



**ANALISIS VIBRASI MOTOR INDUKSI TIGA
FASA DENGAN METODE FFT DI PT.
SYNERGY OIL NUSANTARA BERDASARKAN
STANDAR ISO 10816-3**

Tugas Akhir

**Oleh:
Yolanda Razesta (4232101058)**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul :

ANALISIS VIBRASI ANALISIS VIBRASI MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN METODE FFT DI PT. SYNERGY OIL NUSANTARA BERDASARKAN STANDAR ISO 10816-3” adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 07 Januari 2025



Nama : Yolanda Razesta
NIM: 4232101058

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Yolanda Razesta (4232101058)

Tanggal Sidang: 07 Januari 2025

Disetujui oleh :

Nama Penguji I



Didi Istardi, ST, M.Sc
NIK: 197711182012121002

Nama Pembimbing



Irwanto Zarma Putra, S.Pd., M.Eng
NIK: 118200

Nama Penguji II

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large loop and a long horizontal stroke extending to the right.

Fauzun Atiq, S.T., M.Cs
NIK: 11007

ANALISIS VIBRASI MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN METODE FFT DI PT. SYNERGY OIL NUSANTARA BERDASARKAN STANDAR ISO 10816-3

Abstrak

PT. Synergy Oil Nusantara adalah perusahaan yang memproduksi minyak makan olein dan stearin dengan menggunakan motor induksi tiga fasa untuk menggerakkan pompa sentrifugal dalam pemindahan CPO *Crude Palm Oil*. Pada proses *refinery* yang beroperasi selama 24 jam, vibrasi berlebih sering menjadi masalah yang menyebabkan kebisingan dan mengganggu produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis motor induksi terhadap getaran berlebih yang mengindikasikan potensi kerusakan, serta mengidentifikasi sumber kerusakan untuk menentukan tindakan perbaikan. Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah pengukuran vibrasi velocity berdasarkan standar ISO 10816-3 dan analisis Fast Fourier Transform (FFT) untuk menentukan frekuensi harmonik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai velocity sebesar 2,68 mm/s, yang mengindikasikan bahwa kondisi motor berada dalam kategori high monitoring sesuai standar ISO 10816-3. Pada spektrum frekuensi 30 Hz (0,5X), terjadi peningkatan amplitudo sebesar 1,5 mm/s, yang mengidentifikasi kerusakan pada motor akibat mechanical looseness tipe C. Berdasarkan analisis tersebut, Tindakan perbaikan yang diperlukan adalah melakukan penyesuaian ulang *realignment* antara motor dengan kopling poros pompa untuk mengurangi vibrasi dan memastikan kelancaran operasi. Dengan penerapan langkah perbaikan ini, diharapkan vibrasi dapat diminimalkan sehingga proses produksi berjalan lebih optimal.

Kata kunci : Vibrasi, Motor induksi, *Predictive Maintenance*, ISO 10816-3, *misalignment*.

VIBRATION ANALYSIS OF THREE PHASE INDUCTION MOTOR WITH FFT METHOD AT PT. SYNERGY OIL NUSANTARA BASED ON ISO 10816-3 STANDARD

Abstract

PT Synergy Oil Nusantara is a company that produces olein and stearin edible oil by using a three-phase induction motor to drive a centrifugal pump in the transfer of CPO (Crude Palm Oil). In refinery processes that operate for 24 hours, excessive vibration is often a problem that causes noise and disrupts production. This study aims to analyze induction motors for excessive vibration that indicates potential damage, as well as identify the source of damage to determine corrective action. The method used in this analysis is vibration velocity measurement based on ISO 10816-3 standard and Fast Fourier Transform (FFT) analysis to determine the harmonic frequency. The results show that the velocity value is 2.68 mm/s, which indicates that the motor condition is in the high monitoring category according to ISO 10816-3 standard. In the frequency spectrum of 30 Hz (0.5X), there is an increase in amplitude of 1.5 mm/s, which identifies damage to the motor due to type C mechanical looseness. Based on this analysis. The necessary corrective action is to perform realignment between the motor and the pump shaft coupling to reduce vibration and ensure smooth operation. With the implementation of this corrective measure, it is expected that vibrations can be minimized so that the production process runs more optimally.

Keywords: Vibration, Induction Motor, Predictive Maintenance, ISO 10816-3, Misalignment.

Kata Pengantar

Segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul " ANALISIS VIBRASI MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN METODE FFT DI PT. SYNERGY OIL NUSANTARA BERDASARKAN STANDAR ISO 10816-3".

Tugas akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) pada Jurusan Teknik Elektro Prodi Teknik Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, baik dari segi penulisan maupun isi pembahasan, yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan dan kemampuan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki kekurangan yang ada di masa mendatang.

Selama proses perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini, penulis telah menerima banyak bantuan, baik berupa dukungan moral maupun material, yang sangat berharga dan tidak bisa diukur dengan kata-kata. Dengan kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

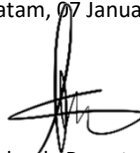
Ibu Dori Marlince dan M. Buana Fashla yang sangat saya cintai, yang telah memberikan banyak perhatian, pendidikan, nasihat, dukungan moral dan material, serta doa yang tak henti-hentinya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Dan tidak lupa saya berterima kasih kepada pihak yang sudah mendukung akademik selama perkuliahan dan penyusunan tugas akhir ini :

1. Bapak Ir. Bambang Hendrawan, S.T., MSM.,CIPMP.,CISCP selaku Direktur Politeknik Negeri Batam
2. Bapak Ir. Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.eng., Ph.D selaku ketua jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam
3. Bapak Irwanto Zarma Putra, S.Pd., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam, sekaligus pembimbing
4. Ir.Arif Febriansyah Juwito, S.T., M.Eng. selaku wali dosen program studi rekayasa pembangkit energi kelas RPE B pagi tahun 2021
5. Bapak Didi Istardi,ST,M.Sc dan bapak Fauzun Atabiq, S.T., M.Cs selaku penguji tugas akhir
6. Bapak Irano, Bapak Budiman Sagala, Muhammad Haikal, Oscilator, Medi Mulyono, Try Simanjuntak, Nathan Siboro yang memberikan arahan dan ilmu selama magang di PT. Synergy Oil Nusantara

7. Kedua Orang Tua penulis yang selalu mendukung dan selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis
8. Kepada pacar saya Novi Dwiyanti yang selalu memberikan semangat dan kepercayaan diri dalam menjalani kuliah
9. Kepada seluruh sahabat penulis terutama Irwanda Gultom dan Ir. Sandy Nugraha, S.T., M.MT., IPP. yang selalu support dalam menjalani magang
10. Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua yang membacanya.

