignment*.

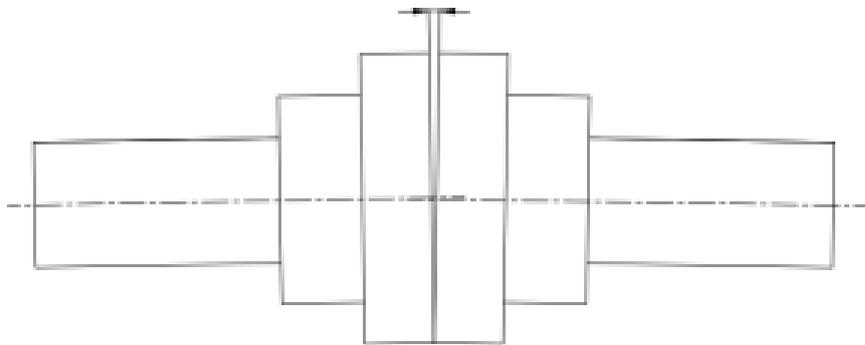
*Paralel misalignment* adalah posisi dari kedua poros dalam keadaan yang tidak sejajar dan dengan ketinggian yang berbeda pada kedua poros.



Gambar 2-9 *Paralel misalignment*

2. *Angular Misalignment.*

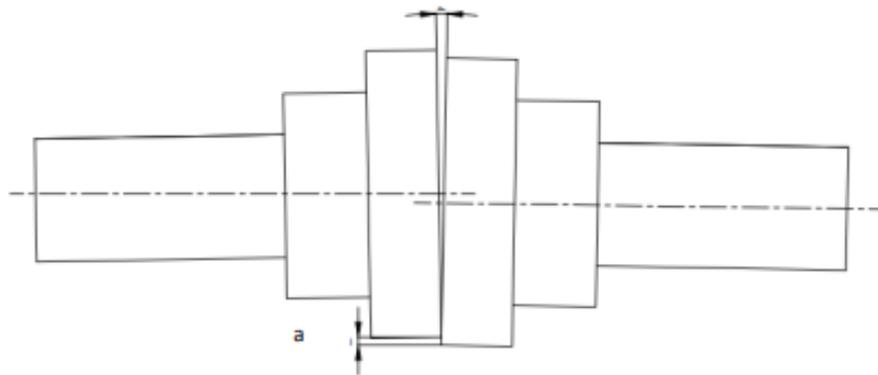
*Angular misalignment* adalah ketidaklurusan kedua poros dengan posisi yang saling menyudut, sedangkan kedua ujung poros nya memiliki ketinggian yang sama.



Gambar 2-10 *Angular misalignment*

3. *Kombinasi misalignment.*

*Kombinasi misalignment* ketika ketidaklurusan terjadi pada kedua poros dengan saling menyudut dan kedua ujung poros memiliki tinggi yang berbeda.



Gambar 2-11 Kombinasi *misalignment*

Untuk mengatasi terjadinya *misalignment* dapat dilakukan dengan cara *alignment* pada poros atau biasa disebut *shaft alignment*. *Shaft alignment* adalah proses menyelaraskan atau mensejajarkan dua sumbu poros lurus untuk menghasilkan tingkat kesejajaran yang maksimal (Darmawan et al., 2016).

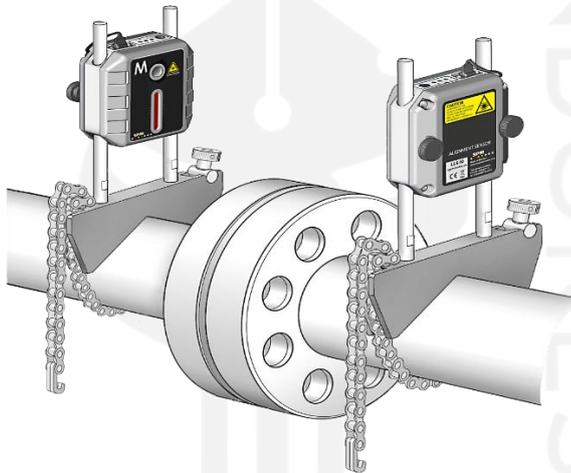
## 2.5 *Alignment*

*Alignment* adalah proses untuk membuat dua atau lebih poros menjadi sejajar, baik dalam *horizontal* maupun *vertical*. Maka dari itu dibutuhkan *housing* dengan konstruksi yang baik dan benar. *Coupler* yang digunakan juga harus sesuai, karena jika konstruksinya buruk dan pemilihan *coupler* yang salah menimbulkan getaran yang besar dan dapat menyebabkan keausan dini pada *coupler*, *bearing* dan *seal*.

*Alignment* biasa dilakukan menggunakan *dial micrometer*, atau yang lebih canggih yaitu dengan berbasis laser seperti SKF TKSA 51. *Alignment* pada peralatan adalah prosedur perawatan prediktif yang lebih murah dan dapat mengurangi getaran yang dihasilkan secara signifikan.



Gambar 2-12 Contoh *alignment* menggunakan dial indicator.



Gambar 2-13 Contoh *alignment* menggunakan alat berbasis laser

## 2.6 *Digital Storage Osiloskop*

Osiloskop merupakan alat yang memiliki fungsi untuk menampilkan gelombang atau sinyal analog dan digital agar bisa diamati. Osiloskop memiliki dua jenis yaitu osiloskop analog dan osiloskop digital. Masing masing mempunyai kelebihan dan kekurangannya.

Osiloskop analog menggambarkan bentuk bentuk gelombang listrik melalui Gerakan pancaran *electron* dalam sebuah tabung sinar katoda dari kiri ke kanan. Sedangkan osiloskop digital, gelombang yang akan ditampilkan lebih dulu disampling baru diubah menjadi digital. Osiloskop digital dapat menyimpan nilai

nilai tegangan dan bentuk bentuk gelombang bersama dengan skala waktunya dalam memori. Beberapa Osiloskop digital memiliki fitur fitur seperti FFT, *Spectral Map* dan lainnya.



Gambar 2-14 Osiloskop analog



Gambar 2-15 Digital Storage Oscilloscope

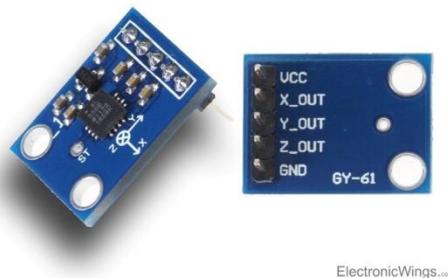
## 2.7 Sensor Accelerometer

Akselerometer adalah sensor yang menghasilkan sinyal listrik yang bergantung dengan akselerasi. Sensor ini terdiri dari kristal piezoelektrik yang ditempatkan dalam sensor. Saat akselerometer bergetar, massa dibagian dalamnya menghasilkan tekanan pada kristal *piezoelektrik* sehingga menimbulkan muatan listrik. Karena gaya sebanding dengan massa dan percepatan ( $F = mA$ ), akselerometer memberikan sinyal listrik berbanding lurus dengan gaya yang diberikan.

