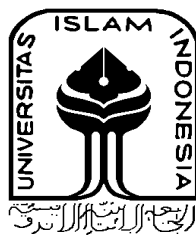


KARAKTERISTIK GETARAN PADA POMPA AIR SUMURA

SU-50

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



Disusun Oleh :

Nama : Fajar Adiwiguna Prasetyo

No. Mahasiswa : 18525034

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

2024

PERNYATAAN KEASLIAN

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

Yogyakarta, 8 Mei 2024



Fajar Adiwiguna Prasetyo

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**KARAKTERISTIK GETARAN PADA POMPA AIR SUMURA
SU-50**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Fajar Adiwiguna Prasetyo

No. Mahasiswa : 18525034

Yogyakarta, 28 Maret 2024

Pembimbing I



Dr. Ir. Paryana Puspaputra M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

KARAKTERISTIK GETARAN PADA POMPA AIR SUMURA SU-50

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Fajar Adiwiguna Prasetyo

No. Mahasiswa : 18525034

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

Ketua



Tanggal : 13 Mei 2024.

Faisal Arif Nurgesang, Ir., S.T.,

M.Sc., IPP

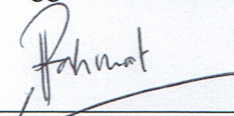
Anggota I



Tanggal : 13 Mei 2024.

Rahmat Riza, S.T., MSc. ME

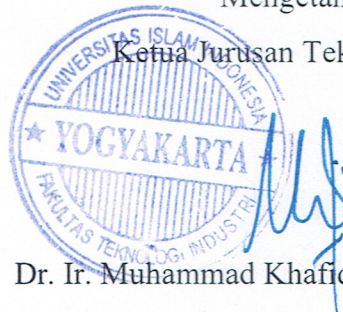
Anggota II



Tanggal : 13 Mei 2024

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki dan rahmat-Nya, serta panjatan doa dan dukungan yang selalu diberikan oleh orang-orang tercinta, hingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu senantiasa memberikan dukungan baik moral maupun materill dan serta doa yang selalu dipanjatkan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra. M.Eng. Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak sekali ilmu terhadap penulis baik ilmu yang berhubungan dengan studi Teknik Mesin maupun ilmu kehidupan yang sangat bermanfaat bagi penulis
3. Pradini Nurul Safitri yang telah meluangkan waktunya, membantu dan memberikan semangat untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Rekan-rekan penulis yang selalu memberikan semangat untuk dapat menyelesaikan Ttugas Akhir ini.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan khususnya pada bidang yang sesuai dengan topik penulis.

HALAMAN MOTTO

"Pengetahuan adalah kunci kesuksesan yang tak ternilai."

(Albert Einstein)

"Keberhasilan dimulai dengan keberanian untuk mencoba."

(Walt Disney)

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(Al Baqarah 286)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah *rabbil'alamin*. Segala puji bagi Allah SWT, atas berkat, rahmat serta kelimpahanNya peneliti dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik dan lancar. Tak lupa sholawat serta salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarganya, sahabatnya, dan seluruh umatnya hingga akhir zaman yang menjadikannya sebagai suri tauladan yang baik.

Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana program studi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia. Selama melaksanakan penelitian dan menyusun laporan Tugas Akhir, penulis telah mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua dan adik tercinta yang selalu memberikan dukungan baik secara moril dan materil selama penulis kuliah.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan banyak saran dan kritik agar tugas akhir ini menjadi lebih baik.
3. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng selaku Pembimbing yang telah sabar membimbing, meluangkan waktu, tenaga dan pikiran di dalam memberikan pengarahan kepada penulis selama proses penulisan tugas akhir.
4. Ibu dan Bapak dosen beserta staf pengajar dan karyawan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Pradini Nurul Safitri yang telah meluangkan waktunya, membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan penulis, yang telah membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Pihak-pihak lain yang telah membantu dan memotivasi penulis dalam menempuh pendidikan S1 selama ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Selanjutnya, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih kurang dari sempurna. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Wassalammu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 28 Maret 2024



Fajar Adiwiguna Prasetyo

ABSTRAK

Pompa air merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lainnya dengan cara menaikkan tekanan fluida tersebut. Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa air yang banyak digunakan dalam dunia industri dengan komponen motor sebagai penggerak pada pompa air. Getaran pada pompa air dapat menjadi masalah jika pompa air memiliki getaran yang berlebihan. Ketidaksejajaran poros antara pompa air dan motor dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen yang ada, hal ini disebut dengan *misalignment* dengan memiliki ciri pada sinyal yang muncul yaitu $2xRPM$. Sebagaimana pompa air dengan merk Sumura SU-50 di Laboratorium Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia mengalami ketidaksejajaran poros antara pompa air dan motor, serta sinyal yang muncul pada $2xRPM$, sehingga terjadinya *misalignment*. Apabila dibiarkan, maka kedua komponen tersebut akan mengalami kerusakan. Proses *alignment* dilakukan guna mensejajarkan poros antara pompa air dengan motor supaya dapat mengurangi kerusakan yang mungkin terjadi. Adapun proses *alignment* yang dilakukan dengan menggunakan alat SKF TKSA-51, menghasilkan nilai kemiringan motor pada *v-angle* sebesar $0,46\text{ mm/s}$. Sehingga, diperlukan adanya penambahan plat besi pada kaki motor dengan ketebalan $0,2\text{ mm}$ serta mengencangkan baut pada kaki motor dengan tepat. Dengan demikian, maka nilai kemiringan motor telah mencapai batas toleransi yang diizinkan ($0,05\text{ mm/s}$) serta poros antara pompa air dan motor dalam keadaan *alignment*.

Kata kunci: *Alignment*, Getaran, *Misalignment*, Pompa Air.

ABSTRACT

Water pump is a tool used to transfer fluid from one place to another by increasing the pressure of the fluid. Centrifugal pump is a type of water pump widely used in the industrial world with a motor component as the driving force for the water pump. Vibration in the water pump can be a problem if the water pump has excessive vibration. Misalignment between the shafts of the water pump and the motor can result in damage to the components, this is called misalignment with the characteristic signal that appears is 2xRPM. As the Sumura SU-50 water pump in the Laboratory of the Faculty of Industrial Technology, Islamic University of Indonesia experienced misalignment between the shafts of the water pump and the motor, as well as a signal that appeared at 2xRPM, resulting in misalignment. If left untreated, both components will experience damage. The alignment process is carried out to align the shafts between the water pump and the motor in order to reduce possible damage. The alignment process carried out using the SKF TKSA-51 tool resulted in a motor inclination value at v-angle of 0,46 mm/s. Thus, it is necessary to add iron plates to the motor feet with a thickness of 0,2 mm and tighten the bolts on the motor feet accurately. Thus, the motor inclination value has reached the allowed tolerance limit (0,05 mm/s) and the shafts between the water pump and the motor are in an aligned condition.

Keywords: Alignment, Misalignment, Vibration, Water Pump

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Pernyataan Keaslian	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi.....	xvi
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Pompa Sentrifugal	5
2.3 Pengertian Getaran	7
2.4 Analisis Getaran	10
2.5 Pengukuran Getaran	11
2.5.1 Sensor Simpangan Getaran.....	12
2.5.2 Sensor Kecepatan Getaran.....	13
2.5.3 Sensor Percepatan Getaran	14
2.6 Parameter Getaran	17

2.7	Macam-Macam Getaran	18
2.7.1	<i>Unbalance</i>	18
2.7.2	<i>Misalignment</i>	18
2.8	Diagnosa Kondisi Mesin	19
2.9	<i>Predictive Maintenance</i>	20
2.10	<i>Alignment</i>	21
2.11	<i>Fast Fourier Transform</i>	22
Bab 3	Metode Penelitian	23
3.1	Alur Penelitian.....	23
3.2	Peralatan dan Bahan	24
3.3	Proses <i>Misalignment</i>	25
3.4	Proses <i>Alignment</i>	27
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	29
4.1	Kondisi <i>Misalignment</i>	29
4.2	Proses <i>Alignment</i>	33
4.3	Kondisi <i>Alignment</i>	34
Bab 5	Penutup.....	40
5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran	40
Daftar Pustaka	41

DAFTAR TABEL

Tabel 4-1 Kondisi <i>Misalignment</i>	32
Tabel 4-2 Kondisi <i>Alignment</i>	38
Tabel 4-3 Perbandingan Kondisi <i>Misalignment</i> dan <i>Alignment</i>	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal	6
Gambar 2-2 Sistem Getaran Pada Pegas	8
Gambar 2-3 Fungsi Periodik dan Rumus Frekuensi.....	8
Gambar 2-4 Hubungan Antara Frekuensi Linier, Sudut, & Kecepatan Putar	9
Gambar 2-5 Fungsi harmonik.....	9
Gambar 2-6 Grafik Simpangan, Kecepatan & Percepatan.	10
Gambar 2-7 Proses Analisis Getaran.....	11
Gambar 2-8 Sensor Simpangan	12
Gambar 2-9 Cara Penggunaan Sensor Simpangan	12
Gambar 2-10 Sensor Kecepatan	13
Gambar 2-11 Sensor Percepatan.....	14
Gambar 2-12 Kurva Kalibrasi dan Sensitivitas	15
Gambar 2-13 Sinyal Amplitudo	15
Gambar 2-14 Standar ISO 10816-3	16
Gambar 2-15 Macam-Macam Terjadinya Getaran.....	18
Gambar 2-16 Kurva Bathup	19
Gambar 2-17 Kondisi <i>Alignment</i>	21
Gambar 3-1 Diagram Alir.....	23
Gambar 3-2 Pompa Air Sumura SU-50.....	24
Gambar 3-3 <i>SKF Quickcollect</i>	24
Gambar 3-4 <i>SKF TKSA-51</i>	24
Gambar 3-5 Plat Besi.....	24
Gambar 3-6 Kunci Pas.....	25
Gambar 3-7 Laptop dan Handphone	25
Gambar 3-8 Pemasangan Sensor SKF TKSA-51	25
Gambar 3-9 Penyesuaian Tinggi dan Kelurusan Kedua Sensor.....	26
Gambar 3-10 Kondisi <i>Misalignment</i>	26
Gambar 3-11 Penempatan Titik Pengambilan Data	27
Gambar 3-12 Kondisi <i>Alignment</i>	27
Gambar 3-13 Batas Toleransi Dari Sensor SKF TKSA-51	28

Gambar 4-1 Penempatan SKF TKSA-51	29
Gambar 4-2 Hasil Pembacaan <i>Misalignment</i> pada Sumbu 1 Vertikal	30
Gambar 4-3 Hasil Pembacaan <i>Misalignment</i> pada Sumbu 1 Horizontal	30
Gambar 4-4 Hasil Pembacaan <i>Misalignment</i> pada Sumbu 2 Vertikal	30
Gambar 4-5 Hasil Pembacaan <i>Misalignment</i> pada Sumbu 2 Horizontal	31
Gambar 4 6 Hasil Pembacaan <i>Misalignment</i> pada Sumbu 3 Vertikal.....	31
Gambar 4-7 Hasil Pembacaan <i>Misalignment</i> pada Sumbu 3 Horizontal	31
Gambar 4-8 Hasil Pembacaan <i>Misalignment</i> pada Sumbu 4 Vertikal	32
Gambar 4-9 Hasil Pembacaan <i>Misalignment</i> pada Sumbu 4 Horizontal	32
Gambar 4-10 Hasil Pengukuran Dengan SKF TKSA-51 Kondisi <i>Misalignment</i>	33
Gambar 4-11 Batas Toleransi SKF TKSA-51	34
Gambar 4-12 Hasil Pengukuran Dengan SKF TKSA-51 Kondisi <i>Alignment</i>	34
Gambar 4-13 Proses <i>Alignment</i>	35
Gambar 4-14 Hasil Pembacaan <i>Alignment</i> pada Sumbu 1 Vertikal.....	35
Gambar 4-15 Hasil Pembacaan <i>Alignment</i> pada Sumbu 1 Horizontal.....	35
Gambar 4-16 Hasil Pembacaan <i>Alignment</i> pada sumbu 2 Vertikal.....	36
Gambar 4-17 Hasil Pembacaan <i>Alignment</i> pada Sumbu 2 Horizontal.....	36
Gambar 4-18 Hasil Pembacaan <i>Alignment</i> pada Sumbu 3 Vertikal.....	36
Gambar 4-19 Hasil Pembacaan <i>Alignment</i> pada Sumbu 3 Horizontal.....	37
Gambar 4-20 Hasil Pembacaan <i>Alignment</i> pada Sumbu 4 Vertikal.....	37
Gambar 4-21 Hasil Pembacaan <i>Alignment</i> pada Sumbu 4 Horizontal.....	37

DAFTAR NOTASI

FFT = *Fast Fourier Transform*

RPM = *Revolution Per Minute*

Hz = *Hertz*

RMS = *Root Mean Square*

NDE = *Non Drive End*

DE = *Drive End*

V = *Volt*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tidak semua konstruksi manusia sempurna dan akan memburuk seiring berjalannya waktu, termasuk mesin. Industri sekarang menggunakan mesin modern yang dirancang untuk beroperasi secara otomatis, dan sebagian besar mesin ini beroperasi pada kecepatan rotasi yang tinggi, sedangkan getaran yang dihasilkannya adalah frekuensi tinggi yang tidak lagi dapat dideteksi oleh indera manusia, sehingga diperlukan alat untuk mengukurnya.