Batam, 07 Januari 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Yolanda Razesta', with a large, stylized initial 'Y' and 'R'.

Yolanda Razesta

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka	3
2.1. Umum	3
2.2. Pengertian motor induksi 3 fasa	4
2.2.1. Fungsi motor 3 fasa	5
2.2.2. Prinsip kerja motor 3 fasa	5
2.2.3. Bagian motor induksi	6
2.3. pengertian pompa sentrifugal	7
2.4. Teori Analisa vibrasi	8
2.5. Standar ISO 10816-3	9
2.6. Penyebab vibrasi pada motor induksi	10

2.6.1. <i>Misalignment</i>	10
2.6.2. Kerusakan pada <i>bearing</i>	11
2.6.3. <i>Unbalance</i>	11
2.6.4 <i>Mechanical Looseness</i>	11
2.7. Perawatan terhadap motor induksi	14
2.7.1. <i>Predictive maintenance</i>	14
2.7.2 <i>Preventive Maintenance</i>	14
2.7.3. <i>Breakdown Maintenance</i>	14
2.7.4. <i>Proactive Maintenance</i>	15
Bab 3. Metode Pelaksanaan	16
3.1. Rancangan	16
3.2. Metode Penelitian.....	17
3.3. Waktu Dan Lokasi Penelitian	17
3.4. Alat Dan Bahan Penelitian	17
3.4.1 Fluke 805 <i>Vibration meter</i>	17
3.4.2. <i>Microsoft Excel</i>	18
3.4.3. Motor induksi 3 fasa	19
3.5 standar pengukuran	20
3.6. Dasar pengukuran vibrasi	21
3.6.1. vibrasi overall	21
3.6.2. Spektrum Vibrasi	21
3.6.3 Pengukuran Suhu	22
3.7. metode pengukuran.....	22
3.8 Diagnosis Data	24
3.8.1 <i>fast fourier transform</i>	24

Bab 4. Hasil dan Pembahasan	25
4.1. Data Hasil Penelitian	25
4.1.1 Skema pengukuran	25
4.1.2 Data hasil pengukuran.....	27
4.1.3 Grafik pengukuran.....	28
4.2. Pembahasan	29
Proses diagnosis data	31
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	35
5.1. Kesimpulan	35
5.2. Saran	36
Daftar Pustaka	37
Biodata	39

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Diagram proses <i>Refinery</i>	3
Gambar 2. 2 Motor induksi 3 fasa	5
Gambar 2. 3 Bagian motor induksi	6
Gambar 2. 4 Pompa sentrifugal.....	7
Gambar 2. 5 ISO 10816-3	9
Gambar 2. 6 <i>Misalignment</i>	10
Gambar 2. 7 Kerusakan <i>bearing</i>	11
Gambar 2. 8 Mechanical Looseness tipe A.....	12
Gambar 2. 9 Mechanical Looseness tipe B.....	12
Gambar 2. 10 Mechanical Looseness tipe C.....	13
Gambar 3. 1 Diagram alir	16
Gambar 3. 2. Fluke 805 <i>Vibration meter</i>	18
Gambar 3. 3 <i>microsoft excel</i>	18
Gambar 3. 4 name plate motor induksi.....	19
Gambar 3. 5 Motor 37 kW.....	19
Gambar 3. 6 Standar pengukuran	20
Gambar 3. 7 Amplitudo & frekuensi.....	22
Gambar 3. 8 sumbu pengukuran.....	23
Gambar 3. 9 posisi pengukuran.....	23
Gambar 3. 10 FFT (fast fourier transform)	24
Gambar 4. 1 posisi pengukuran NDE dilapangan	26
Gambar 4. 2 Data hasil pengukuran	27
Gambar 4. 3 nilai rata-rata penyukuran vibrasi.....	28
Gambar 4. 4 velocity NDE horizontal.....	28
Gambar 4. 5 velocity NDE vertikal	29
Gambar 4. 6 velocity NDE aksial.....	29
Gambar 4. 7 velocity spectrum	30
Gambar 4. 8 Main_DB_2,68 file	31
Gambar 4. 9 Transfer data	31
Gambar 4. 10 fft tools Excel	32
Gambar 4. 11 input data FFT	33
Gambar 4. 12 proses diagnosis.....	33

Gambar 4. 13 spectrum harmonic..... 34

Daftar Tabel

Tabel 3. 1 Spesifikasi motor induksior induksi..... 20
Tabel 3. 2 Zona ISO 10816-33131..... 21

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Motor induksi tiga fasa merupakan jenis motor listrik yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri, termasuk di sektor pengolahan minyak. Motor ini berperan penting dalam mengoperasikan peralatan seperti pompa, yang fungsinya adalah memindahkan minyak dari satu lokasi ke lokasi lainnya selama proses *Refinery* berjalan. Untuk menjaga kelancaran produksi, motor induksi yang menggerakkan pompa harus beroperasi secara efisien dan terus menerus.

Salah satu kendala yang kerap terjadi pada motor induksi adalah terjadinya vibrasi. Vibrasi ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, seperti rotor yang tidak seimbang, *Misalignment*, atau masalah pada bantalan. Vibrasi yang berlebihan dapat mengurangi kinerja motor, mempercepat kerusakan komponen, dan bahkan menyebabkan kegagalan total pada sistem pompa. Dalam industri minyak, gangguan pada pompa akibat vibrasi dapat memengaruhi kelancaran operasional dan mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan.