*Noise* merupakan sinyal sinyal yang tidak diinginkan masuk kedalam suatu *output* sistem. Sumber utama *noise* pada akselerometer adalah kristal dan mikrosirkuit. *Noise* juga bisa timbul karena permukaan tempat penempatan

sensor dan frekuensi radio yang terdapat pada sekitar sensor. Kabel merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap *noise*, sehingga diperlukan penggunaan kabel berkualitas tinggi untuk meredam *noise*. Gerakan yang dibuat oleh kabel pun juga bisa menghasilkan *noise* dan membuat ketidakpastian pada pengukuran sehingga kabel harus *difixed* kan pada bodi gearbox (Jauregui Correa & Lozano Guzman, 2020).

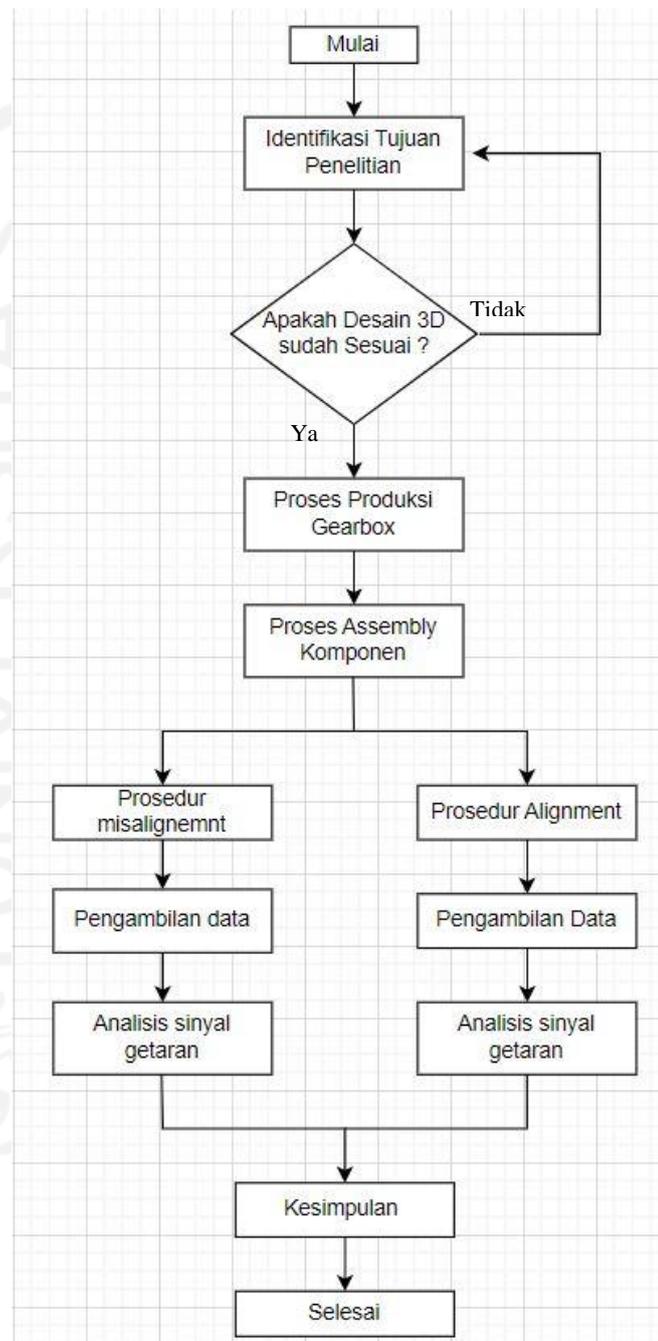
Untuk menghindari *noise* yang berasal dari tempat akselerometer berada, maka dibutuhkan grounding secara elektrik. Grounding yang dilakukan penulis adalah dengan memasang kabel ke tiga / *ground* pada steker, inverter, dan motor.



Gambar 2-16 Sensor *accelerometer* ADXL 335

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian



Metode penelitian yang dilakukan adalah studi literatur dan uji coba. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari tentang teori teori Getaran dan sinyal

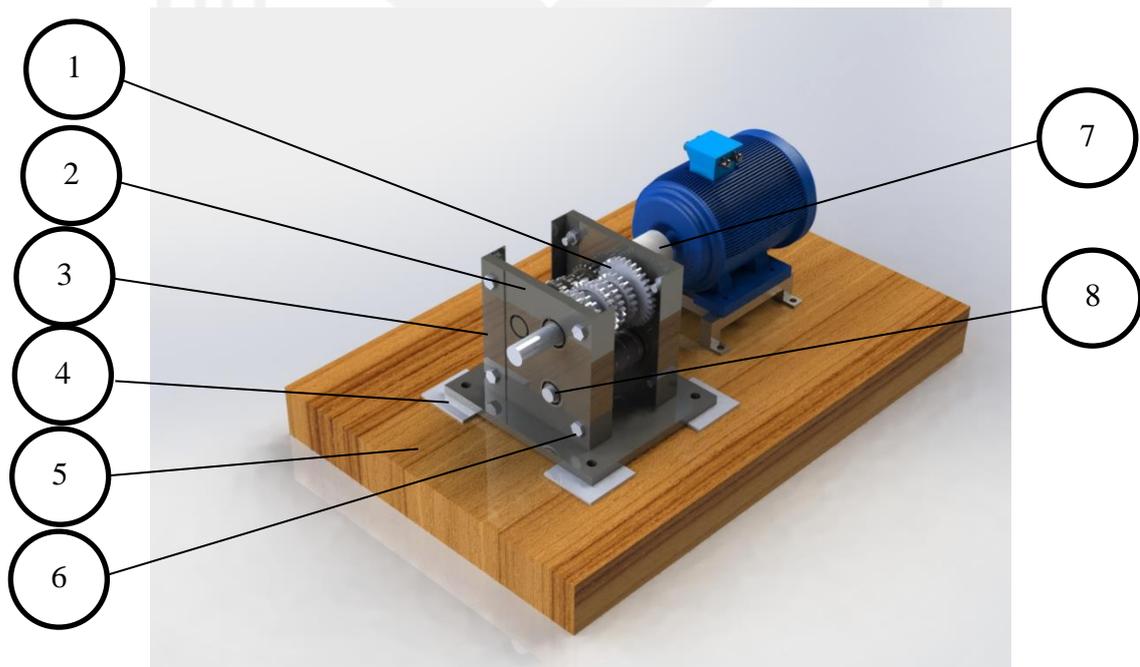
getaran dari beberapa referensi dan uji coba yang dilakukan pada *gearbox* yang telah di produksi sebelumnya. Pembacaan sinyal getaran dilakukan pada kondisi *misalignment* dan *alignment* menggunakan sensor *accelerometer* ADXL 335 dan tersambung dengan *Digital Storage Oscilloscope* Hantek 8060 untuk dianalisis hasil sinyal yang telah tampil.