Mesin adalah kumpulan dari komponen-komponen yang berbeda yang selalu dihubungkan bersama menjadi elemen-elemen dari sebuah mesin yang bekerja sama secara rapi untuk menghasilkan serangkaian gerakan sesuai dengan yang direncanakan. Saat merencanakan mesin, faktor keselamatan harus dipertimbangkan baik untuk mesin itu sendiri maupun untuk operator. Saat memilih suku cadang mesin, perhatian juga harus diberikan pada kekuatan bahan, faktor keamanan, dan kekuatan masing-masing suku cadang.

Pompa air merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lainnya dengan cara menaikkan tekanan fluida tersebut. Pompa air berperan penting dalam menyediakan akses air bersih dan memfasilitasi kebutuhan manusia.

Getaran pada pompa air dapat menjadi masalah jika pompa air memiliki getaran yang berlebihan. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada impeller atau komponen pada pompa air itu sendiri baik secara langsung maupun tidak langsung. Kerusakan yang terjadi pada pompa air yang tidak terdeteksi pada tahap awal akan memberikan kerusakan dan kerugian yang lebih besar karena kedepannya akan berhenti untuk dilakukan pemeliharaan atau *maintenance*.

Perawatan dan pemeliharaan mesin sangat penting untuk memperpanjang umur pompa air. Tindakan pencegahan harus diambil untuk menghindari kerusakan lebih lanjut pada mesin. Salah satu upaya pencegahan yang dapat

dilakukan adalah dengan menganalisis sinyal getaran yang dihasilkan oleh pompa air yang sedang digunakan.

Getaran pada pompa air seringkali timbul karena adanya kavitasi, distribusi tekanan *outlet* yang tidak merata karena terbatasnya baling-baling impeller, fluktuasi tekanan dalam air, dan lain lain. Namun, hal lain seperti *unbalance*, *misalignment*, dan *looseness* pada *bearing*, akan meningkatkan getaran yang dihasilkan.

Kondisi *alignment* terjadi ketika sumbu putaran/penjajaran dua (atau lebih) sumbu mesin sejajar satu sama lain, khususnya pada saat digunakan. Namun, *misalignment* poros dapat terjadi karena beberapa bagian mesin dapat berubah keselarasan setelah digunakan.

Getaran tidak boleh terjadi pada sistem yang bekerja pada mesin yang terpasang. Getaran yang berlebihan akan mempengaruhi kinerja dan umur ketahanan komponen yang ada. Pengukuran getaran adalah operasi yang paling umum dalam pemeliharaan prediktif.

Sebagaimana pompa air dengan merk Sumura SU-50 di Laboratorium Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia (Lab. FTI UII) mengalami ketidaksejajaran antara pompa air dan motor, sehingga terjadinya *misalignment*. Apabila dibiarkan, maka kedua komponen tersebut akan mengalami kerusakan. Sehingga, diperlukan adanya tindakan proses *alignment* supaya dapat mengurangi kerusakan yang mungkin terjadi.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana karakteristik dari *misalignment* terhadap sinyal getaran pada pompa air?
2. Bagaimana proses *alignment* yang dilakukan supaya dapat mengurangi kerusakan yang mungkin terjadi?
3. Bagaimana karakteristik dari *alignment* terhadap sinyal getaran pada pompa air?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Pompa yang digunakan untuk penelitian adalah pompa air Sumura SU-50 di Laboratorium Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia (Lab. FTI UII).
2. Sensor dan alat yang digunakan adalah SKF *Quickcollect* dan SKF TKSA-51.
3. Hanya menganalisis karakteristik getaran.

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui karakteristik dari *misalignment* terhadap sinyal getaran pada pompa air.
2. Mengetahui proses *alignment* yang dilakukan supaya dapat mengurangi kerusakan yang mungkin terjadi.
3. Mengetahui karakteristik dari *alignment* terhadap sinyal getaran pada pompa air.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan tentang karakteristik yang terjadi ketika kondisi *misalignment* pada pompa air merk Sumura SU-50.
2. Mampu memahami proses *alignment* supaya dapat mengurangi kerusakan.
3. Memberikan pengetahuan tentang karakteristik yang terjadi ketika kondisi *alignment* pada pompa air merk Sumura SU-50.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB 1 Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian atau perancangan, manfaat penelitian atau perancangan, dan sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisikan tinjauan pustaka mengenai dasar teori yang melandasi pembuatan skripsi.

BAB 3 Metode Penelitian

Pada bab ini berisikan diagram alir penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian, dan pengujian specimen.

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

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

BAB 5 Penutup

Pada bab ini berisikan tentang Kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Menurut (Sihombing & Nababan, 2015), dengan semakin majunya teknik perawatan mesin, hal ini ditandai dengan penggunaan teknik perawatan prediktif yang didasarkan pada perhitungan keadaan mesin dalam pengoperasiannya. Teknik ini didasarkan pada kenyataan bahwa sebagian besar mesin memberikan peringatan sebelum terjadi kerusakan atau kesalahan. Beberapa gejala kegagalan mesin dapat diprediksi dari beberapa analisis seperti analisis getaran, analisis suhu, dan analisis keausan peralatan.

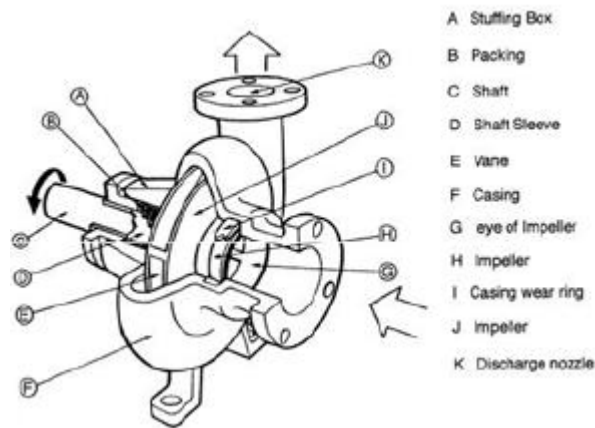
Menurut (Syarifuddin, 2014), dalam artikelnya menyatakan bahwa pada domain waktu, analisis sinyal belum dapat dilakukan. Analisis dapat dilakukan jika sinyal berbentuk spektrum, sehingga perlu dilakukan konversi sinyal domain waktu menjadi sinyal domain frekuensi yaitu dengan menggunakan fungsi *Fast Fourier Transform*. FFT mampu menampilkan kandungan frekuensi yang ada dalam sinyal dan jumlah komponen frekuensi yang ada dalam sinyal.

2.2 Pompa Sentrifugal

Pompa dapat dikelompokkan menurut jenis pompa dan operasi pompa. Tergantung pada cara kerjanya, pompa dikelompokkan menjadi tiga yaitu pompa *positive displacement*, pompa dinamik (kinetik) dan pompa *special effect*.

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa dinamik (kinetik). Pompa sebagai mesin aliran fluida hidrolis pada dasarnya digunakan untuk memindahkan suatu cairan yang tidak dapat dimampatkan dari satu tempat ke tempat lain dengan meningkatkan tekanan fluida yang dipindahkan. Pompa akan memberikan energi mekanik pada fluida dan energi yang diterima fluida tersebut digunakan untuk meningkatkan tekanan dan mengatasi hambatan yang terdapat pada jalur instalasi pompa (Hariady, 2014).

Bagian-bagian pompa sentrifugal pada umumnya dapat dilihat pada **Gambar 2-1** berikut:



Gambar 2-1 Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal

(Sumber: (Hariady, 2014))

Berikut keterangan dan fungsi dari **Gambar 2-1**:

a. *Stuffing Box*

Digunakan untuk mencegah kebocoran pada area di mana poros pompa menembus *housing*.

b. *Packing*

Digunakan untuk mencegah dan mengurangi kebocoran fluida dari *housing* pompa melalui poros. Biasanya terbuat dari asbes atau teflon.

c. *Shaft*

Poros digunakan untuk mentransmisikan momen puntir penggerak selama operasi dan untuk mengamankan impeller dan bagian berputar lainnya.

d. *Shaft Sleeve*

Digunakan untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan di dalam *stuffing box*. Untuk pompa *multistage*, dapat digunakan sebagai sambungan bocor, bantalan internal, dan *interstage* atau *distance sleeve*.

e. *Casing*

Bagian terluar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen putar, dasar diffuser (*guide vane*), nozel *inlet* dan *outlet*, dan sebagai sumber arah aliran impeller, serta mengubah energi kecepatan fluida menjadi energi dinamis (*single stage*).

f. *Impeller/Vane*

Digunakan untuk mengubah energi mekanik pompa menjadi energi kecepatan dalam cairan yang dipompa secara terus menerus. Sehingga, cairan dari sisi isap akan terus masuk ke pengisian vakum karena perpindahan cairan yang dimasukkan sebelumnya.

g. *Casing wear ring*

Bantalan antara casing dengan impeller untuk mencegah terjadinya kerusakan.

h. *Bearing*

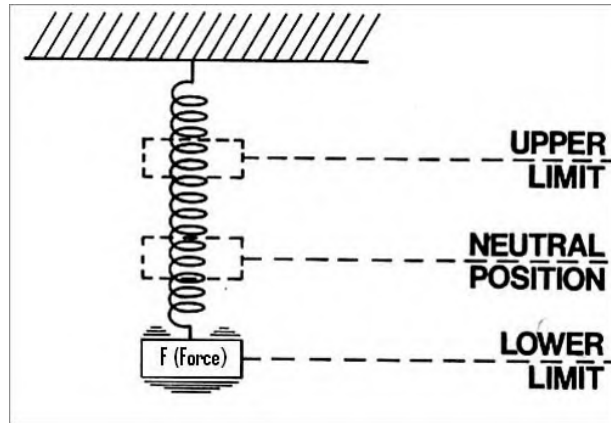
Digunakan untuk menopang dan menagani beban poros sehingga dapat berputar, baik beban radial maupun beban aksial. *Bearing* juga memungkinkan poros berputar dengan lancar dan pada posisi yang benar, sehingga kerugian gesekan menjadi rendah.

i. *Discharge Nozzle*

Digunakan untuk aliran keluar dari pompa.

2.3 Pengertian Getaran

Sebuah partikel yang bergerak maju mundur di sekitar posisi setimbangnya atau bergerak maju mundur dari posisi diam disebut getaran (osilasi). Pada sebagian besar mesin, getaran ini tidak diinginkan karena selain meningkatkan tegangan, juga mengurangi energi yang harus digunakan untuk pengoperasian normal mesin itu sendiri. Getaran ditandai dengan perubahan kuantitas secara periodik. Besaran yang mewakili osilasi dapat berupa suhu, defleksi, sudut, tekanan, tegangan, kecepatan, dll. Getaran dapat dilihat di mana-mana, misalnya pegas dengan ujung atas terpasang ke perlengkapan dan ujung bawah diberi suatu beban seperti pada **Gambar 2-2** (Rianto, 2016).