Selain vibrasi, kurangnya perawatan yang terjadwal atau terencana dapat menjadi faktor penyebab utama kerusakan motor. Banyak perusahaan mengabaikan pentingnya *predictive maintenance*, yang merupakan metode pemeliharaan berbasis kondisi dengan menggunakan data pemantauan secara terus-menerus untuk mendeteksi potensi masalah sebelum terjadi kerusakan. Jika perawatan hanya dilakukan setelah terjadinya kegagalan *reactive maintenance*, maka kerugian yang timbul akibat downtime mesin dan biaya perbaikan yang mahal akan jauh lebih besar. *Predictive maintenance* menganalisis data yang diperoleh dari alat seperti *vibration meter* untuk memprediksi kapan suatu komponen kemungkinan akan mengalami kerusakan, sehingga perawatan dapat dilakukan secara tepat waktu sebelum masalah besar terjadi.

Pemantauan vibrasi secara rutin sangat penting untuk mendeteksi potensi masalah pada motor induksi sejak dini. Salah satu alat yang sering digunakan untuk pemantauan tersebut adalah *vibration meter*, yang dapat mengukur getaran pada motor. Data yang diperoleh dari alat ini dapat dianalisis dan dibandingkan dengan standar internasional seperti ISO 10816-3, guna memastikan bahwa tingkat getaran masih dalam batas aman dan mencegah terjadinya kegagalan sistem yang tidak diinginkan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan lingkup masalah yang sudah dijelaskan di atas, masalah utama yang dapat dirumuskan adalah :

1. Apa penyebab utama timbulnya getaran pada motor pompa yang beroperasi di proses *Refinery* ?
2. Bagaimana penanggulangan vibrasi yang terjadi pada motor induksi 3 fasa ?
3. Bagaimana metode pengukuran vibrasi dengan *vibration meter* dapat membantu dalam mendeteksi masalah pada motor induksi ?

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis vibrasi motor induksi pompa sentrifugal dengan susai standart ISO untuk mendeteksi kerusakan.
2. Mengidentifikasi penyebab utama vibrasi yang terjadi pada motor induksi tersebut.
3. Memberikan rekomendasi untuk mengurangi tingkat kerusakan akibat vibrasi.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dapat menambah wawasan terkait fenomena vibrasi pada motor induksi, terutama dalam aplikasi industri seperti pemompaan minyak.
2. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan oleh perusahaan untuk meningkatkan pemeliharaan motor induksi, dan Perusahaan dapat menemukan Solusi perawatan awal motor induksi tanpa harus membongkar mesin.

1.5. Batasan

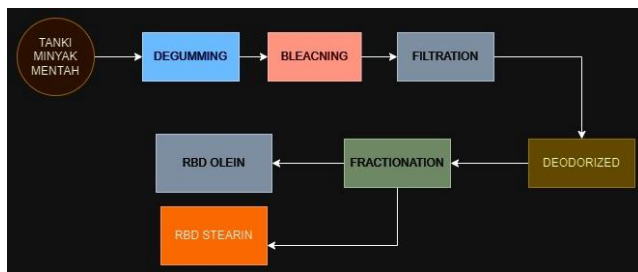
Untuk menjaga fokus dan kedalaman penelitian, beberapa batasan masalah ditetapkan, antara lain:

1. Penelitian hanya fokus pada analisis getaran motor induksi 3 phase dengan kapasitas 37 kW sebagai penggerak pompa pemindah minyak.
2. Pengukuran getaran dibatasi pada standar ISO yang relevan, sebagai metode penelitian tanpa mempertimbangkan faktor lain.
3. Pengukuran vibrasi akan dilakukan menggunakan *vibration meter* sebagai alat utama, dengan penerapan metode *predictive maintenance*.

4. Diagnosis dilakukan dengan cara Analisa fast fourier transform (FFT)

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Umum



Gambar 2. 1 Diagram proses *Refinery*

Untuk pengetahuan umum dalam penelitian ini, dapat di gambarkan pada diagram di atas yang merupakan tahapan proses *Refinery* di PT Synergy Oil Nusantara, Perusahaan ini memproduksi minyak goreng dengan bahan baku berupa CPO (*Crude Palm Oil*), yaitu minyak kelapa sawit mentah yang telah melalui proses awal pengolahan. Di perusahaan ini, minyak mentah tersebut diolah lebih lanjut menjadi minyak siap pakai melalui beberapa tahapan penting.

Proses dimulai dengan penerimaan minyak CPO dari kapal, yang kemudian dipompa ke tangki penyimpanan. Setelah disimpan, tahap selanjutnya adalah proses pemurnian (*Refinery*), yang mencakup penghilangan getah *degumming*, netralisasi asam lemak bebas, penyaringan, serta deodorisasi untuk menghilangkan bau yang tidak diinginkan.

Tahap terakhir sebelum pengemasan adalah fraksinasi, yang bertujuan memisahkan fraksi padat dan cair dalam minyak berdasarkan titik leleh yang berbeda, guna menghasilkan minyak dengan kualitas yang sesuai untuk berbagai keperluan.

Dalam keseluruhan proses *Refinery* ini, pompa memainkan peran yang sangat krusial. Setiap tahapan perpindahan fluida, baik itu dari penyimpanan minyak mentah menuju *degumming*, dari *bleaching* ke filtrasi, hingga fraksinasi dan deodorisasi, semuanya memerlukan penggunaan pompa yang handal untuk

memastikan aliran minyak yang kontinu dan konsisten. Tanpa pompa yang berfungsi dengan baik, proses pemurnian akan terhambat, yang berpotensi menurunkan efisiensi operasi dan kualitas produk akhir.

Dengan peranan pompa yang sangat penting dalam proses *Refinery* ini, PT. synergi Oil Nusantara menggunakan pompa sentrifugal yang Dimana melibatkan satu equidment yaitu motor induksi. Salah satu nya motor induksi 3 fasa yang berperan untuk memutarakan *impeller* pada casing pompa, dan terjadi nya gaya sentrifugal lalu melmparkan fluida dengan aliran pipa yang diarahkan, sesuai dengan kebutuhan pabrik itu sendiri [1].