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

Tabel 3-1 Kriteria desain benda uji

Must	Want
Roda gigi dapat berputar dengan benar	Proses produksi dan pembuatan komponen mudah dilakukan
Poros pada <i>gearbox</i> dapat dilakukan proses <i>alignment</i>	Bongkar pasang mudah dilakukan, sehingga mudah dilakukan perawatan
Pemberian <i>Grease</i> mudah dilakukan	

### 3.2 Peralatan dan Bahan



Gambar 3-1 Model 3D rangkaian benda uji

Pada tabel dibawah ini adalah bahan bahan yang digunakan untuk membuat *Housing Gearbox*:

Tabel 3-2 Bahan bahan yang digunakan

no	Nama	Gambar
1	Roda gigi	
2	Plat Besi 10mm	
3	Besi Siku	
4	<i>Shims/ ganjelan</i>	
5	Papan kayu	
6	Baut dan mur	
7	<i>coupler</i>	
8	<i>Bearing</i>	

9	Kunci pas & L	
10	grease	

Pada tabel dibawah adalah alat alat yang digunakan untuk melakukan penelitian:

Tabel 3-3 Alat alat yang digunakan

no	nama	keterangan	gambar
1	Osiloskop hantek DSO 8060	DSO digunakan untuk menampilkan bentuk sinyal dari hasil pembacaan getaran oleh sensor. DSO ini memiliki fitur FFT.	
2	SKF TKSA 51	alat ini berbasis laser <i>alignment</i> . Digunakan untuk <i>alignment</i> pada poros.	
3	Inverter <i>Nowforever</i>	Berfungsi untuk mengatur frekuensi dari motor	

4	Motor 3 Phase	Digunakan untuk memberikan putaran kepada rangkaian gearbox.	
5	Tachometer Sanwa	Digunakan untuk mengukur RPM kecepatan motor	
6	Sensor ADXL 335	Digunakan untuk mendeteksi getaran pada gearbox	
7	powerbank	Digunakan untuk memberikan power kepada sensor	
8	Laptop dan HP	Laptop digunakan untuk menggambar desain 3D. Hp digunakan untuk Alignment yang terhubung melalui bluetooth	

Pada table dibawah ini adalah *software* yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3-4 *Software* yang digunakan

no	Nama	Keterangan
1	Solidworks 2018	Digunakan untuk membuat desain 3D benda uji
2	SKF alignment tools	Digunakan untuk melakukan alignment pada poros

## BAB 4

### PENGUJIAN, HASIL, DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perancangan Benda Uji

Proses manufaktur dilakukan dengan melakukan berbagai proses seperti pengelasan, pembubutan, pengeboran, pemotongan bahan bahan.

##### 4.1.1 Proses Manufaktur dan *Assembly* Benda Uji

Proses dimulai dengan pengelasan besi siku kepada alas plat, kemudian plat besi dilubangi untuk membuat lubang *bearing*. Setelah itu dilakukan pemasangan roda gigi kepada plat samping. Setelah roda gigi terpasang di plat samping, rangkaian dimasukkan kedalam plat siku yang sudah di las. Setelah itu, baru motor disambungkan dengan kopling dan di baut pada papan kayu.



Gambar 4-1 Rangkaian gambar dari pengelasan, pembuatan lubang, dan pemasangan roda gigi

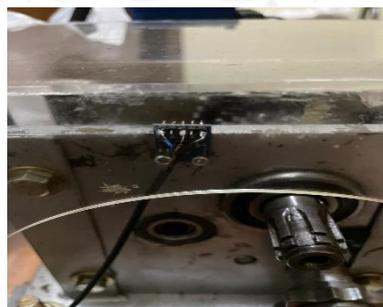


Gambar 4-2 Proses *assembly* benda uji



Gambar 4-3 Benda uji sudah selesai di *assembly*

Setelah *assembly* dilakukan, sensor ADXL 335 diletakkan pada plat samping. Penempatan sensor dilakukan pada tempat terdekat yang bisa dibuat pada terjadinya getaran yaitu pada sebelah bearing karena sumber getaran terjadi pada roda gigi. Untuk arah sensor yang diambil datanya adalah arah Y karena yang tegak lurus dengan poros dan sesuai dengan arah getaran yang terjadi pada roda gigi.



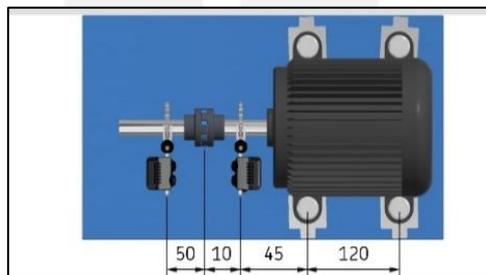
Gambar 4-4 Peletakan sensor adxl 335

## 4.2 Proses *Misalignment*

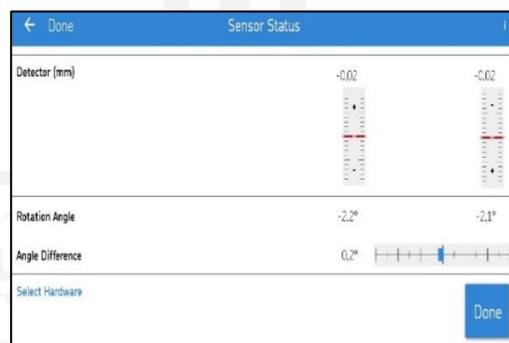
Pada proses ini, sensor SKF TKSA 51 dipasang pada kedua poros motor dan *gearbox*. Lalu disambungkan ke aplikasi pada *Handphone* dengan *bluetooth*. pada Gambar 4-6 Dilakukan pengukuran jarak antara motor dengan sensor, kopling. Pada Gambar 4-7 Dilakukan pengaturan ketinggian dan kelurusan kedua sensor.



Gambar 4-5 Pemasangan sensor *alignment*



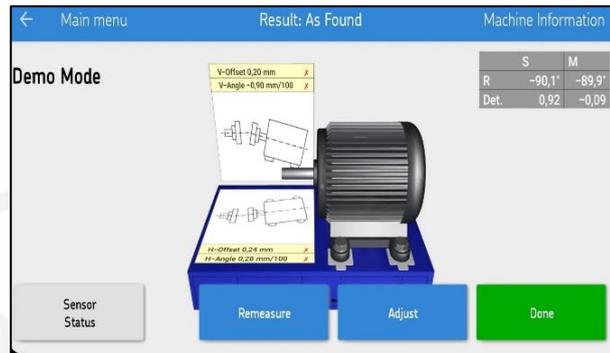
Gambar 4-6 Pengukuran jarak antara motor dengan sensor



Gambar 4-7 Pengaturan ketinggian dan kelurusan pada kedua sensor

Setelah selesai melakukan pengaturan pada sensor *alignment*, sensor *alignment* diputar pada jam 9, 12, 3 secara berurutan. Setelah itu didapatkan hasil pada Gambar 4-8 Bahwa pada tampak motor atas terlihat bahwa garis tengah poros motor tidak sejajar dengan garis tengah poros *gearbox* dengan jarak -0,43mm. Dan pada tampak motor samping terlihat bahwa garis tengah motor

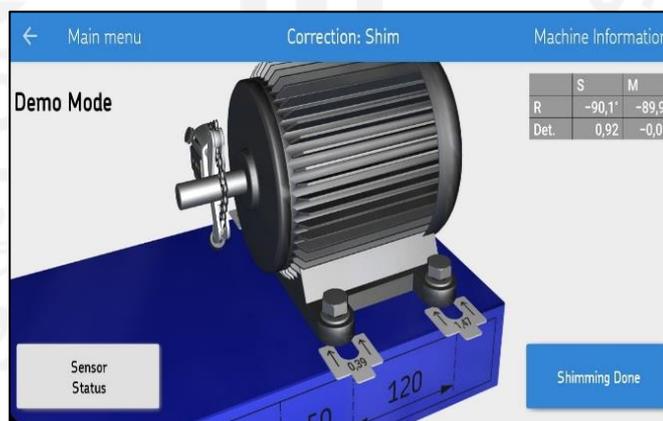
terlalu tinggi hingga 1,53mm. Pada keadaan ini, data kondisi *misalignment* diambil untuk dianalisis.