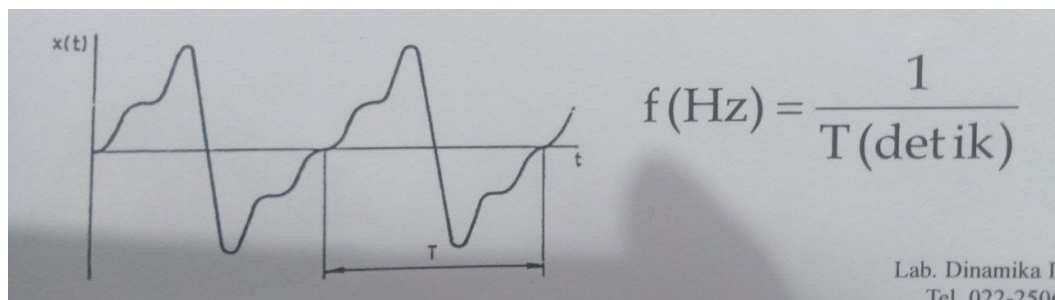
Gambar 2-2 Sistem Getaran Pada Pegas

(Sumber: (Rarianto, 2016))

Secara umum, gerak osilasi merupakan fungsi periodik. Fungsi periodik dapat dinyatakan sebagai:

$$X(t) = X(t + T) \quad (2.1)$$

Dimana t adalah waktu dan T adalah satuan waktu yang konstan dan disebut periode. Dan kebalikan dari T disebut frekuensi, yaitu $f = 1/T$. Didefinisikan oleh jumlah gelombang yang terjadi dalam satuan waktu [$1/s$] = [Hz]. Satuan yang biasa digunakan dalam pengukuran adalah putaran per menit (RPM), yaitu 60 kali frekuensi dalam (Hz). Dapat dilihat pada **Gambar 2-3**.



Gambar 2-3 Fungsi Periodik dan Rumus Frekuensi

(Sumber: (PPAU ILMU REKAYASA ITB, 2013))

Selain frekuensi f , terdapat juga frekuensi sudut penerimaan simbol. Satuan frekuensi sudut ini adalah rad/s . Hubungan antara f dan frekuensi sudut dapat ditulis sebagai:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (2.2)$$

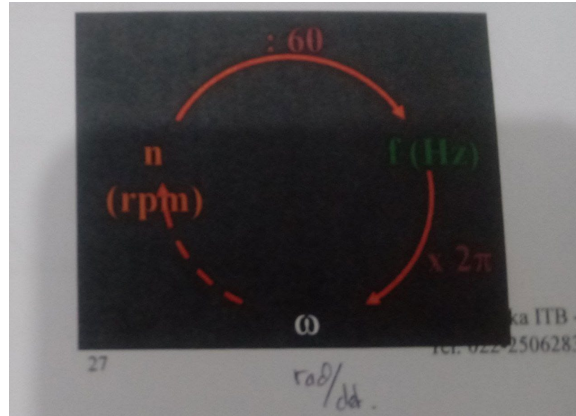
Dalam praktiknya, tiga istilah berikut biasanya digunakan:

f = frekuensi linier (Hz)

ω = frekuensi sudut (rad/s)

n = kecepatan putar (RPM)

Hubungan antara ketiga faktor tersebut adalah sebagai berikut:



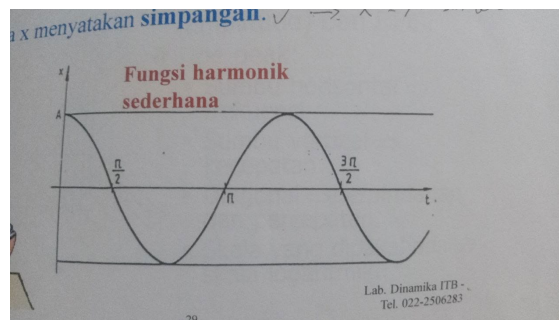
Gambar 2-4 Hubungan Antara Frekuensi Linier, Sudut, & Kecepatan Putar

(Sumber: (PPAU ILMU REKAYASA ITB, 2013))

Selain dinyatakan sebagai fungsi periodik, osilasi juga dapat dinyatakan sebagai fungsi harmonik. Fungsi harmonik sederhana dapat ditulis:

$$X = A \sin \omega t \quad (2.3)$$

Dalam persamaan ini, dimana X adalah simpangan, A adalah amplitudo dan ω frekuensi sudut. fungsi harmonik, dapat dilihat pada **Gambar 2-5**.



Gambar 2-5 Fungsi harmonik

(Sumber: (PPAU ILMU REKAYASA ITB, 2013))

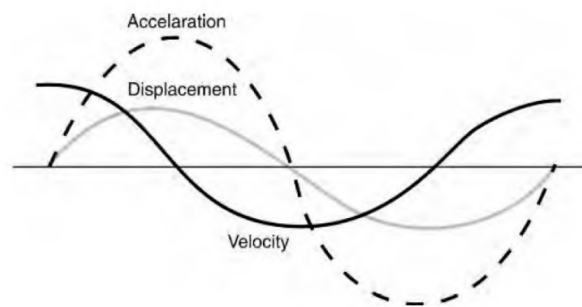
Jika X menyatakan simpangan, maka kecepatannya adalah:

$$\dot{X} = \frac{dx}{dt} = -A \omega \sin \omega t \quad (2.4)$$

Dan percepatannya adalah:

$$\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2} = -A \omega^2 \cos \omega t = -\omega^2 x \quad (2.5)$$

Persamaan (2.3), (2.4), dan (2.5) penting karena menggambarkan hubungan antara amplitudo simpangan, amplitudo kecepatan, dan amplitudo percepatan. Jadi, jika salah satu dari amplitudo ini diketahui, yang lain dapat dihitung dengan mudah. Pada **Gambar 2-6** di bawah menunjukkan hubungan antara perpindahan, kecepatan, dan percepatan dalam gerak harmonik (Rariantio, 2016).



Gambar 2-6 Grafik Simpangan, Kecepatan & Percepatan.

(Sumber:(Rariantio, 2016))

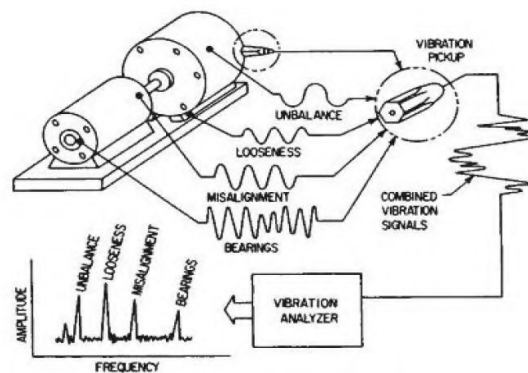
Amplitudo didefinisikan sebagai perpindahan maksimum dari sebuah benda yang berosilasi. Amplitudo dapat dinyatakan sebagai perpindahan [*mils*], kecepatan [*in/s*], dan percepatan [*in/s²*].

2.4 Analisis Getaran

Analisis getaran mencari gejala perubahan pola getaran yang disebabkan oleh mesin yang terletak di atas motor saat mesin sedang berjalan tanpa harus membongkar mesin. Kelebihan dari sensor getaran adalah dapat memberikan peringatan dini akan terjadinya malfungsi atau kegagalan pada motor yang berputar (SUNARYA, 2003). Karena sebagian besar peralatan pabrik terdiri dari sistem elektromekanis, analisis getaran telah menjadi andalan sistem pemeliharaan prediktif. Dengan menggunakan metode ini, masalah atau kelainan yang terjadi pada perangkat dapat diidentifikasi lebih awal sebelum masalah tersebut merusak perangkat.

Masalah yang muncul dapat berupa bearing yang rusak, bearing mekanis, atau roda gigi yang rusak. Analisis getaran juga dapat mendeteksi *misalignment* (ketidaksejajaran poros) dan *imbalance* (ketidakseimbangan) yang terjadi di berbagai peralatan. Pada dasarnya, semua mesin yang berputar menghasilkan getaran sebagai fungsi penyelarasan dan keseimbangan bagian-bagian yang berputar (MAERANI, 2014).

Analisis ini merupakan jenis metode yang efektif dan *non-instructive* dan sangat cocok untuk memantau kondisi mesin pada saat *start-up*, *shutdown* dan operasi normal. Analisis getaran ini biasanya digunakan untuk penggerak roda gigi. Peralatan yang digunakan untuk analisis getaran dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu sensor atau *transducer* yang dipasang pada *housing* atau penutup bantalan dan penganalisis getaran atau monitor yang memproses data pengukuran sehingga dapat digunakan untuk mendiagnosis masalah yang timbul.



Gambar 2-7 Proses Analisis Getaran
(Sumber: (Mobley, 2002))

2.5 Pengukuran Getaran

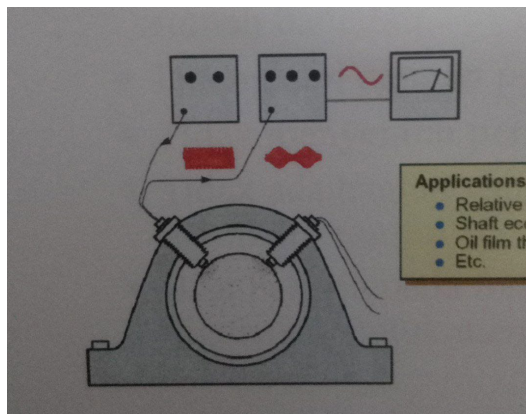
Transducer ini berperan peran penting dalam operasi pemantauan sinyal getaran karena merupakan yang terdepan dalam pemantauan sinyal getaran mesin. *Transducer* ini digunakan untuk mengubah amplitudo sinyal analog berosilasi menjadi besaran listrik dan biasanya dalam bentuk tegangan. *Transducer* getaran ini dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Sensor simpangan getaran (*Displacement Transducer*).
2. Sensor kecepatan getaran (*Velocity Transducer*).
3. Sensor percepatan getaran (*Accelerometer Transducer*).

2.5.1 Sensor Simpangan Getaran

Sensor simpangan getaran atau *Displacement Transducer* digunakan untuk mengukur amplitudo osilasi secara mekanis, jenis "*dial indicator*" dapat digunakan di mana ujung *stylus* bersentuhan dengan permukaan yang bergetar. Keterbatasan jenis sensor ini adalah:

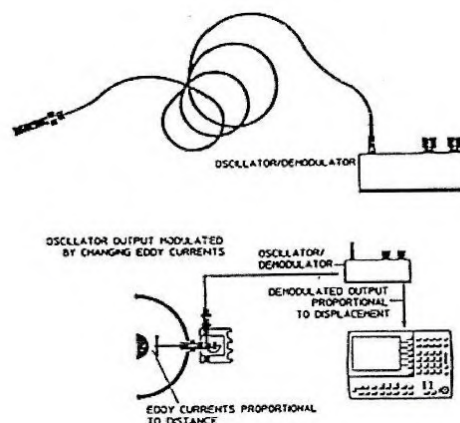
- Untuk frekuensi rendah (kurang dari 10 Hz).
- Amplitudo osilasi adalah sinusoidal, dan amplitudo osilasi relatif besar.



Gambar 2-8 Sensor Simpangan

(Sumber: (PPAU ILMU REKAYASA ITB, 2013))

Jenis sensor ini juga dikenal sebagai *eddy current* atau *proximity probe* yang banyak digunakan dalam memantau sinyal getaran pada mesin yang berputar (PPAU ILMU REKAYASA ITB, 2013).



Gambar 2-9 Cara Penggunaan Sensor Simpangan

(Sumber: (PPAU ILMU REKAYASA ITB, 2013))

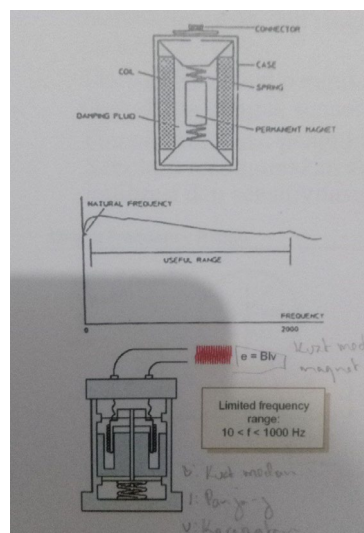
Kelebihan dari sensor ini adalah:

- a. Dapat digunakan untuk mengukur gerakan relatif antara poros dengan tempat rumah bantalan.
- b. Dilengkapi dengan pengkondisian sinyal.
- c. Tidak menyentuh permukaan getar.
- d. Tidak ada bagian yang bergerak, dalam hal ini tidak menyebabkan masalah keausan.
- e. Dapat bekerja pada frekuensi 0 Hz (sinyal DC): digunakan untuk menentukan posisi sumbu.