Seiring dengan berjalannya proses *Refinery* setiap hari, motor beroperasi secara aktif selama 15 jam per hari. Dengan kinerja yang cukup intensif, motor tersebut berisiko mengalami penurunan performa jika tidak dilakukan perawatan preventif. Untuk menjaga efisiensi dalam proses produksi, penting untuk melakukan perawatan pada motor induksi. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah melakukan analisis vibrasi sesuai standar ISO 10186-3 pada setiap motor induksi yang telah beroperasi dalam jangka waktu yang lama.

Dengan melakukan Tindakan ini, kita dapat mendeteksi potensi masalah lebih awal dan memastikan motor tetap berfungsi dengan optimal, sehingga mendukung kelancaran proses produksi secara keseluruhan.

2.2. Pengertian motor induksi 3 fasa

Motor listrik tiga fasa adalah perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dengan memanfaatkan listrik tiga fasa. Motor induksi juga dikenal sebagai motor asinkron. Berdasarkan jenis kumparannya, motor induksi terbagi menjadi dua tipe, yaitu rotor sangkar dan rotor lilit. Motor dengan rotor sangkar memiliki karakteristik seperti tahanan rotor yang tetap, arus start yang tinggi, dan torsi start yang rendah. Sementara itu, motor dengan rotor lilit memiliki keunggulan seperti arus start yang lebih rendah, torsi start yang tinggi, faktor daya yang baik, serta dapat dihubungkan dengan tahanan eksternal melalui slip ring pada sikat untuk menyesuaikan tahanan rotor.



Gambar 2. 2 Motor induksi 3 fasa

Kelebihan motor induksi tiga fasa antara lain adalah harganya yang terjangkau, konstruksinya yang kokoh, serta memiliki efisiensi yang tinggi. Namun, kekurangannya adalah kecepatan putaran motor dipengaruhi oleh beban, dan arus start yang tinggi [2].

2.2.1. Fungsi motor 3 fasa

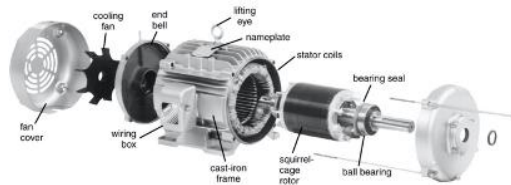
Penggunaan motor listrik tiga fasa di industri dimanfaatkan untuk berbagai jenis beban, dengan spesifikasi motor yang bervariasi, mulai dari daya kecil hingga besar. Oleh karena itu, metode pengoperasian motor juga berbeda-beda. Menurut Mardapi (1980: 16-17), motor tiga fasa umumnya digunakan pada peralatan yang membutuhkan kecepatan putaran konstan. Motor listrik tiga fasa sering dijumpai di berbagai tempat, mulai dari bengkel kecil hingga pabrik baja, dengan kapasitas mulai dari 0,5 kW hingga puluhan kW. Motor ini biasa digunakan sebagai penggerak pada pompa air, kompresor, kipas ventilasi tambang, dan lain sebagainya [2].

2.2.2. Prinsip kerja motor 3 fasa

Secara garis besar, motor induksi terdiri dari dua komponen utama yaitu rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak, sedangkan stator adalah bagian yang diam. Di antara rotor dan stator terdapat celah udara yang sangat tipis. Ketika stator dihubungkan dengan sumber tegangan AC tiga fasa, arus tiga fasa akan mengalir melalui kumparan stator. Arus AC ini akan menghasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah, dan interaksi antara fluks dari setiap fasa akan membentuk medan magnet berputar [3].

2.2.3. Bagian motor induksi

Motor induksi tiga fasa terdiri dari dua komponen utama, yaitu: bagian stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang tidak bergerak, terdiri dari badan motor, inti stator, belitan stator, bantalan (*bearing*), dan kotak terminal. Sedangkan rotor adalah bagian yang berputar, yang meliputi rotor sangkar tupai dan poros rotor [4].



Gambar 2. 3 Bagian motor induksi

1. Stator Motor Induksi 3 Fasa

Inti stator motor induksi tersusun dari lapisan-lapisan laminasi pelat baja yang didukung oleh rangka stator, yang terbuat dari besi tuang atau baja yang dibentuk melalui proses fabrikasi. Belitan stator dirancang dengan sudut 120 derajat listrik antar fasa. Sambungan belitan ini bisa diatur dalam konfigurasi delta (Δ) atau bintang (Y) [4].

2. Rotor Motor Induksi 3 Fasa

Rotor pada motor induksi tiga fasa terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

a. Rotor Sangkar Tupai (Squirrel Cage Rotor)

Rotor jenis ini terdiri dari lapisan konduktor yang dipasang sejajar dengan poros rotor dan melingkari permukaan inti rotor. Konduktor tersebut tidak dilapisi isolasi karena arus listrik pada rotor akan mengalir melalui jalur dengan hambatan terendah, yakni konduktor rotor. Pada kedua ujung rotor, semua konduktor dihubungkan oleh cincin yang membentuk struktur menyerupai sangkar tupai yang berputar, sehingga dinamakan rotor sangkar tupai.

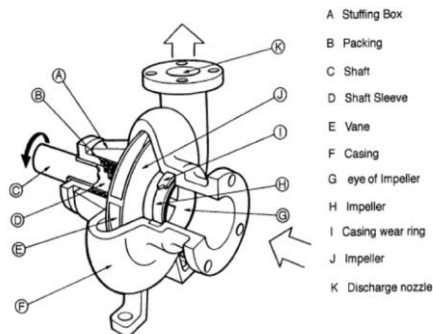
b. Rotor Belitan (Wound Rotor)

Rotor belitan memiliki lilitan yang ditempatkan secara merata pada slot di sepanjang rotor. Lilitan ini umumnya dihubungkan dalam konfigurasi wye. Ketiga terminal lilitan rotor ini dihubungkan dengan slip ring yang terhubung ke sikat tetap (stationary brushes). Dengan konfigurasi ini,

motor dapat disesuaikan kecepatannya dengan menambahkan resistor eksternal dan mengatur nilai tahanan pada resistor tersebut [4].