Gambar 4-8 Hasil proses *misalignment*

### 4.3 Proses *Alignment*

Setelah proses *misalignment* selesai dilakukan dan mendapatkan datanya, selanjutnya dilakukan proses *alignment*. Pada Gambar 4-9 *Shims/* ganjelan harus ditambahkan pada bagian bawah kaki motor sebesar 0,39mm dan 1,42mm dan garis tengah pada poros motor harus diluruskan agar lurus dan sejajar dengan garis tengah *gearbox*.



Gambar 4-9 Penambahan *shims/* ganjelan

Tolerances					
Speed (rpm)	Offset (mm)		Angular Error (mm/100)		
1000-2000	0,10		0,08		

As Found	Vertical	Horizontal	As Corrected	Vertical	Horizontal
Offset (mm)	-0,04	-0,02	0,03	0,01	0,01
Angle (mm/100)	1,53	-0,43	-0,03	0,05	0,05
Front Feet (mm)	0,81	-0,26	0,01	0,04	0,04
Rear Feet (mm)	2,65	-0,77	-0,02	0,10	0,10

Gambar 4-10 Hasil *alignment*

Setelah dilakukan penambahan *shims/* ganjelan, maka didapat *report* pada Gambar 4-10. Terlihat pada gambar kiri yang awalnya *angle* pada *vertical* dan *horizontal* terdapat tanda X, setelah dilakukan penambahan ganjelan menjadi centang yang terdapat pada gambar kanan *angle* pada *vertical* dan *horizontal*. Nilai pada gambar kanan sudah termasuk dalam batas toleransi motor yang berputar pada 1000-2000 RPM adalah 0,08mm. Selanjutnya, sinyal getaran diambil data nya pada kondisi *alignment* untuk dianalisis lebih lanjut.

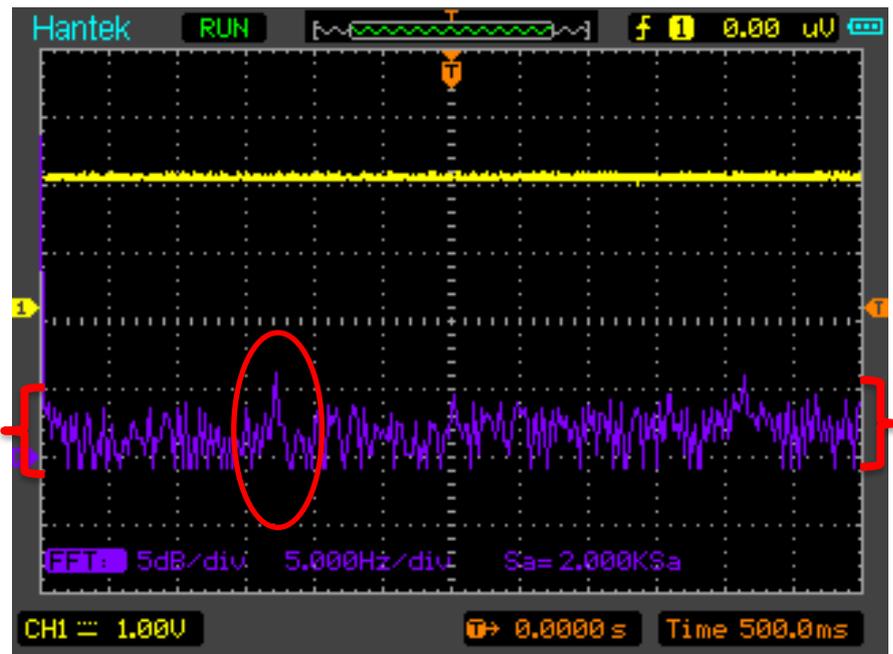
#### 4.4 Analisis dan Pembahasan

Jika sudah melakukan proses *alignment* dan *misalignment*, maka selanjutnya adalah melakukan pengamatan dan pengambilan data sinyal getaran. Untuk pengambilan data hasil pembacaan sinyal getaran, kecepatan motor divariasikan pada 1000 rpm, 1100 rpm, 1200 rpm, 1300 rpm, 1400 rpm, 1500 rpm. Hal ini akan menampilkan bahwa frekuensi akan bergerak sesuai dengan penambahan kecepatan motor, sehingga bisa dipastikan itu adalah frekuensi dari getaran pada *gearbox*.



Gambar 4-11 Rangkaian benda uji

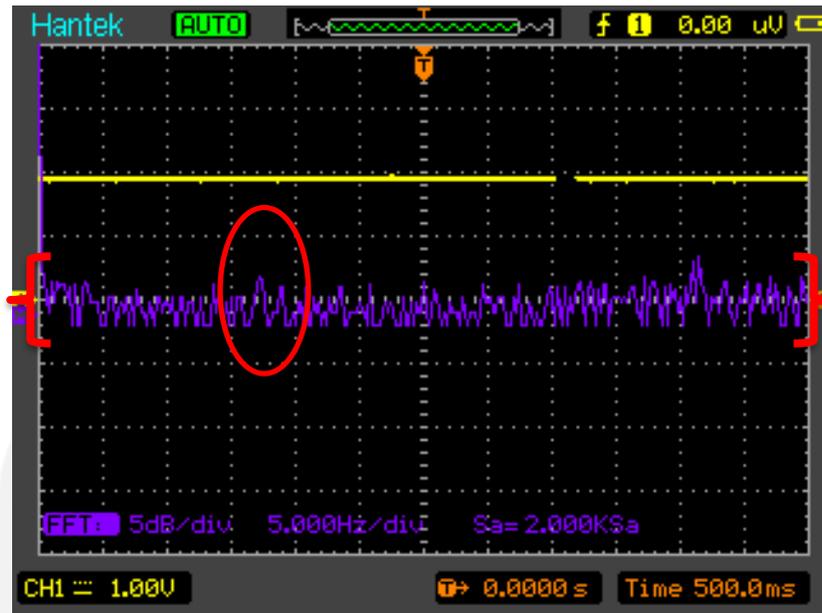
#### 4.4.1 Pembacaan Sinyal di 1000 RPM



Gambar 4-12 Pembacaan sinyal di 1000 rpm pada kondisi *misalignment*

Untuk setting osiloskopnya, arah *horizontal* merupakan frekuensi yang terjadi, sedangkan arah *vertical* merupakan amplitudo sinyal. Untuk frekuensi per div (Kotak) adalah 5hz/ div. Artinya 1 kotak adalah 5hz, total arah *horizontal* ada 12 div (kotak). Sehingga jumlah semuanya adalah 60hz. Sedangkan untuk amplitude per div (kotak) adalah 5 dB/ div. Untuk sinyal diamati yang berwarna biru adalah hasil dari FFT yaitu domain frekuensi, karena sinyal *timewaveform*/ domain waktu yang berwarna kuning terlihat kecil, sehingga jika setting *volt* pada osiloskopnya dibesarkan *noise* akan masuk dan mengganggu hasil FFT nya.