Kelemahan dari sensor ini adalah:

- a. Cacat permukaan poros dan ketidakhomogenan sifat kelistrikan poros akan menimbulkan sinyal yang salah.
- b. Dalam beberapa kasus, pemasangannya relatif sulit, sehingga mesin harus dibor di banyak tempat untuk posisi sensor.
- c. Dipengaruhi oleh kebulatan poros.
- d. Dipengaruhi oleh sifat dan bahan konduktif.
- e. Sinyal keluaran sensor ini mengandung sinyal offset DC sebesar 10 V .

2.5.2 Sensor Kecepatan Getaran



Gambar 2-10 Sensor Kecepatan

(Sumber: (PPAU ILMU REKAYASA ITB, 2013))

Hal yang perlu diperhatikan pada sensor kecepatan seperti berikut:

- a. Pada kelompok sensor aktif, karena menghasilkan sinyal analog berupa getaran pada besaran tegangan listrik tanpa sumber listrik (*Power Supply*).
- b. Ukurannya relatif besar sehingga frekuensi individunya rendah sekitar 8 – 10 Hz.
- c. Rentang frekuensi pengukuran dilakukan pada frekuensi alami dan secara umum adalah: 10 Hz – 1000 Hz.
- d. Pemasangan sensor kecepatan relatif tidak hati-hati dan pada ujung sensor dapat dipasang batang pengukur atau magnet tambahan.
- e. Sensor kecepatan getaran dapat digunakan tanpa penguat harmonik karena merupakan sensor tipe aktif.
- f. Dapat mengukur *displacement* dan *acceleration*.
- g. Kemungkinan aus.

2.5.3 Sensor Percepatan Getaran

Sensor percepatan getaran atau *accelerometer transducer* adalah jenis sensor yang biasa digunakan dalam pengukuran sinyal getaran. *Transducer* ini biasanya menggunakan efek *piezoelectric*, yaitu munculnya muatan listrik pada permukaan lembaran kristal *piezoelectric* karena tekanan yang diberikan pada permukaannya. Karena menggunakan konsep *piezoelectric*, maka sensor digunakan bersama dengan "*charge-amplifier*" (PPAU ILMU REKAYASA ITB, 2013).

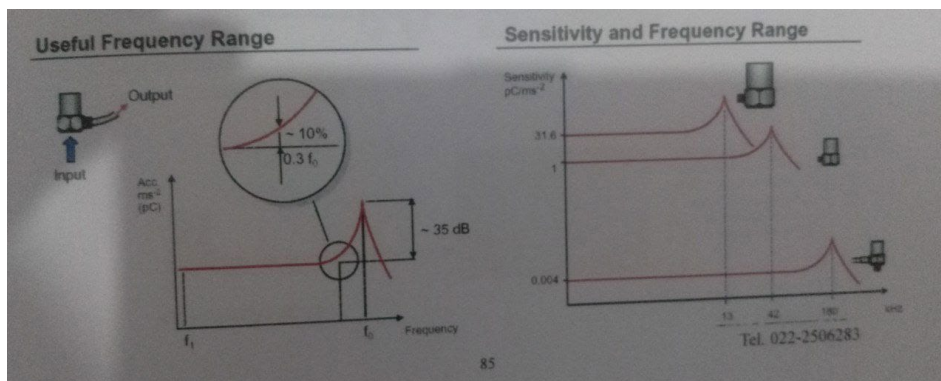


Gambar 2-11 Sensor Percepatan

(Sumber: (PPAU ILMU REKAYASA ITB, 2013))

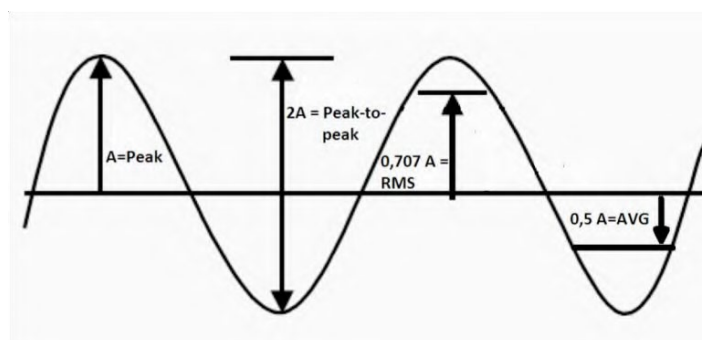
Hal yang perlu diperhatikan pada sensor percepatan sebagai berikut:

- Bentuk yang kompak dan ringan sehingga frekuensi alaminya sangat tinggi sekitar 20 KHz.
- Tidak seperti sensor kecepatan, wilayah frekuensi pengukuran lebih rendah dari natural frekuensi nya (tidak seperti sensor kecepatan).
- Keterbatasan penggunaan *accelerometer* pada frekuensi rendah karena sinyal keluaran yang relatif lemah. Sebaliknya, frekuensi tinggi cenderung menghasilkan tegangan keluaran yang relatif besar.
- Secara umum, *accelerometer* membutuhkan sumber daya.
- Rentang frekuensi pengukuran dan rentang dinamis yang luas.
- Sebelum menggunakan akselerometer, perhatikan kurva kalibrasi dan sensitifitasnya.



Gambar 2-12 Kurva Kalibrasi dan Sensitivitas
(Sumber: (PPAU ILMU REKAYASA ITB, 2013))

Semua pengukuran getaran yang dinyatakan sebagai *displacement*, *velocity*, atau *acceleration* memiliki faktor-faktor yang dapat digunakan untuk menggambarkan suatu fungsi. Faktor tersebut antara lain (Rarianto, 2016):



Gambar 2-13 Sinyal Amplitudo
(Sumber: (Rarianto, 2016))

- *Peak to Peak*

Besaran ini dapat dikaitkan dengan tegangan maksimum yang terjadi atau dengan celah (*clearance*) antara elemen yang berputar dengan rumahnya. Nilai *peak-to-peak* adalah jarak antara puncak menuju lembah dari data spektrum getaran. Pengukuran ini biasanya digunakan pada frekuensi di bawah 10 Hz dan menggunakan sensor *displacement*.

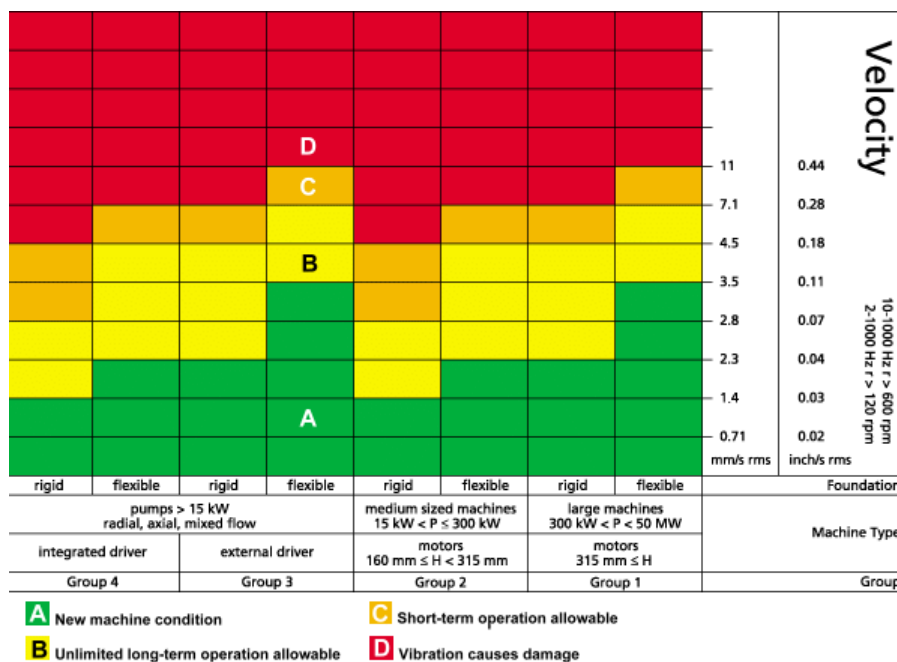
- *Peak*

Nilai *peak* dapat diperoleh dari setengah *peak to peak* atau dapat juga diperoleh dengan mengukur puncak spektrum. Dapat diukur dengan sensor *velocity*.

- *RMS (Root Mean Square)*

Didefinisikan sebagai nilai statistik rata-rata dari amplitudo yang dihasilkan oleh osilasi mesin. Nilai *RMS* 0,707 x amplitudo dari puncak atau *peak*. *RMS* sering digunakan pada frekuensi tinggi karena pengukuran ini dianggap lebih presisi dan akurat dengan menggunakan sensor *acceleration*.

Adapun batas toleransi yang diizinkan apabila pada pabrikan pompa yang digunakan tidak memberikan batas toleransinya yaitu dengan menggunakan standar ISO 10816-3 seperti pada **Gambar 2-14**.



Gambar 2-14 Standar ISO 10816-3

2.6 Parameter Getaran

Ada tiga parameter utama dalam pengukuran getaran mesin yaitu perpindahan/jarak, kecepatan dan percepatan yang harus diperhitungkan sebelum menganalisis penyebab getaran abnormal (Muhammad Ridlo Hermawan, 2020).

1. *Displacement* (Jarak Getaran)

Displacement adalah jarak yang ditempuh oleh gerak maju mundur (osilasi) dalam selang waktu tertentu. Parameter ini diperoleh dengan mengukur jarak penyimpangan titik rotasi cakram yang disebabkan oleh gaya sentripetal melalui persamaan:

$$Displacement (\mu) = A \sin (2\pi ft) \quad (2.6)$$

Dimana,

A = Panjang jarak radius pergeseran. (m).

f = Frekuensi gerakan bolak-balik. (Hz).

t = Waktu. ($second$).

2. *Velocity* (Kecepatan Getaran)

Velocity adalah kecepatan gerakan secara bolak balik pada suatu periode waktu tertentu. Parameter kecepatan selalu berubah sepanjang jarak yang ditempuhnya, dimana pada posisi positif *maximum* dan negatif *maximum* kecepatan adalah nol, sedangkan pada posisi gerakan melewati daerah netral kecepatan adalah *maximum*. Kecepatan getaran dapat ditentukan melalui persamaan.

$$Velocity \left(\frac{mm}{s} \right) = 2\pi f A \cos (2\pi ft) \quad (2.7)$$

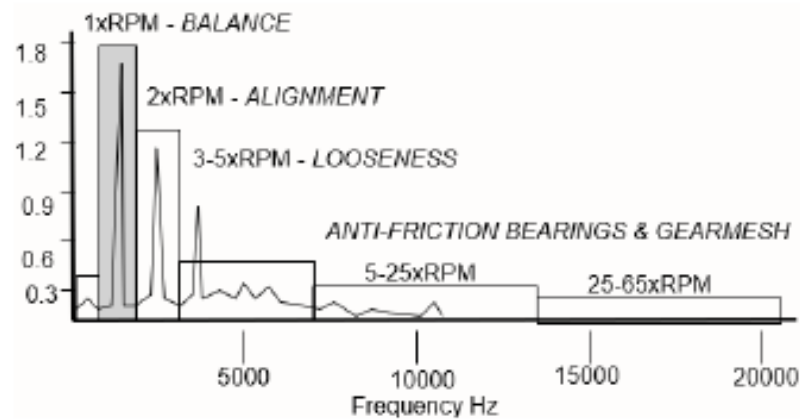
3. *Acceleration* (Percepatan Getaran)

Acceleration adalah percepatan gerak secara bolak-balik pada suatu periode waktu tertentu. Percepatan selalu berubah sepanjang jarak yang ditempuhnya, dimana *maximum* pada saat *displacement* mencapai positif *maximum* atau mendekati negatif *maximum*. Percepatan getaran dapat ditentukan melalui persamaan.

$$Acceleration \left(\frac{mm}{s^2} \right) = -(2\pi f)^2 A \sin (2\pi ft) \quad (2.8)$$

2.7 Macam-Macam Getaran

Deteksi getaran saat komponen yang berputar mengalami kerusakan dapat dilakukan dengan menggunakan analisis frekuensi. Ada beberapa komponen pada rangkaian yang frekuensinya dapat dianalisis untuk mendeteksi masalah pada komponen seperti bantalan, kopleng, *impeller*, dll.