2.3. pengertian pompa sentrifugal

Pompa merupakan mesin yang berfungsi untuk memindahkan fluida cair dari satu lokasi ke lokasi lain dengan cara mentransfer energi mekanik ke fluida tersebut, yang kemudian diubah menjadi energi gerak fluida. Pada pompa sentrifugal telah dirancang untuk mengalirkan cairan dengan menggunakan energi kinetik yang dihasilkan oleh putaran *impeller* dan melemparkan fluida tersebut pada arah yang telah ditentukan [5]. Terdapat beberapa komponen utama dengan fungsi masing-masing sebagai berikut:



Gambar 2. 4 Pompa sentrifugal

- *Casing* (Rumah Keong)
Bagian ini berperan penting dalam mengubah atau mengonversi energi cairan yang bergerak menjadi energi tekanan statis. *Casing* dirancang untuk menahan cairan dan mengarahkan alirannya ke luar pompa.
- *Impeller*
Impeller adalah komponen yang memberikan energi kinetik kepada fluida. Energi ini kemudian diubah menjadi tekanan di dalam casing, sehingga memungkinkan cairan bergerak dengan kecepatan yang lebih tinggi melalui sistem.
- Poros Pompa

Fungsi utama poros ini adalah untuk meneruskan energi mekanik dari mesin penggerak atau motor (*prime mover*) ke *impeller*. Poros memastikan bahwa energi yang dihasilkan oleh motor dapat diubah menjadi energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan fluida.

- *Inlet*
Inlet adalah saluran masuk yang dirancang untuk mengarahkan fluida ke dalam *impeller*. Bagian ini memastikan bahwa aliran fluida yang masuk ke *impeller* terjaga dan teratur, sehingga *impeller* dapat berfungsi dengan optimal.
- *Outlet*
Outlet berfungsi sebagai saluran keluar bagi cairan yang telah diproses oleh *impeller*. Melalui outlet, cairan yang telah memperoleh energi kinetik dan tekanan didorong keluar dari pompa menuju sistem distribusi.
- *Nozzle*
Nozzle memiliki peran penting dalam mengubah energi kinetik yang telah diberikan oleh *impeller* menjadi energi tekanan, yang kemudian membantu fluida bergerak dengan tekanan yang diinginkan di dalam sistem [5].

2.4. Teori Analisa vibrasi

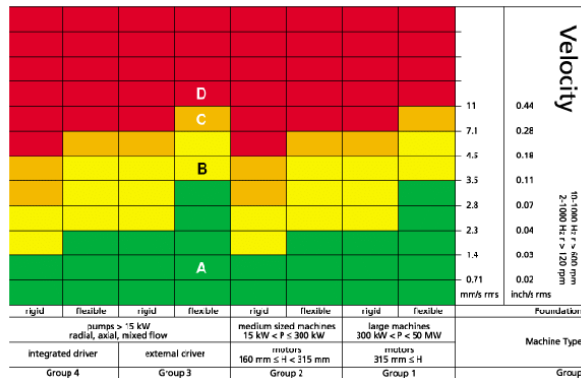
Vibrasi secara visual dapat digambarkan sebagai gerakan bolak-balik pada mesin yang bisa dirasakan atau disentuh oleh tubuh manusia, sering juga disebut sebagai getaran. Analisis getaran merupakan metode penting untuk mendeteksi, mengurangi, dan menghilangkan masalah pada suatu mesin penggerak. Semakin besar getaran yang terjadi, semakin besar pula potensi kerusakan mesin.

Jika tidak ditangani, getaran ini bisa menyebar dan merusak komponen lainnya. Parameter vibrasi mekanis dibagi menjadi tiga kategori utama yaitu *displacement*, *velocity*, dan *acceleration*. Pengukuran parameter tersebut harus sesuai dengan standar toleransi yang berlaku, seperti standar ISO terbaru, yaitu ISO 10816-3.

Jarak vibrasi *displacement* merupakan pengukuran jarak yang ditempuh oleh gerakan bolak-balik selama periode waktu tertentu, dan biasanya hanya mencatat *displacement* dari puncak ke puncak (*peak-to-peak displacement*). Kecepatan vibrasi (*velocity*) mengukur kecepatan gerakan tersebut pada periode waktu tertentu dan hanya mengukur kecepatan puncak (*peak velocity*).

Sedangkan percepatan vibrasi (*acceleration*) mengukur percepatan dari gerakan bolak-balik tersebut dan mencatat percepatan maksimum atau percepatan puncak (*peak acceleration*) [6].

2.5. Standar ISO 10816-3



Gambar 2. 5 ISO 10816-3

International Organization for Standardization (ISO) adalah organisasi internasional yang bertanggung jawab untuk menyusun dokumen standar internasional yang mencakup kebutuhan, spesifikasi, panduan, atau karakteristik yang bertujuan memastikan bahan, proses, produk, dan layanan sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Salah satu tujuan utama ISO adalah menjaga kualitas yang dihasilkan oleh suatu perusahaan tetap konsisten hingga sampai ke konsumen, yang dikenal sebagai manajemen mutu. Sistem manajemen mutu ini diatur dalam ISO 9001 [6]. Dan ISO 10816-3 ini merupakan ketentuan untuk menilai pengukuran suatu getaran dengan kriteria yang sudah di tetapkan yaitu berupa perangkat mesin yang memiliki daya di atas 15 kW dan kecepatan operasi antara 120 putaran/menit dan 15.000 putaran/menit [7].

Pengukuran getaran pada mesin dinilai menggunakan nilai efektif kecepatan getaran untuk menentukan kondisi mesin. Sebagai acuan, digunakan Standar Vibrasi ISO 10816-3 untuk menetapkan level getaran yang diizinkan. Dalam konteks ini, motor yang menggerakkan *impeller* pada pompa sentrifugal memiliki daya output sebesar 22 kW dan menggunakan base plate tipe rigid. Oleh karena itu, berdasarkan Standar vibrasi ISO 10816-3 spesifikasi pada motor pompa sentrifugal berada di group 2 yaitu sebagai tingkatan mesin di tahap medium [8].