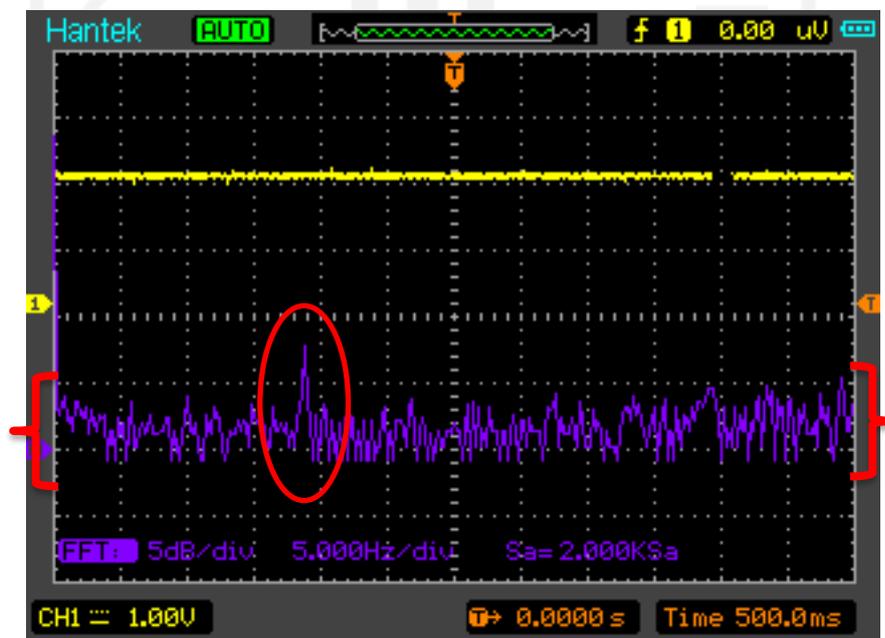
Pada Gambar 4-12, terlihat sinyal kondisi *misalignment*. Frekuensi terjadi pada sekitar 17hz dan memiliki amplitudo sekitar 7dB. Terlihat bahwa sinyal lumayan kasar dan memiliki rata rata ketinggian sinyal lebih besar daripada kondisi *alignment*.



Gambar 4-13 Pembacaan sinyal di 1000 rpm pada kondisi *alignment*

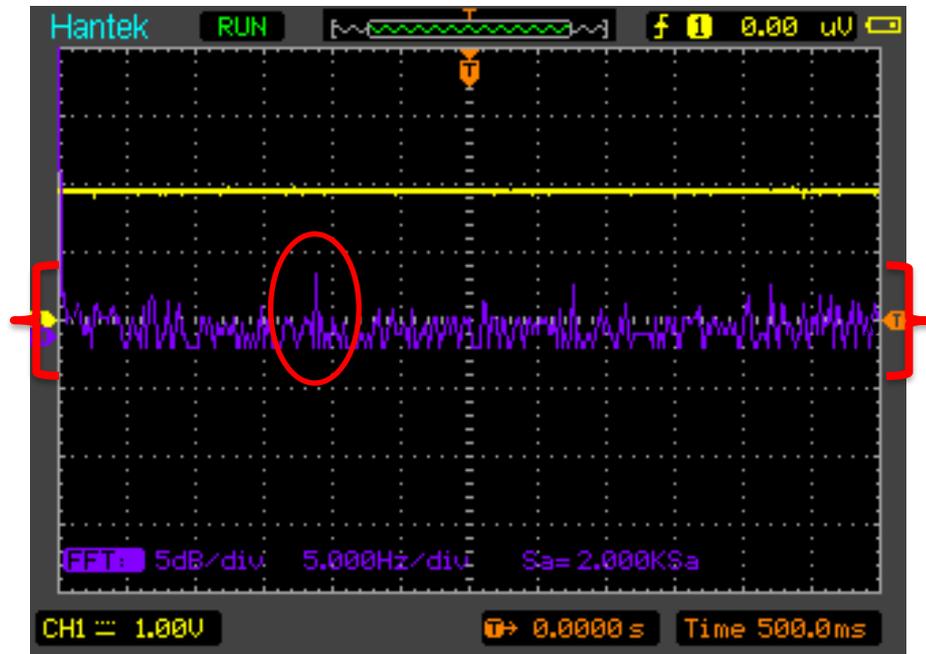
Pada Gambar 4-13, terlihat sinyal kondisi *alignment*. Frekuensi terjadi pada sekitar 17hz dan memiliki amplitudo sekitar 4,8dB. Terlihat bahwa sinyal lebih halus dan memiliki rata rata ketinggian sinyal lebih kecil daripada kondisi *misalignment*. Gambar 4-13

#### 4.4.2 Pembacaan Sinyal di 1100 RPM



Gambar 4-14 Pembacaan sinyal di 1100 rpm pada kondisi *misalignment*

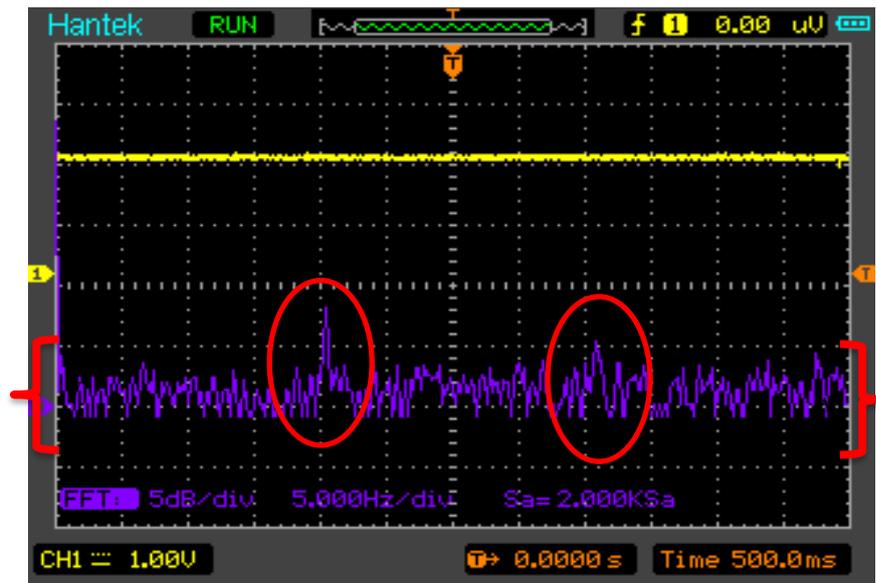
Pada Gambar 4-14 terlihat sinyal pada kondisi *misalignment*, frekuensi terjadi pada sekitar 19hz dan memiliki amplitudo sebesar 8,9dB. Terlihat bahwa sinyal masih lumayan lasar dan memiliki rata rata ketinggian sinyal lebih besar daripada kondisi *alignment*.