Gambar 2-15 Macam-Macam Terjadinya Getaran

2.7.1 Unbalance

Unbalance adalah suatu keadaan dimana pusat massa tidak bersifat aksial terhadap sumbu rotasi sehingga rotor dikenai gaya relatif terhadap suatu acuan atau titik awal pada bagian berosilasi lainnya. Getaran terhadap *bearing* menghasilkan gaya sentrifugal. Beberapa faktor penyebab ketidakseimbangan, yaitu kesalahan selama pemesinan dan perakitan, eksentrisitas bagian, adanya kotoran selama pengecoran, korosi dan keausan, deformasi geometri akibat beban termal dan mekanik, dan akumulasi material (Setiono et al., 2020).

Getaran yang disebabkan oleh *unbalance* ditandai dengan putaran 1x (satu) sumbu akibat gaya sentrifugal massa yang tidak seimbang. Sinyal getaran yang tidak seimbang dari motor akan menghasilkan bentuk gelombang sinus (Mobius Institute, 2012).

2.7.2 Misalignment

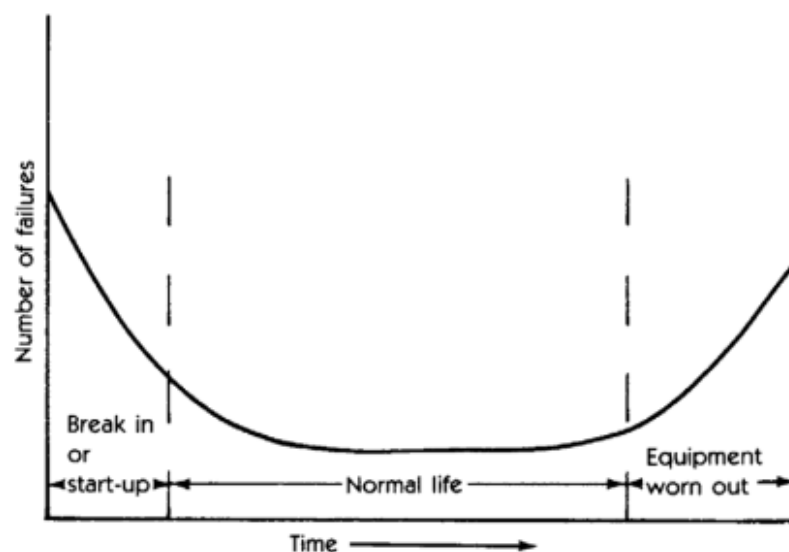
Misalignment adalah kejadian dimana dua poros yang dihubungkan oleh sebuah kopleng tidak berada pada sumbu yang sama. Ketidaksejajaran dapat

diakibatkan oleh kesalahan pemasangan, pondasi mesin yang tidak rata, poros bengkok, kopling yang tidak tepat, dan pemasangan bantalan yang tidak tepat. Nilai getaran mungkin relatif kecil karena ketidaksejajaran poros. Oleh karena itu, meskipun evaluasinya didasarkan pada standar getaran, itu dapat diklasifikasikan dalam kondisi baik. Namun, *misalignment* memiliki potensi besar untuk menyebabkan kerusakan. Ketidaksejajaran poros dapat menyebabkan kelelahan material dan merusak bagian mekanis seperti kopling, poros, dan bahkan baut pemasangan pondasi (Kurniawan, 2020).

2.8 Diagnosa Kondisi Mesin

Secara umum, jika mesin dalam kondisi baik atau dibangun dengan benar, tingkat getarannya akan rendah. Peningkatan tingkat getaran disebabkan oleh lamanya penggunaan dan perubahan bentuk komponen mesin.

Masa pakai mesin mengikuti kurva bak mandi, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2-16**. Kegagalan mesin selalu ditunjukkan dengan peningkatan tingkat getaran atau kebisingan, sehingga tingkat getaran juga mengikuti kurva ini. Seperti yang ditunjukkan pada kurva, tingkat getaran menurun pada awal periode operasi, kemudian meningkat sangat lambat selama periode operasi normal, dan meningkat pesat pada akhir periode karena keausan yang berlebihan.



Gambar 2-16 Kurva Bathup

(Sumber: [Pola Kerusakan Peralatan | SHARING PENGALAMAN MAINTENANCE \(wordpress.com\)](#))

Terdapat 3 jenis perawatan yg umumnya dipakai yaitu:

1. *Break down maintenance*

Perawatan dilakukan dalam waktu mesin sudah rusak dan diganti menggunakan mesin baru. Strategi ini dipakai bila harga mesin murah dan tidak menyebabkan kerusakan dalam komponen-komponen yang lain.

2. *Preventive Maintenance*

Perawatan dilakukan dalam interval eksklusif misalnya setahun sekali atau sehabis 3000 jam operasi. Interval ketika ini dipengaruhi menurut pengalaman.

3. *Condition based maintenance*

Dalam tipe ini perawatan mesin dilakukan menggunakan melakukan observasi terhadap perubahan syarat mesin setiap waktu.

2.9 Predictive Maintenance

Pemeliharaan prediktif memantau getaran mesin yang berputar dengan tujuan mendeteksi masalah awal dan kegagalan kritis. Selain itu, pantau gambar inframerah *switchgear* listrik, motor, dan peralatan listrik lainnya untuk mendeteksi masalah yang berkembang (Mobley, 2002).

Pemeliharaan prediktif atau *predictive maintenance* bukanlah metode yang efektif terhadap semua faktor yang menyebabkan kerusakan peralatan di pabrik. Bahkan tidak dapat secara langsung mempengaruhi kinerja pabrik. Pemeliharaan prediktif pada dasarnya adalah filosofi atau tindakan yang memanfaatkan kondisi pengoperasian peralatan yang sebenarnya untuk mengoptimalkan manajemen aset.

Keluaran dari pemeliharaan prediktif adalah data, dan proses ini mencakup jenis "pemeliharaan berbasis kondisi" yang dapat mendeteksi perubahan keadaan mesin atau peralatan dan dapat mengambil tindakan pencegahan segera sebelum kerusakan mesin.

Adapun manfaat pemeliharaan prediktif adalah:

- Memperpanjang umur mesin

Perawatan prediktif adalah perawatan berdasarkan pengamatan (*condition monitoring*), dapat mengetahui kondisi mesin. Jika ada sesuatu

yang tidak normal pada mesin, dapat digunakan untuk memperbaiki mesin sebelum terjadinya kerusakan. Untuk memperpanjang umur mesin, dilakukan perawatan prediktif.

- Meningkatkan kinerja dan efisiensi mesin

Dengan mengetahui kondisi mesin, dapat memperbaiki mesin jika kondisinya tidak sesuai dengan kondisi normalnya. Setelah dilakukan perbaikan, performa mesin akan meningkat.

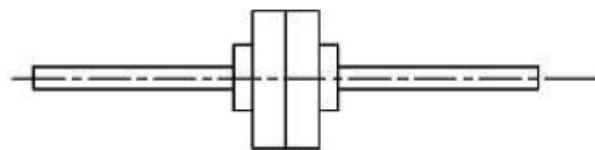
- Digunakan untuk mengelola pemeliharaan

Setelah menerima data dari perawatan prediktif, dapat dilakukan manajemen perawatan di pabrik. Manajemen perawatan akan mengurangi biaya perawatan dan juga dapat mengurangi proses kerusakan yang tidak diinginkan.

- *Predictive maintenance* digunakan sebagai alat untuk meningkatkan kehandalan peralatan.
- *Predictive maintenance* digunakan untuk memastikan peralatan selalu dalam kondisi handal dan tangguh saat digunakan.
- Menyediakan data pengukuran yang dapat digunakan untuk mengevaluasi, menyesuaikan, dan memperbaiki peralatan di masa mendatang
- Instruksi perawatan prediktif dapat dibuat.
- Menyediakan metode penerimaan mesin baru (Mobley, 2002)..

2.10 *Alignment*

Alignment jarang ditemukan dua poros yang sejajar dengan sempurna dan berfungsi sebagai poros tanpa proses kelurusan yang sesuai. Selain itu, penting untuk secara teratur memantau keadaan poros agar tetap lurus sempurna. Ini diilustrasikan dengan contoh **Gambar 2-17** seperti yang dijelaskan sebelumnya.



Gambar 2-17 Kondisi *Alignment*

(Sumber: (Mobley, 2002))

2.11 *Fast Fourier Transform*

Fast Fourier Transform merupakan algoritma untuk menghitung *Diskrit Fourier Transform* dengan cepat dan efisien. Karena banyak sinyal dalam sistem komunikasi yang kontinu, kami menggunakan transformasi *Fourier* untuk sinyal kontinu. Transformasi *Fourier* didefinisikan oleh persamaan berikut:

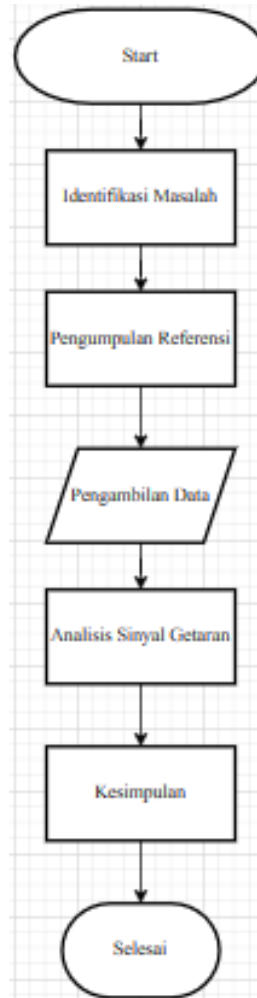
$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (2.9)$$

Dimana $s(f)$ adalah sinyal dalam domain frekuensi (*frequency domain*), $s(t)$ adalah sinyal dalam domain waktu (*time domain*), dan $e^{-j2\pi ft}$ adalah konstanta dari nilai sebuah sinyal, f adalah frekuensi dan t adalah waktu.

FFT adalah metode untuk mengubah sinyal audio dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi. Proses perekaman disimpan dalam format digital untuk kemudahan dalam bentuk gelombang spektrum suara berbasis frekuensi untuk menganalisis spektrum frekuensi suara yang direkam (Sipasulta et al., 2014).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



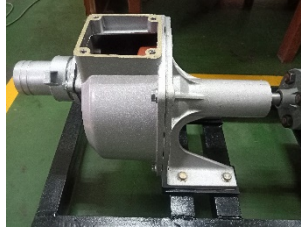
Gambar 3-1 Diagram Alir

Metode penelitian untuk melakukan analisis getaran pada pompa air Sumura SU-50 dilakukan dengan membagi beberapa tahapan. Tahapan ini dimulai dari melakukan studi pustaka terkait analisis getaran, kemudian pengumpulan data spesifikasi pompa air Sumura SU-50, pengambilan data getaran pada kondisi *misalignment* dan *alignment* menggunakan sensor *quickcollect* yang terhubung dengan *handphone* melalui *bluetooth*, perbandingan dengan standar ISO 10816-3, analisa, dan pada tahap akhir didapatkan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

3.2 Peralatan dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Pompa air Sumura SU-50



Gambar 3-2 Pompa Air Sumura SU-50

(Sumber: Lab. FTI UII)

2. SKF Quickcollect



Gambar 3-3 SKF Quickcollect

(Sumber: Lab. FTI UII)

3. SKF TKSA-51



Gambar 3-4 SKF TKSA-51

(Sumber: Lab. FTI UII)

4. Plat Besi



Gambar 3-5 Plat Besi

(Sumber: Lab. FTI UII)

5. Kunci Pas



Gambar 3-6 Kunci Pas

(Sumber: Lab. FTI UII)

6. Laptop dan *Handphone*

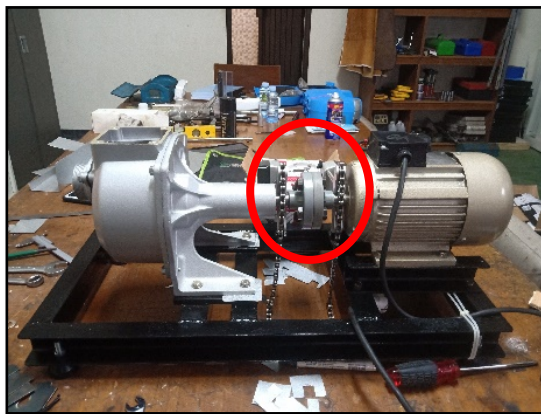


Gambar 3-7 Laptop dan Handphone

(Sumber: Rumah Penulis)

3.3 Proses *Misalignment*

Proses *misalignment* dilakukan dengan menggunakan sensor SKF TKSA-51 yang digunakan pada poros pompa air dan motor seperti pada **Gambar 3-8**. Sensor dihubungkan dengan *handphone* melalui jaringan *bluetooth*. Kemudian, dilakukan pengaturan ketinggian dan kelurusan kedua sisi sensor agar sejajar dapat dilihat pada **Gambar 3-9**.