2.6. Penyebab vibrasi pada motor induksi

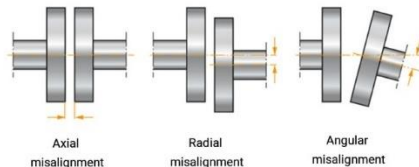
Getaran pada motor induksi 3 fasa merupakan fenomena yang sangat penting untuk diperhatikan, karena dapat memberikan indikasi tentang kondisi dan kesehatan mesin. Dengan menganalisis spektrum getaran, kita dapat mengetahui karakteristik atau jenis kerusakan yang terjadi pada mesin tersebut. Getaran yang berasal dari dalam motor induksi dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti *Misalignment*, keausan terhadap *bearing*, dan *unbalance*.

Untuk menganalisis getaran ini, salah satu metode yang paling sering digunakan metode *Predictive maintenance* dengan cara melakukan pengukuran menggunakan alat *vibration meter* yang dimana alat tersebut dapat menganalisa sebuah nilai getaran terhadap motor induksi yang sedang beroperasi. Metode ini sangat efektif karena memungkinkan kita untuk mengetahui penyebab kerusakan tanpa harus membongkar atau menghentikan mesin, sehingga dapat menghemat waktu dan biaya operasional [9].

Berikut adalah jenis penyebab terjadinya kerusakan pada motor induksi yang mengindikasikan sebuah getaran :

2.6.1. Misalignment

Misalignment adalah kondisi di mana terjadi penyimpangan pada titik pusat antara dua poros yang dihubungkan, sehingga kedua poros tidak berada pada satu sumbu. Jika *Misalignment* terjadi pada kopling, hal ini dapat mempercepat kerusakan kopling dan *bearing* serta menyebabkan vibrasi yang berlebihan. Biasanya kerusakan ini dapat diindikasikan oleh spektrum yang *running speed* 1X dan *lower harmonics* [10]. Jenis-jenis *Misalignment* pada kedua poros meliputi:



Gambar 2. 6 Misalignment

- *Parallel Misalignment*: Terjadi ketika kedua poros berada pada posisi yang tidak sejajar dengan ketinggian berbeda pada kedua poros tersebut.
- *Angular Misalignment*: Terjadi ketika kedua poros tidak lurus dengan posisi saling menyudut, meskipun kedua ujung poros memiliki ketinggian yang sama

- *Combination Misalignment*: Terjadi ketika kedua poros tidak lurus dan saling menyudut, serta kedua ujung poros memiliki ketinggian yang berbeda [10].

2.6.2. Kerusakan pada *bearing*

Kerusakan pada motor induksi sering kali terjadi pada komponen *bearing*. *Bearing* berfungsi untuk memastikan rotor dapat bergerak dengan lancar. Jika *bearing* mengalami kerusakan, hal ini dapat menyebabkan timbulnya getaran, suara bising, peningkatan suhu operasional, serta percikan api yang berpotensi merusak bagian lain dari motor.



Gambar 2. 7 Kerusakan *bearing*

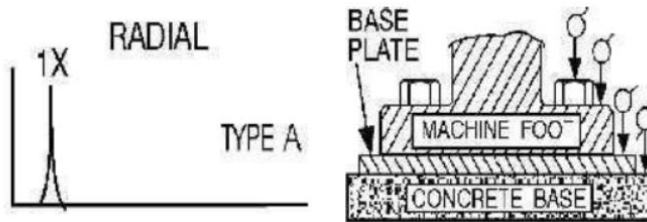
Kerusakan *bearing* biasanya disebabkan oleh faktor-faktor seperti pelumasan yang tidak memadai, keausan karena usia pakai, pemasangan yang tidak tepat, atau kontaminasi oleh kotoran atau partikel debu [11].

2.6.3. *Unbalance*

Ciri utama getaran akibat ketidakseimbangan *unbalance* adalah getaran sinusoidal murni dengan frekuensi yang setara dengan satu putaran poros. Gaya yang dihasilkan berputar dengan vektor yang konstan, dan amplitudo getaran meningkat seiring bertambahnya kecepatan. Ketidakseimbangan ini akan menghasilkan puncak dominan pada 1x putaran per menit rpm dari kecepatan motor, dan umumnya terlihat pada arah radial [12].

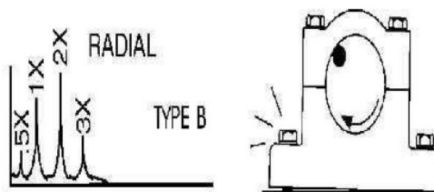
2.6.4 Mechanical Looseness

Merupakan sumber masalah yang terjadi pada pemasangan baut yang longgar dan terjadi suatu perubahan pada frame dan landasan, Mengenai permasalahan ini memiliki beberapa tipe kerusakan .



Gambar 2. 8 Mechanical Looseness tipe A

- Tipe A merupakan perubahan posisi terhadap casing ataupun landasan bagian baut yg menahan motor, Tindakan ini dapat dilakukan dengan cara menganalisa dengan beda fasa $90^\circ - 180^\circ$ pada pengukuran di sumbu arah vertical yang berada pada baut motor, kaki mesin, dan plat dasar.
- Tipe B terjadi akibat adanya kelonggaran pada komponen seperti pillow block, cincin baut, atau struktur rangka yang mengalami kerusakan, misalnya retakan pada bantalan (bearing). Kelonggaran ini umumnya mengakibatkan perubahan karakteristik vibrasi, yang dapat diamati melalui analisis FFT (Fast Fourier Transform). Dalam spektrum frekuensi, mechanical looseness Tipe B biasanya ditandai dengan puncak harmonik pada frekuensi fundamental dan kelipatannya (misalnya, 1x, 2x, 3x).



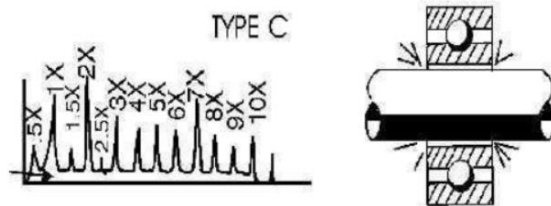
Gambar 2. 9 Mechanical Looseness tipe B

Hal ini menunjukkan adanya perpindahan radial yang signifikan. Penyebab utama kelonggaran Tipe B sering kali berasal dari penurunan kekuatan struktur penahan bearing, seperti pelonggaran baut pada dudukan bearing atau deformasi material akibat beban berlebih yang

terus-menerus. Kondisi ini dapat berdampak serius pada kinerja mesin karena dapat memicu getaran abnormal dan meningkatkan risiko kerusakan lebih lanjut pada komponen.