Gambar 4-15 Pembacaan sinyal di 1100 rpm pada kondisi *alignment*

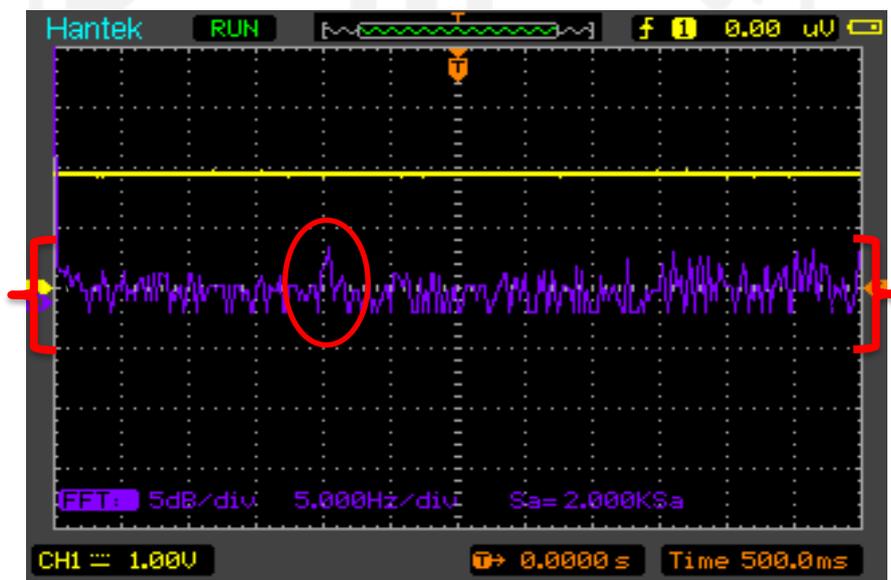
Pada Gambar 4-15 terlihat sinyal pada kondisi *alignment*. Frekuensi terjadi pada sekitar 19hz dan memiliki amplitudo sebesar 5,6 dB. Terlihat bahwa sinyal masih lebih halus dan memiliki rata rata ketinggian sinyal lebih kecil daripada kondisi *misalignment*.

### 4.4.3 Pembacaan Sinyal di 1200 RPM



Gambar 4-16 Pembacaan sinyal di 1200 rpm pada kondisi *misalignment*

Pada Gambar 4-16 terlihat sinyal pada kondisi *misalignment*. Frekuensi terjadi pada sekitar 20,8hz dan memiliki amplitudo sebesar 9,1dB. Terlihat bahwa sinyal masih lumayan kasar dan memiliki rata rata ketinggian sinyal lebih besar daripada kondisi *alignment*. Terdapat sinyal 2xRPM yang merupakan ciri ciri terjadi *misalignment*.



Gambar 4-17 Pembacaan sinyal di 1200 rpm pada kondisi *alignment*

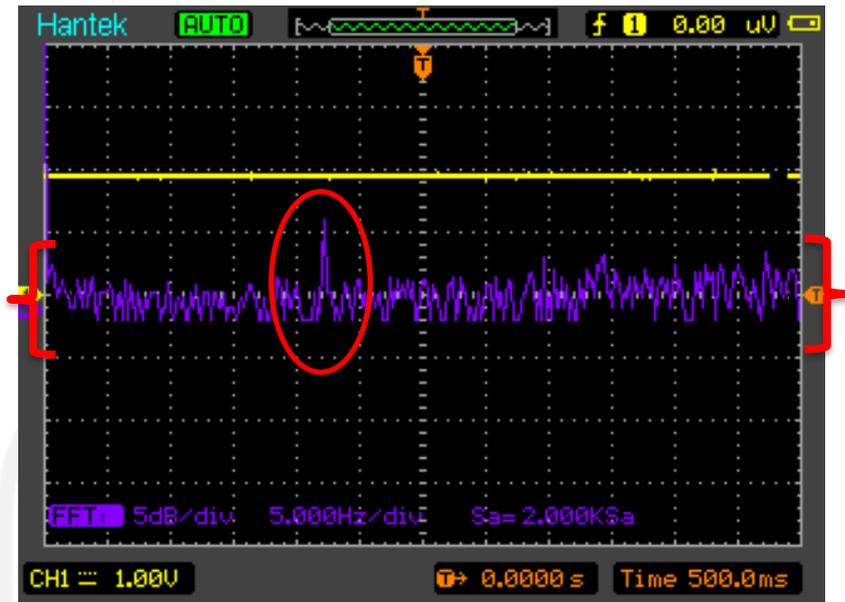
Pada Gambar 4-17 Gambar 4-16 terlihat sinyal pada kondisi *alignment*. Frekuensi terjadi pada sekitar 20,8hz dan memiliki amplitudo sebesar 5,5dB. Terlihat bahwa sinyal masih lebih halus dan memiliki rata rata ketinggian sinyal lebih kecil daripada kondisi *misalignment*.

#### 4.4.4 Pembacaan Sinyal di 1300 RPM



Gambar 4-18 Pembacaan sinyal di 1300 rpm pada kondisi *misalignment*

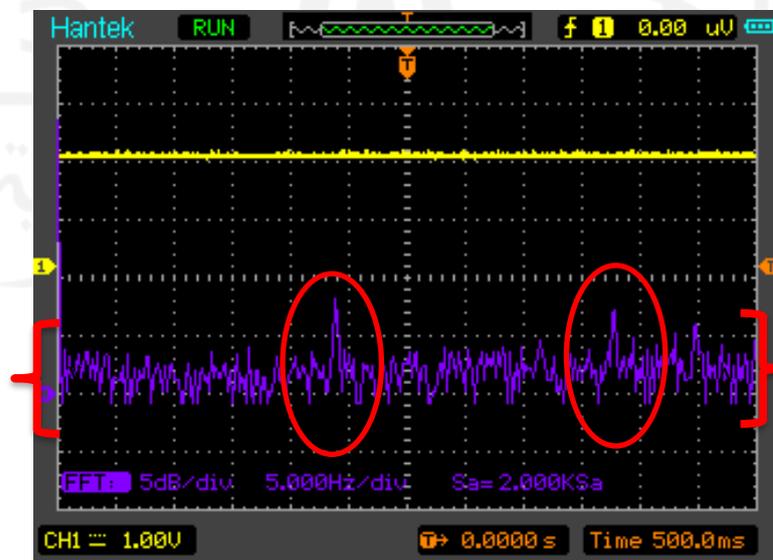
Pada Gambar 4-18 terlihat sinyal pada kondisi *misalignment*. Frekuensi terjadi pada sekitar 22,4hz dan memiliki amplitudo sebesar 8,5dB. Terlihat bahwa sinyal sangat kasar dan memiliki rata rata ketinggian sinyal yang lebih besar bila dibandingkan dengan kondisi *alignment*. Terdapat sinyal 2xRPM yang merupakan ciri ciri terjadi *misalignment*.



Gambar 4-19 Pembacaan sinyal di 1300 rpm pada kondisi *alignment*

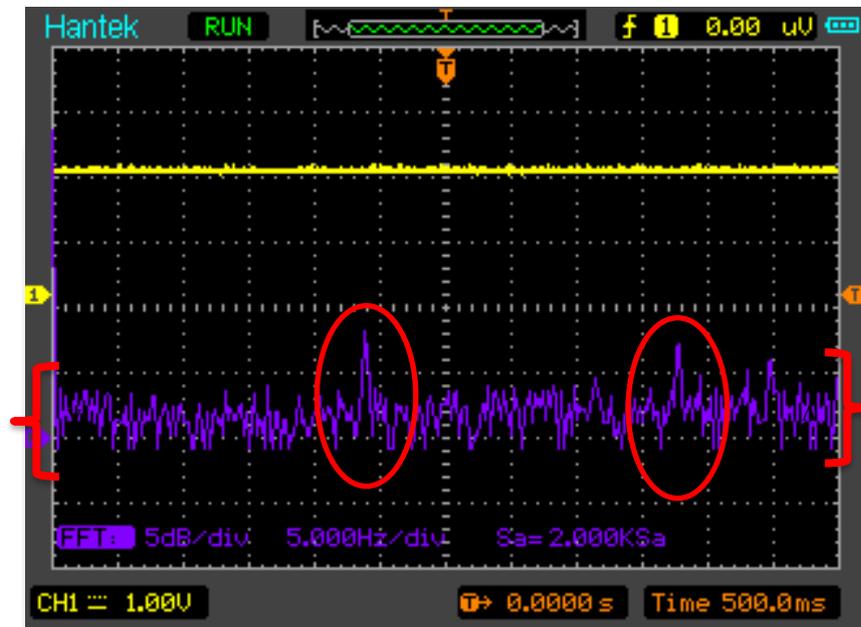
Pada Gambar 4-19 terlihat sinyal pada kondisi *alignment*. Frekuensi terjadi pada sekitar 22,4hz dan memiliki amplitudo sebesar 7dB. Terlihat bahwa sinyal sangat kasar dan memiliki rata rata ketinggian sinyal lebih kecil bila dibandingkan dengan sinyal pada kondisi *misalignment*.