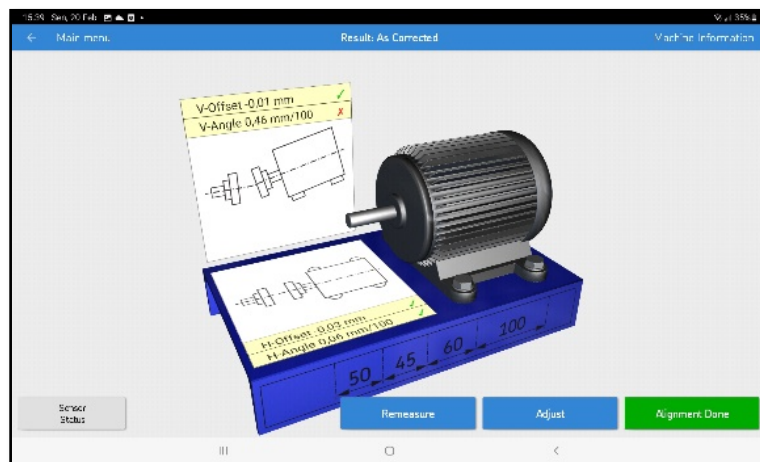


Gambar 3-8 Pemasangan Sensor SKF TKSA-51



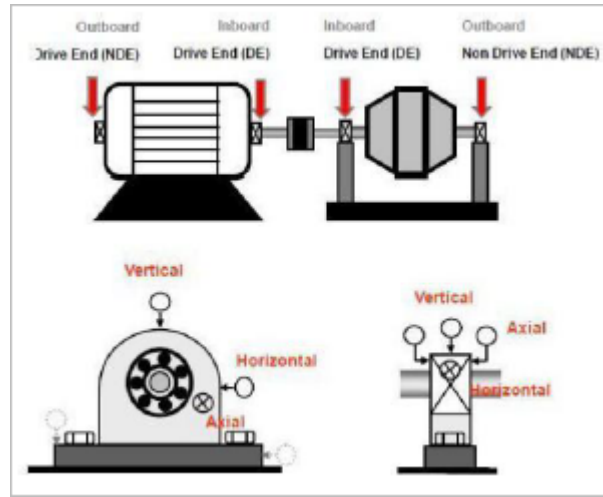
Gambar 3-9 Penyesuaian Tinggi dan Kelurusan Kedua Sensor

Setelah proses pemasangan sensor SKF TKSA-51 serta penyesuaian tinggi dan kelurusan kedua sensor, sensor diputar pada arah jam 9, 12 dan 3 secara berurutan dengan sumbu 90 derajat pada masing masing arah jam. Kemudian, hasil yang diperoleh pada *handphone* dapat dilihat pada **Gambar 3-10** bahwa pada tampak samping atau *v-angle* terlihat adanya ketinggian hingga 0,46 mm. Pada kondisi *misalignment*, data diambil untuk dianalisis.



Gambar 3-10 Kondisi *Misalignment*

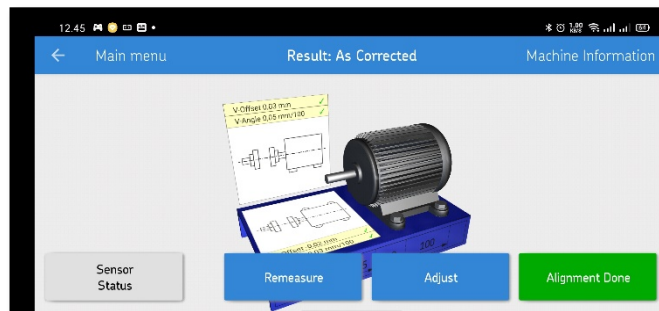
Pengukuran getaran dilakukan pada empat titik atau lokasi bearing yang berbeda, yaitu pada titik *NDE Motor*, *DE Motor*, *DE Pompa*, dan *NDE Pompa*. Setiap titik pengukuran mencakup arah getaran vertikal, horizontal, dan aksial seperti pada **Gambar 3-11**. Namun karena pada arah aksial tidak dapat diambil yang disebabkan oleh sempitnya ruang untuk penempatan sensor SKF *Quickcollect* maka arah aksial tidak digunakan.



Gambar 3-11 Penempatan Titik Pengambilan Data

3.4 Proses *Alignment*

Setelah menyelesaikan proses *misalignment* dan mendapatkan data yang diperlukan, langkah berikutnya adalah melakukan proses *alignment*. Pada kondisi *misalignment* pada kaki motor terlihat adanya perbedaan ketinggian antara kaki depan dan belakang motor, oleh sebab itu ditamhakkannya plat besi dengan ketebalan 0,2 mm dan mengencangkan baut dengan kekuatan yang tepat. Sehingga diperoleh hasil seperti pada **Gambar 3-12**.



Gambar 3-12 Kondisi *Alignment*

Nilai pada **Gambar 3-12** telah berada dalam batas toleransi yang telah ditetapkan untuk motor yang berputar pada 1000-2000 RPM, yakni sebesar 0,08mm yang dapat dilihat pada **Gambar 3-13**. Kemudian, data getaran akan diambil pada saat kondisi alignment untuk dianalisis lebih lanjut.



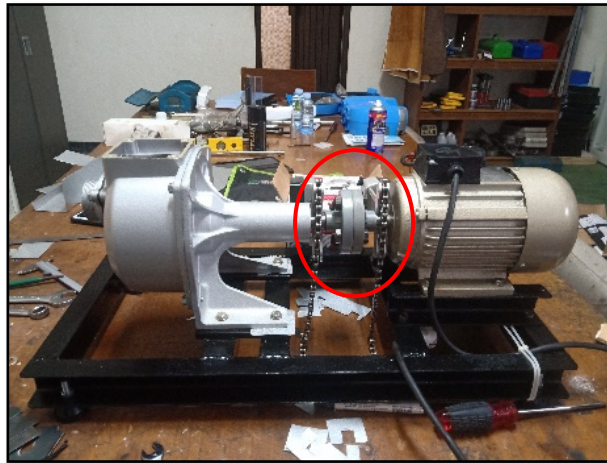
Gambar 3-13 Batas Toleransi Dari Sensor SKF TKSA-51

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

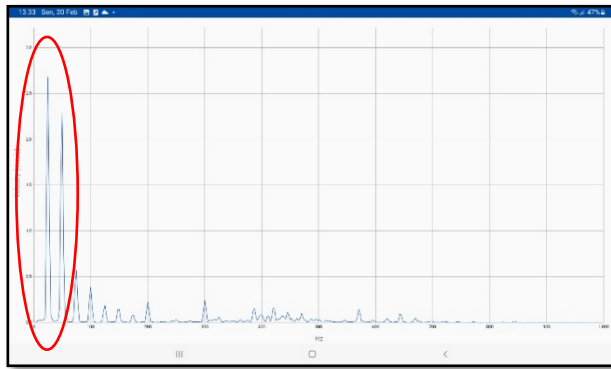
4.1 Kondisi *Misalignment*

Sebagaimana pada **Gambar 4-1** awal kondisi mesin, pompa air dan motor terlihat tidak sejajar karena adanya perbedaan ketinggian antara pompa air dan motor. Untuk memastikan kondisi tersebut, digunakan alat SKF TKSA-51. Alat ini dipasang pada kedua poros sambungan antara motor dan pompa, yang terhubung dengan *handphone* melalui *Bluetooth*.



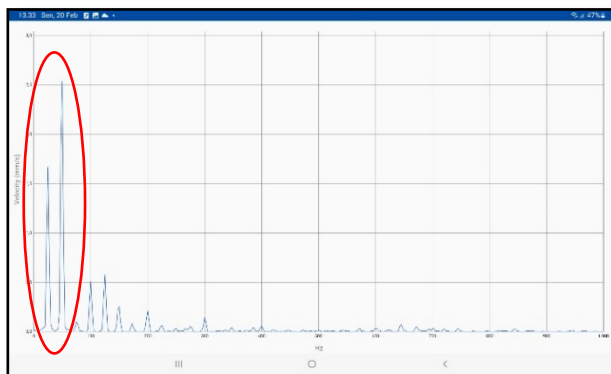
Gambar 4-1 Penempatan SKF TKSA-51

Sensor SKF *QuickCollect* menghasilkan sinyal getaran pada satu arah sumbu yang akan diambil datanya berupa spektrum atau *frequency domain*, hasil yang didapat biasanya berupa *Hz* dan *mm/s*. Peneliti mengambil 2 arah sumbu yaitu vertikal dan horizontal pada masing masing bearing. Berikut hasil pengukuran dalam keadaan *misalignment*.



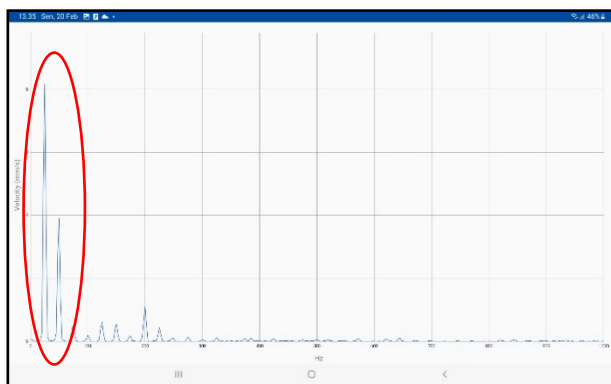
Gambar 4-2 Hasil Pembacaan *Misalignment* pada Sumbu 1 Vertikal

Pada **Gambar 4-2** memiliki sinyal tertinggi yang terletak pada frekuensi 23,83 *Hz* dengan nilai 2,7 *mm/s* dan terjadinya kondisi *misalignment*.



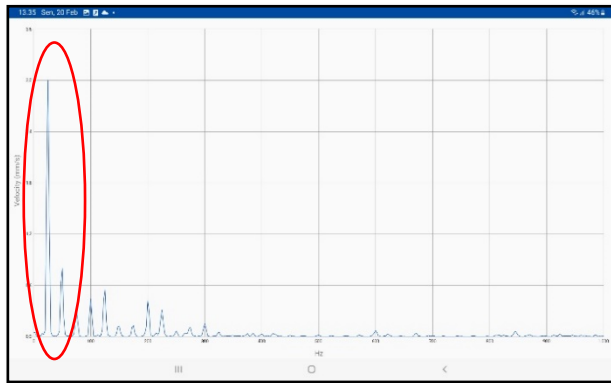
Gambar 4-3 Hasil Pembacaan *Misalignment* pada Sumbu 1 Horizontal

Sebagaimana **Gambar 4-3** memiliki sinyal tertinggi yang terletak pada frekuensi 47,66 *Hz* dengan nilai 2,5 *mm/s* dan terjadinya kondisi *misalignment*.



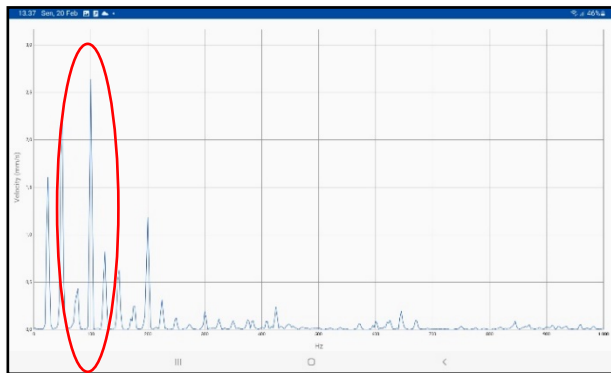
Gambar 4-4 Hasil Pembacaan *Misalignment* pada Sumbu 2 Vertikal

Kemudian **Gambar 4-4** memiliki sinyal tertinggi yang terletak pada frekuensi 23,83 *Hz* dengan nilai 8,5 *mm/s* dan terjadinya kondisi *misalignment*.