- Tipe C disebabkan oleh ketidakcocokan atau ketidaktepatan antara komponen mesin, yang menciptakan efek kelonggaran parah pada bagian tertentu. Kondisi ini memunculkan banyak harmonik tambahan akibat adanya respons nonlinear dari komponen yang longgar terhadap gaya dinamis rotor. Akibatnya, terjadi perubahan bentuk gelombang (time waveform) yang terdistorsi serta peningkatan noise floor pada spektrum frekuensi. Kelonggaran pada Tipe C sering terjadi di beberapa area, seperti:

- a) Penutup bearing yang tidak terpasang dengan benar.
- b) Bearing yang longgar dan berputar pada poros (shaft).
- c) Clearance yang terlalu besar antara rolling element bearing dan poros.
- d) Shaft yang longgar sehingga mengakibatkan pergerakan tidak stabil.



Gambar 2. 10 Mechanical Looseness tipe C

Kondisi ini biasanya menyebabkan pengukuran getaran yang sangat bervariasi dari satu pengukuran ke pengukuran berikutnya, terutama saat poros mengalami perubahan posisi, misalnya selama proses start up dan shut down.

Gejala lain dari Tipe C adalah adanya bacaan getaran yang berbeda ketika diukur pada sudut radial dengan perbedaan 30° di sekitar rumah bearing. Selain itu, vibrasi pada Tipe C sering menunjukkan sub-harmonik, seperti pada $1/2$, $1/3$, atau kelipatan lainnya dari kecepatan rotasi (misalnya $0,5x$, $1,5x$, $2,5x$, dan sebagainya)[13].

2.7. Perawatan terhadap motor induksi

Dalam menangani kerusakan motor induksi yang ditandai dengan getaran, diperlukan perawatan yang optimal menggunakan metode *predictive maintenance* karena dapat mendeteksi kerusakan lebih awal tanpa membongkar mesin, sehingga memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi kerusakan dan membantu mencegah kegagalan mesin yang lebih serius.

Dalam perawatan mesin, terdapat berbagai jenis metode yang dapat diterapkan tergantung pada kondisi dan analisis masalah yang dihadapi. Berikut adalah beberapa jenis perawatan yang dapat dilakukan:

2.7.1. Predictive maintenance

Untuk mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan mesin, dibutuhkan strategi pemeliharaan yang efisien. Salah satu metode yang efektif dalam meningkatkan ketersediaan sistem dan menekan biaya pemeliharaan adalah dengan beralih dari pendekatan pemeliharaan reaktif berbasis kerusakan menuju pemeliharaan prediktif yang Dimana pemeliharaan ini menggunakan penerapan prediksi yang sangat penting dalam mendiagnosis suatu sumber permasalahan yang sedang terjadi atau pun masalah yang akan terjadi [14]. Data yang dipantau dalam penelitian ini salah satunya Pengukuran vibrasi dan suhu. Dari hasil pengukuran dapat dibuat analisis tren untuk menyusun rencana perawatan yang lebih tepat dan akurat.

2.7.2 Preventive Maintenance

Konsep ini diterapkan secara terjadwal, mencakup pemeriksaan, pengukuran, penggantian komponen, pembersihan, dan penyetelan mesin. Pada metode ini, mesin harus dihentikan sementara untuk melakukan perawatan besar atau mengganti bagian yang mungkin belum rusak. Keuntungan dari pendekatan ini adalah dapat mencegah kerusakan serius di masa depan dan memungkinkan perencanaan perbaikan yang lebih terstruktur. Namun, kerugiannya adalah biaya perawatan yang lebih tinggi, karena terkadang perbaikan dilakukan meskipun komponen tersebut masih dalam kondisi baik dan belum perlu diganti.

2.7.3. Breakdown Maintenance

perawatan ini dilakukan dengan membiarkan mesin beroperasi terus-menerus tanpa perawatan hingga terjadi kerusakan, baru kemudian dilakukan perbaikan atau penggantian komponen. Kelemahan dari metode ini adalah

kerusakan yang terjadi sering kali sangat parah dan sulit diprediksi kapan akan terjadi, sehingga dapat menyebabkan downtime yang signifikan. Namun, keuntungan utamanya adalah biaya pemeliharaan rutin yang rendah, karena tidak ada pengecekan atau perawatan berkala yang dilakukan sebelum kerusakan terjadi.

2.7.4. Proactive Maintenance

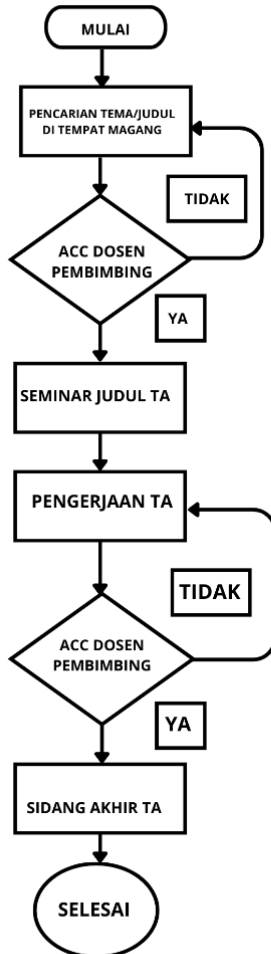
Metode ini sangat cocok diterapkan pada mesin-mesin berteknologi tinggi dengan ciri-ciri sebagai berikut:

- RPM atau putaran yang sangat tinggi
- Kecepatan produksi yang sangat cepat
- Mesin atau peralatan beroperasi dengan otomatisasi
- Kapasitas besar namun ukuran relatif lebih kecil
- Tekanan, kecepatan, dan suhu yang sangat tinggi
- Instalasi harus ramah lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran
- Memerlukan tenaga kerja yang lebih sedikit

Dalam lingkungan industri, kondisi instalasi memerlukan sistem perawatan yang terintegrasi, yang menggabungkan berbagai sistem yang disebutkan di atas, disesuaikan dengan karakteristik dan kondisi mesin secara individual maupun dalam skala keseluruhan instalasi [15].