#### 4.4.5 Pembacaan Sinyal di 1400 RPM



Gambar 4-20 Pembacaan sinyal di 1400 rpm pada kondisi *misalignment*

Pada Gambar 4-20 terlihat sinyal kondisi *misalignment*. Frekuensi terjadi pada sekitar 23,9hz dan memiliki amplitudo sebesar 9,1dB. Terlihat bahwa sinyal masih lumayan kasar dan memiliki rata rata ketinggian sinyal lebih besar bila dibandingkan dengan kondisi *alignment*. terdapat sinyal 2xRPM yang merupakan ciri ciri terjadi *misalignment*.

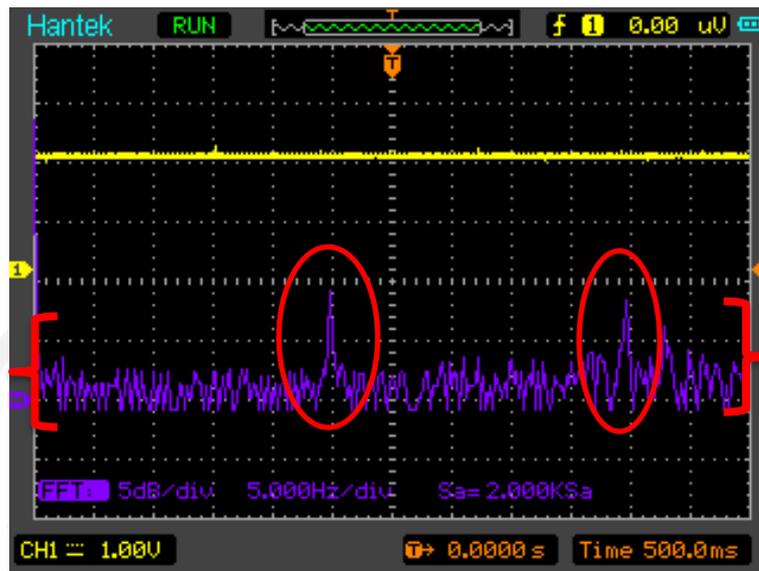


Gambar 4-21 Pembacaan sinyal di 1400 rpm pada kondisi *alignment*.

Pada Gambar 4-21 terlihat sinyal kondisi *alignment*. Frekuensi terjadi pada sekitar 23,9hz dan memiliki amplitudo sebesar 7,8dB. Terlihat sinyal masih lebih halus dan memiliki rata rata ketinggian sinyal lebih kecil bahwa bila dibandingkan dengan kondisi *misalignment*.

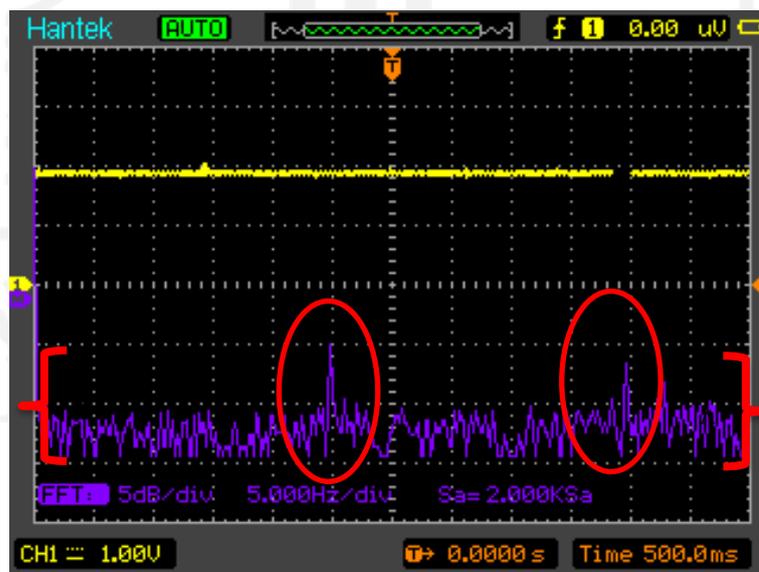
Disini terlihat muncul sinyal 2xRPM yang merupakan ciri ciri *misalignment*. Ini merupakan hal yang tidak biasa pada penelitian ini karena jika motor berputar pada rpm yang tinggi seperti pada 1400 rpm maka sinyal muncul di 2xRPM. Hal ini bisa dikarenakan oleh kemunculan sinyal harmonik yang menyebabkan sinyal *misalignment* itu sendiri tertutup oleh sinyal harmonik atau.

#### 4.4.6 Pembacaan Sinyal di 1500 RPM



Gambar 4-22 Pembacaan sinyal di 1500 rpm pada kondisi *misalignment*

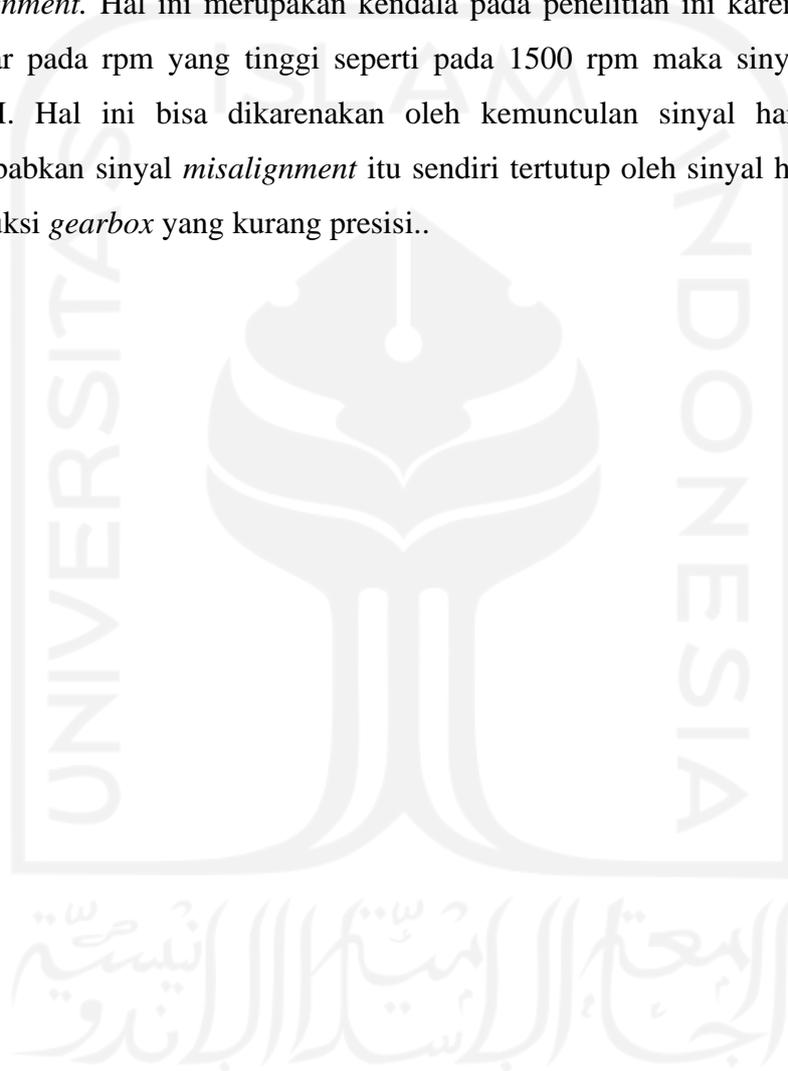
Pada Gambar 4-22 terlihat sinyal kondisi *misalignment*. Frekuensi terjadi pada sekitar 25hz dan memiliki amplitudo sebesar 10,1 dB. Disini terlihat bahwa sinyal lumayan kasar dan terdapat sinyal 2xRPM yang merupakan ciri ciri terjadi *misalignment*.