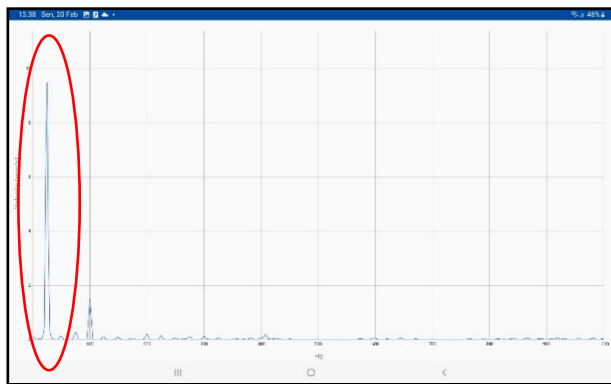
Gambar 4-5 Hasil Pembacaan *Misalignment* pada Sumbu 2 Horizontal

Berdasarkan **Gambar 4-5** memiliki sinyal tertinggi yang terletak pada frekuensi 23,83 *Hz* dengan nilai 3 *mm/s* dan terjadinya kondisi *unbalance*.



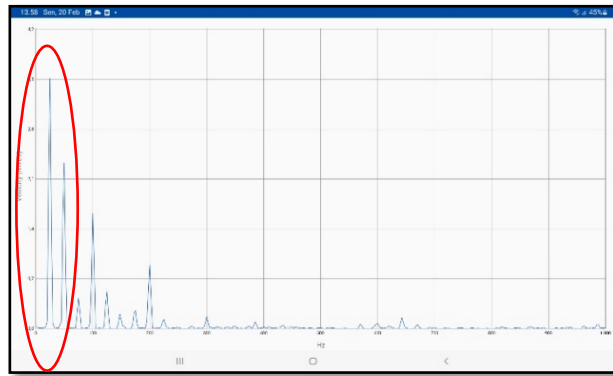
Gambar 4 6 Hasil Pembacaan *Misalignment* pada Sumbu 3 Vertikal

Selanjutnya **Gambar 4-6** memiliki sinyal tertinggi yang terletak pada frekuensi 100 *Hz* dengan nilai 2,7 *mm/s* dan terjadinya kondisi *misalignment*.



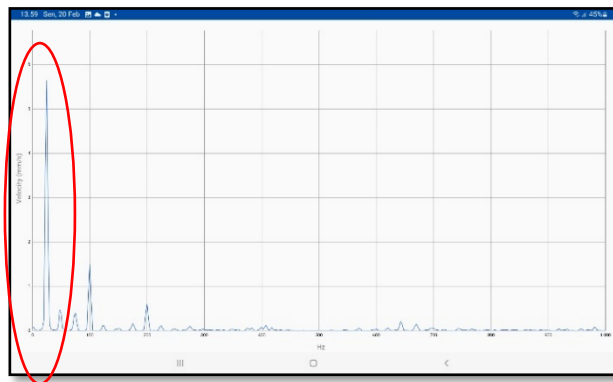
Gambar 4-7 Hasil Pembacaan *Misalignment* pada Sumbu 3 Horizontal

Pada **Gambar 4-7** memiliki sinyal tertinggi yang terletak tak pada frekuensi 23,83 *Hz* dengan nilai 9 *mm/s* dan terjadinya kondisi *unbalance*.



Gambar 4-8 Hasil Pembacaan *Misalignment* pada Sumbu 4 Vertikal

Kemudian **Gambar 4-8** memiliki sinyal tertinggi yang terletak pada frekuensi 23,83 *Hz* dengan nilai 3,5 *mm/s* dan terjadinya kondisi *misalignment*.



Gambar 4-9 Hasil Pembacaan *Misalignment* pada Sumbu 4 Horizontal

Sebagaimana **Gambar 4-9** memiliki sinyal tertinggi yang terletak pada frekuensi 23,83 *Hz* dengan nilai 5,7 *mm/s* dan terjadinya kondisi *unbalance*.

Tabel 4-1 Kondisi *Misalignment*

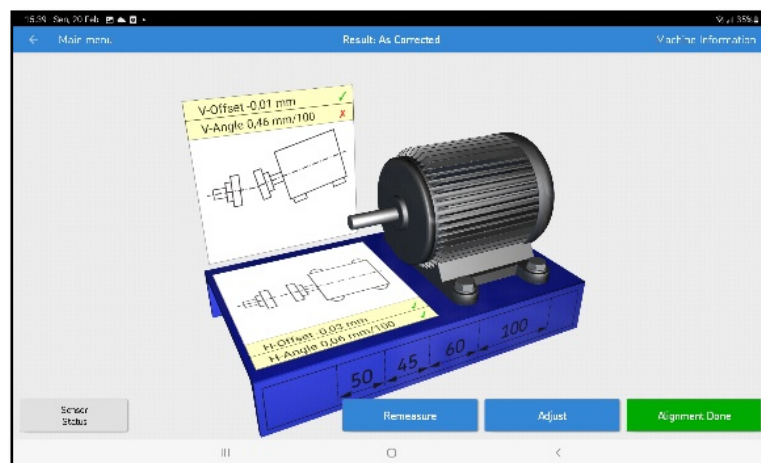
Sumbu	Nilai	Kondisi
1 Vertikal	2,7 <i>mm/s</i>	<i>Misalignment</i>
1 Horizontal	2,5 <i>mm/s</i>	<i>Misalignment</i>
2 Vertikal	8,5 <i>mm/s</i>	<i>Misalignment</i>
2 Horizontal	3 <i>mm/s</i>	<i>Unbalance</i>
3 Vertikal	2,7 <i>mm/s</i>	<i>Unbalance</i>
3 Horizontal	9 <i>mm/s</i>	<i>Unbalance</i>
4 Vertikal	3,5 <i>mm/s</i>	<i>Misalignment</i>

Sumbu	Nilai	Kondisi
4 Horizontal	5,7 mm/s	Unbalance

Dari Tabel 4-1 diatas dapat dilihat pada keseluruhan data bahwa sinyal tertinggi terdapat pada sumbu 3 Horizontal yang terletak pada frekuensi 23,83 Hz dengan nilai 9 mm/s, dan rata rata kondisi terjadinya yaitu *misalignment*. Berdasarkan rata rata spektrum diatas bahwasanya terlihat sinyal dengan $2xRPM$ yang merupakan ciri ciri dari terjadinya *misalignment*. Hal ini merupakan kendala pada penelitian ini karena jika kondisi *misalignment* diabaikan maka akan terjadi kerusakan pada komponen yang berada pada pompa air tersebut.

4.2 Proses *Alignment*

Pada kondisi *misalignment* diperoleh tingkat kemiringan pada bagian *v-angle* dengan nilai 0,46 mm. Dengan demikian, dilakukan proses pengsejajaran atau *alignment* guna mengurangi terjadinya kerusakan pada komponen pompa air dan motor.



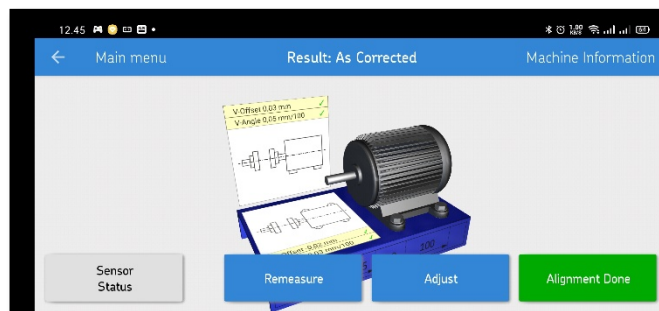
Gambar 4-10 Hasil Pengukuran Dengan SKF TKSA-51 Kondisi *Misalignment*

Pada **Gambar 4-10** dengan kondisi tersebut bahwa batas toleransi yang diizinkan oleh sensor SKF TKSA-51 mengacu pada kecepatan motor yang dihasilkan berada pada kecepatan 1000 – 2000 RPM dengan batas toleransi yaitu sebesar 0,08 mm. Dapat dilihat pada **Gambar 4-11**

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

Gambar 4-11 Batas Toleransi SKF TKSA-51

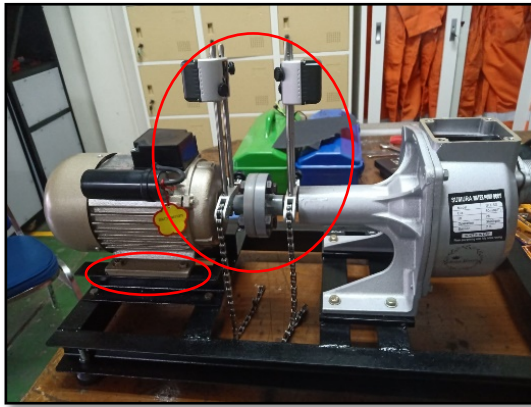
Berdasarkan batas toleransi yang diizinkan seperti pada **Gambar 4-11** Perlu dilakukannya pengsejajaran atau *alignment* dengan cara penambahan plat besi setebal 0,2 mm pada bagian kaki motor, dan mengatur ulang kekuatan baut pada kaki motor. Sehingga, nilai yang diperoleh adalah 0,05 mm. Dapat dilihat pada **Gambar 4-12**



Gambar 4-12 Hasil Pengukuran Dengan SKF TKSA-51 Kondisi *Alignment*

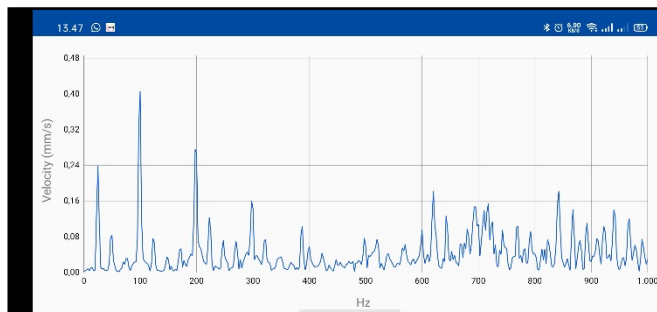
4.3 Kondisi *Alignment*

Pada proses *alignment* penulis menambahkan plat besi dengan ketebalan 0,2 mm dan mengencangkan baut yang ada pada pompa air tersebut. *Alignment* pada poros dilakukan dengan batas toleransi hingga 0,08 mm. *Alignment* dilakukan dengan memasang sensor SKF TKSA 51 pada poros yang bersambung dan diputar searah jam 3, 12, dan 9 seperti pada **Gambar 4-13**.



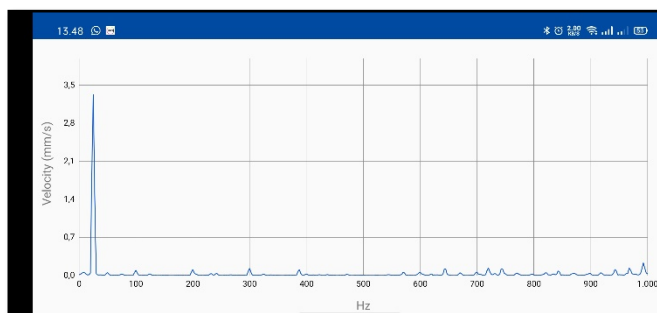
Gambar 4-13 Proses *Alignment*

Setelah proses *alignment* dilakukan, selanjutnya dilakukan pengambilan data seperti pada kondisi *misalignment* sebelumnya yaitu dengan mengambil 2 sumbu pada masing masing *bearing*.



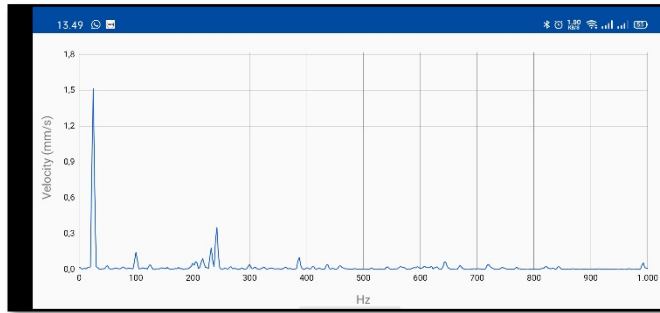
Gambar 4-14 Hasil Pembacaan *Alignment* pada Sumbu 1 Vertikal

Pada **Gambar 4-14** sinyal tertinggi terletak pada frekuensi 100 Hz dengan nilai 0,4 mm/s dan kondisi pada sumbu 1v dalam keadaan baik karena nilai yang dihasilkan lebih baik dari standar ISO 10816-3 yang diizinkan yaitu 4,5 mm/s.