Gambar 4-23 Pembacaan sinyal di 1500 rpm pada kondisi *alignment*

Pada Gambar 4-23 terlihat sinyal pada kondisi *alignment*. Frekuensi terjadi pada sekitar 25hz dan memiliki amplitudi sebesar 9dB. Terlihat bahwa sinyal mulai kasar tetapi tidak sekasar kondisi *misalignment* dan memiliki rata rata ketinggian sinyal lebih kecil daripada kondisi *misalignment*.

Disini terlihat muncul sinyal 2xRPM yang merupakan ciri ciri *misalignment*. Hal ini merupakan kendala pada penelitian ini karena jika motor berputar pada rpm yang tinggi seperti pada 1500 rpm maka sinyal muncul di 2xRPM. Hal ini bisa dikarenakan oleh kemunculan sinyal harmonik yang menyebabkan sinyal *misalignment* itu sendiri tertutup oleh sinyal harmonik atau konstruksi *gearbox* yang kurang presisi..



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka mendapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Sinyal getaran *gearbox* yang dihasilkan pada kondisi *misalignment* memiliki frekuensi yang muncul di  $2xRPM$ , amplitudo yang lebih tinggi, sinyal yang lebih kasar dan rata-rata sinyal lebih besar bila dibandingkan dengan kondisi *alignment*.
- *Alignment* sudah dilakukan dengan menambahkan *shims/* ganjalan sebagai penambah tinggi motor dan *gearbox* dengan ketebalan yang berbeda beda. Hal ini dilakukan agar *alignment* presisi dengan batas toleransi motor yang berputar pada 1000 – 2000 rpm adalah 0,08mm.

#### **5.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya**

- 1) Dilakukan analisis lebih lanjut pada kondisi *misalignment* dan *alignment* dengan menggunakan metode *Short Time Fast Fourier* (STFT) dan *Wavelet Transform*.
- 2) Menggunakan jenis *coupler* yang kaku/ *rigid* sehingga getaran yang dihasilkan akibat pengaruh *misalignment* akan lebih besar.
- 3) Dilakukan analisis getaran pada masing masing komponen seperti, *bearing*, roda gigi. Karena sinyal getaran pada *gearbox* memiliki sinyal yang kompleks dan rumit. Sehingga, jika dilakukan pada masing masing komponen akan lebih jelas hasil pembacaan nya karena tidak tercampur dengan sinyal lainnya.
- 4) Pembuatan *gearbox* harus dilakukan lebih presisi, karena kerusakan sedikit saja akan terlihat dalam pembacaan sensor *accelerometer*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Darmawan, D. D., Widodo, A., & Haryanto, I. (2016). MISALIGNMENT KOPLING DENGAN ANALISIS SINYAL GETARAN KONDISI STEADY STATE MENGGUNAKAN METODE REVERSE. In *Jurnal Teknik Mesin S-1* (Vol. 4, Issue 2).
- Jauregui Correa, J. C. A., & Lozano Guzman, A. A. (2020). *MECHANICAL VIBRATIONS AND CONDITION MONITORING*.
- Lulus Lambang, R., & Djoko Susilo, D. (2019). DIAGNOSIS KETIDAKLURUSAN (MISALIGNMENT) POROS MENGGUNAKAN METODE MULTICLASS SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM). In *Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika* (Vol. 39).
- Rif'an, Widodo, A., & Satrijo, D. (2014). DETEKSI KERUSAKAN RODA GIGI DENGAN ANALISIS SINYAL GETARAN BERBASIS DOMAIN WAKTU. In *Jurnal Teknik Mesin S-1* (Vol. 2, Issue 3).
- Rizal, A., & Prasetya, B. (2008). *ANALISIS KINERJA ALGORITMA SHORT TIME FOURIER TRANSFORM (STFT) UNTUK DETEKSI SINYAL CARRIER FREQUENCY HOPPING SPREAD SPECTRUM (FHSS) CDMA Distributed wireless 12 leads ECG System View project Scientific Editing View project*. <https://www.researchgate.net/publication/321240524>
- Singiresu, S. R. (2016). *Mechanical Vibrations Sixth Edition in SI Units*. [www.pearsonglobaleditions.com/rao](http://www.pearsonglobaleditions.com/rao).
- Syaifuddin, A. (2014). FAST FOURIER TRANSFORM (FFT) UNTUK ANALISIS SINYAL SUARA DOPPLER ULTRASONIK. In *Youngster Physics Journal* (Vol. 3, Issue 3).
- Taylor, I. J. (1994). *The.Vibration.Analysis.Handbook*. 1–360.

LAMPIRAN

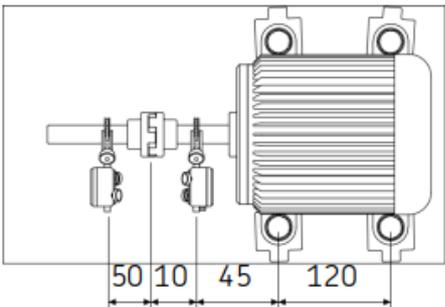
Report hasil alignment yang sudah benar

## Shaft Alignment Report Horizontal

**Machine ID**  **Date**

**Company**  **Operator**

**Notes**



**Tolerances**

Speed (rpm)	Offset (mm)	Angular Error (mm/100)
1000-2000	0,10	0,08

**Target Values**

	Vertical	Horizontal
Offset (mm)	-	-
Angle (mm/100)	-	-

**Stationary Unit (S):** TKSA 51, 2132-0220  
**Movable Unit (M):** TKSA 51, 2131-0181  
**Soft Foot Check Performed:** No



### Result

As Found	✗	Vertical	Horizontal
Offset (mm)	-0,04	✓	-0,02
Angle (mm/100)	1,53	✗	-0,43
Front Feet (mm)	0,81		-0,26
Rear Feet (mm)	2,65		-0,77

As Corrected	✓	Vertical	Horizontal
Offset (mm)	0,03	✓	0,01
Angle (mm/100)	-0,03	✓	0,05
Front Feet (mm)	0,01		0,04
Rear Feet (mm)	-0,02		0,10