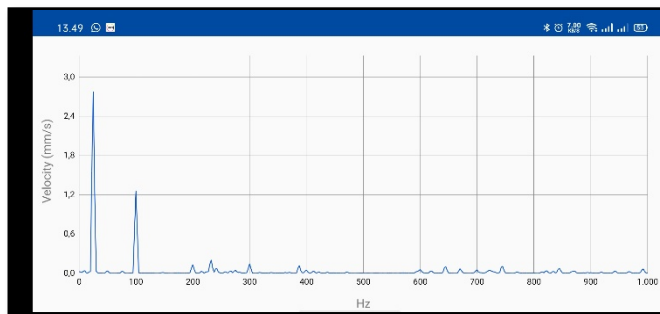


Gambar 4-15 Hasil Pembacaan *Alignment* pada Sumbu 1 Horizontal

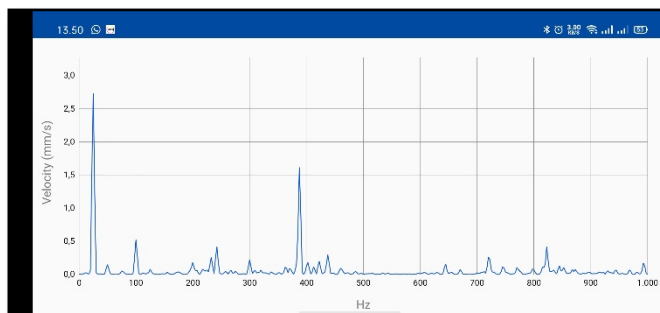
Kemudian **Gambar 4-15** sinyal tertinggi terletak pada frekuensi 23,83 Hz dengan nilai 3,4 mm/s dan terjadinya kondisi *unbalance*.



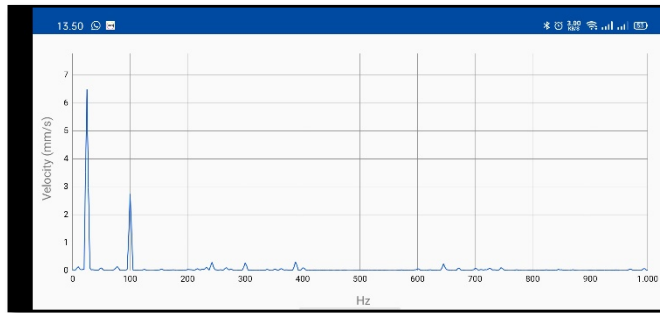
Gambar 4-16 Hasil Pembacaan *Alignment* pada sumbu 2 Vertikal
 Sebagaimana **Gambar 4-16** sinyal tertinggi terletak pada frekuensi 23,83 *Hz* dengan nilai 1,5 *mm/s* dan terjadinya kondisi *unbalance*.



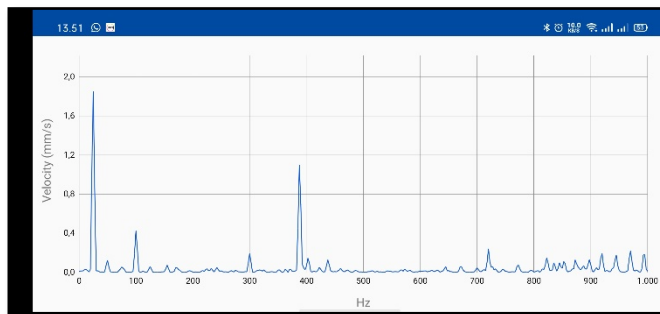
Gambar 4-17 Hasil Pembacaan *Alignment* pada Sumbu 2 Horizontal
 Output **Gambar 4-17** sinyal tertinggi terletak pada frekuensi 23,83 *Hz* dengan nilai 2,7 *mm/s* dan terjadinya kondisi *unbalance*.



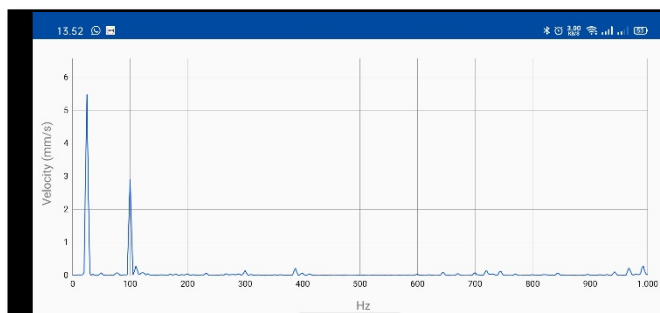
Gambar 4-18 Hasil Pembacaan *Alignment* pada Sumbu 3 Vertikal
 Pada **Gambar 4-18** sinyal tertinggi terletak pada frekuensi 23,83 *Hz* dengan nilai 2,6 *mm/s* dan terjadinya kondisi *unbalance*.



Gambar 4-19 Hasil Pembacaan *Alignment* pada Sumbu 3 Horizontal
 Kemudian **Gambar 4-19** Sinyal tertinggi terletak pada frekuensi 23,83 Hz dengan nilai 6,5 mm/s dan terjadinya kondisi *unbalance*.



Gambar 4-20 Hasil Pembacaan *Alignment* pada Sumbu 4 Vertikal
 Selanjutnya **Gambar 4-20** Sinyal tertinggi terletak pada frekuensi 23,83 Hz dengan nilai 1,8 mm/s dan terjadinya kondisi *unbalance*.



Gambar 4-21 Hasil Pembacaan *Alignment* pada Sumbu 4 Horizontal
 Output **Gambar 4-21** sinyal tertinggi terletak pada frekuensi 23,83 Hz dengan nilai 5,5 mm/s dan terjadinya kondisi *unbalance*.

Tabel 4-2 Kondisi *Alignment*

Sumbu	Nilai	Kondisi
1 Vertikal	0,4mm/s	Noise/Tidak ada Indikasi kerusakan
1 Horizontal	3,4 mm/s	<i>Unbalance</i>
2 Vertikal	1,5 mm/s	<i>Unbalance</i>
2 Horizontal	2,7 mm/s	<i>Unbalance</i>
3 Vertikal	2,6 mm/s	<i>Unbalance</i>
3 Horizontal	6,5 mm/s	<i>Unbalance</i>
4 Vertikal	1,8 mm/s	<i>Unbalance</i>
4 Horizontal	5,5 mm/s	<i>Unbalance</i>

Pada Tabel 4-2 diatas bahwa kondisi *alignment* ini nilai yang didapatkan sudah lebih baik dari kondisi *misalignment* hanya saja pada kondisi ini sinyal $1xRPM$ yang dimana kondisi ini masih terjadinya *unbalance*.

Tabel 4-3 Perbandingan Kondisi *Misalignment* dan *Alignment*

Sumbu	Nilai kondisi <i>misalignment</i>	Nilai kondisi <i>alignment</i>	Keadaan kondisi <i>misalignment</i>	Keadaan kondisi <i>alignment</i>
1 Vertikal	2,7 mm/s	0,4mm/s	<i>Misalignment</i>	Noise/Tidak ada Indikasi kerusakan
1 Horizontal	2,5 mm/s	3,4 mm/s	<i>Misalignment</i>	<i>Unbalance</i>
2 Vertikal	8,5 mm/s	1,5 mm/s	<i>Misalignment</i>	<i>Unbalance</i>
2 Horizontal	3 mm/s	2,7 mm/s	<i>Unbalance</i>	<i>Unbalance</i>
3 Vertikal	2,7 mm/s	2,6 mm/s	<i>Unbalance</i>	<i>Unbalance</i>
3 Horizontal	9 mm/s	6,5 mm/s	<i>Unbalance</i>	<i>Unbalance</i>
4 Vertikal	3,5 mm/s	1,8 mm/s	<i>Misalignment</i>	<i>Unbalance</i>
4 Horizontal	5,7 mm/s	5,5 mm/s	<i>Unbalance</i>	<i>Unbalance</i>

Dari Tabel 4-3 diatas dapat diketahui bahwa tabel yang berwarna hijau kondisi mesin dalam keadaan baik, sedangkan yang berwarna kuning kondisi mesin perlu adanya *maintenance* dalam kurun waktu tertentu bergantung pada tingkat kerusakan, dan tabel yang berwarna merah yaitu terjadinya kerusakan pada komponen yang berada pada pompa air. Dan rata rata pada keadaan kondisi *misalignment* yaitu *misalignment* dan *unbalance*, sedangkan keadaan pada kondisi *unbalance*

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik pada kondisi *misalignment* memiliki nilai tertinggi pada sumbu 3 horizontal dengan nilai 9 *mm/s* dan terindikasi adanya *unbalance*
2. Cara melakukan proses *alignment* dengan menambahkan plat besi dengan ketebalan 0,2 *mm*, mengencangkan baut pada kaki pompa air, serta mensejajarkan antara pompa air dan motor.
3. Karakteristik pada kondisi *alignment* memiliki nilai tertinggi pada sumbu 3 horizontal dengan nilai 6,5 *mm/s* dan terindikasi adanya *unbalance*

5.2 Saran

Saran yang dapat peneliti berikan sebagai berikut:

1. Menggunakan jenis pondasi *flexible* sehingga getaran yang diberikan lebih besar
2. Pengambilan data harus teliti dan tidak boleh asal karena akan berpengaruh nantinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, G. Z., & Sujana, I. W. (2017). DETEKSI KERUSAKAN BEARING PADA CONDENSATE PUMP DENGAN ANALISIS SINYAL VIBRASI. *Flywheel*, 8, 60–67.
- Hariady, S. (2014). Analisa Kerusakan Pompa Sentrifugal 53-101C WTU Sungai Gerong PT. Pertamina RU III Plaju. In *Jurnal Desiminasi Teknologi*. univ-tridinanti.ac.id.
- Kurniawan, A. (2020). Respon Vibrasi Overall dan Temperatur Komponen Mesin Terhadap Misalignment Axial. *Kilat*, 9(1), 66–73. <https://doi.org/10.33322/kilat.v9i1.782>
- MAERANI, R. (2014). Perbandingan Metode On-Line Condition Monitoring pada Rotating Machine Reaktor PWR. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir*.
- Mara, I. M., Catur, A. D., & Zulkarnaen, A. A. (n.d.). Analisa Vibrasi untuk Mengindikasikan Kerusakan Bantalan Motor Induksi Seri 6857AA5 pada Pompa 62PU003 di PT Amman Mineral Nusa Tenggara. *Dinamika Teknik Mesin*, 1–8.
- Mobius Institute. (2012). *Vibration Training Course Book Category I*.
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. books.google.com.
- Muhammad Ridlo Hermawan. (2020). Rancang Bangun Reduksi Vibrasi Pada Motor Berbasis Arduino Uno Dengan Notifikasi SMS. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(6), 441–449.
- Pamungkas, E. I. (2021). *PENGARUH PEMBEBANAN TIDAK SEIMBANG DAN KERUSAKAN BEARING PADA GETARAN BEARING BERBASIS FOURIER TRANSFORM*.
- PPAU ILMU REKAYASA ITB. (2013). *PENGUKURAN GETARAN PERMESINAN TINGKAT DASAR*. LABORATORIUM DINAMIKA - PPAU ILMU REKAYASA INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG.

- Rachman, A., Hartono, B., & Yuliaji, D. (2018). Analisa Getaran Pada Bearing Berbasis Kerusakan Bearing. *AME (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1), 15. <https://doi.org/10.32832/ame.v4i1.987>
- Rarianto, E. (2016). *Kerusakan Pada Turbin Uap Ubb Vibration Analisis To Detection the Failure of Steam Turbine Ubb Victory Iii At Pt . Petrokimia Gresik.*
- Setiono, A. M., Rijanto, A., & Zulfika, D. N. (2020). Analisis Amplitudo Getaran Terhadap Jenis Kerusakan Unbalance, Looseness, Dan Kerusakan Bearing Pada Motor Induksi 3 Phase. *Majamecha*, 2(1 Juni 2020), 19–31.
- Sipasulta, R. Y., Lumenta, A. S. M., & Sompie, S. R. U. A. (2014). Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode Fft (Fast Fourier Transform). *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 3(2), 1–9.
- Suhardjono. (2005). *Analisis Sinyal Getaran untuk Menentukan Jenis dan Tingkat Kerusakan Bantalan Bola.* 7(April), 39–48. <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/>
- SUNARYA, N. (2003). Pemantauan Kelayakan Pompa Sekunder RSG GA Si wabessy Dengan Analisis Vibrasi. *Program Studi Elektronika-Instumentasi, Teknofisika Nuklir, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir - Badan Tenaga Nuklir Nasional.*