Bab 3. Metode Pelaksanaan

3.1. Rancangan



Gambar 3. 1 Diagram alir

3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *predictive maintenance* dengan fokus pada pemantauan vibrasi sebagai alat untuk mendeteksi potensi kerusakan motor pompa sentrifugal sebelum terjadi kegagalan.

Predictive maintenance merupakan pendekatan yang berbasis pada kondisi aktual mesin untuk memprediksi kapan perbaikan diperlukan, sehingga dapat mencegah kerusakan yang lebih besar dan meminimalkan *downtime*.

Metode ini diterapkan dengan menggunakan alat Fluke 805 *Vibration meter* untuk mengukur tingkat getaran *velocity* pada motor induksi 3 fasa yang berkapasitas 37 kW, kemudian dibandingkan dengan standar ISO 10816-3. Analisis dilakukan berdasarkan nilai getaran yang diperoleh untuk menentukan apakah motor berada dalam kondisi aman atau memerlukan perbaikan segera. Proses pengukuran hanya dilakukan satu kali dalam satu waktu dikarenakan penelitian ini menggunakan *predictive maintenance* yang bertujuan untuk memprediksi kerusakan diawal.

3.3. Waktu Dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Synergy Oil Nusantara, yang berlokasi di Batam. Unit motor pompa sentrifugal yang diuji berperan penting dalam proses *Refinery* minyak CPO (*Crude Palm Oil*), sebagai pemindah fluida berupa minyak yang akan di proses pada tahap *Refinery*. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 21 Oktober 2024.

3.4. Alat Dan Bahan Penelitian

3.4.1 Fluke 805 *Vibration meter*

Fluke 805 adalah alat pengukur getaran portabel yang banyak digunakan dalam industri untuk mendeteksi masalah mekanis pada motor induksi. Alat ini mengukur getaran motor dalam satuan *mm/s* dan memberikan hasil pengukuran dalam bentuk RMS *velocity*. Data yang diambil dari alat ini dapat digunakan untuk menganalisis kondisi motor induksi berdasarkan tingkat getarannya.

Dengan menggunakan Fluke 805 mampu mengukur getaran di tiga sumbu (vertikal, horizontal, dan aksial), serta memberikan pembacaan langsung yang dapat dibandingkan dengan standar ISO.



Gambar 3. 2. Fluke 805 Vibration meter

3.4.2. Microsoft Excel



Gambar 3. 3 microsoft excel

microsoft excel merupakan aplikasi yang cukup sederhana dalam penerapan Analisa kali ini. Dengan adanya alat perhitungan semacam sangat membantu dalam penentuan analisis vibrasi terutama dalam mendiagnosis suatu data seperti batasan velocity dengan mengkorelasikan standar ISO dan Tindakan Analisa menggunakan metode FFT (*fast fourier transform.*) software ini sendiri mampu membagi atau memisahkan signal time domain ke bentuk frekuensi dengan cara pada software ini sendiri melakukan perhitungan dengan rumusan yang telah tersedia.

3.4.3. Motor induksi 3 fasa

Motor Yang Digunakan Untuk Penelitian Ini adalah motor pompa sentrifugal dengan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 3. 4 name plate motor induksi



Gambar 3. 5 Motor 37 kW

Consumer Name	Centrifugal pump
Manufacturer	Elektrim EF 1 Series
Serial No.	2000618056
Type	EM2-200LB-2 B3
Rate Power (KW)	37 kW
In (A)	64.5 A
Rated Voltage (V)	380 V – 400 V
Speed (rpm)	2950 rpm
Frequency (Hz)	50 Hz
DE Bearing	6312
NDE Bearing	6312

Tabel 3. 1 Spesifikasi motor induksior induksi

3.5 standar pengukuran

Standar ISO 10816-3 digunakan sebagai acuan dalam pengukuran vibrasi pada motor. Standar ini menetapkan batas-batas getaran yang aman berdasarkan klasifikasi motor dan kondisi pengoperasian. Ada empat zona utama yang ditetapkan oleh ISO 10816-3 adalah :

ISO 10816-3 vibration standard		Machine group 4 Integral driver		Machine group 3 External driver		Machine group 2 Motors 160 mm ≤ H ≤ 315 mm		Machine group 1 Motors 315 mm ≤ H	
Velocity		Pumps > 15 kW Radial, axial, mixed flow						Large machines 300 kW < P < 50 MW	
mm/s rms	in/sec rms					Medium sized machines 15 kW < P ≤ 300 kW			
11	0.44								
7.1	0.28								
4.5	0.18								
3.5	0.11								
2.8	0.07								
2.3	0.04								
1.4	0.03								
0.71	0.02								
Foundation		Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible	Rigid	Flexible



Gambar 3. 6 Standar pengukuran

Berdasarkan data yang ada pada table di atas, motor induksi 3 fasa yang digunakan untuk Analisa tugas akhir ini adalah pada grup 2 yaitu motor induksi berada di range 15 Kw – 300 kW.

ZONA A	Mesin dalam kondisi sangat baik, tidak memerlukan perbaikan.
ZONA B	Mesin dalam kondisi dapat diterima, tetapi memerlukan pemantauan lebih lanjut.
ZONA C	Mesin dalam kondisi kritis dan perlu dilakukan perbaikan.
ZONA D	Mesin harus dihentikan segera karena getaran sangat tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan.

Tabel 3. 2 Zona ISO 10816-3

3.6. Dasar pengukuran vibrasi

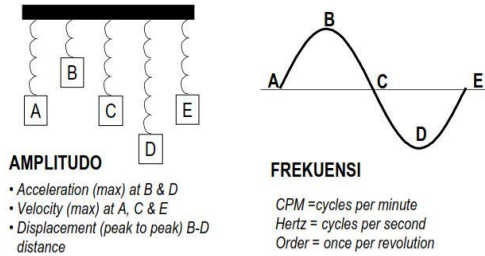
Secara umum pengukuran dilakukan hanya 2 tahap saja yaitu vibrasi overall dan spektrum vibrasi. Namun Ketika menganalisa suatu kerusakan pada motor induksi, di perlukan juga pengukuran suhu.

3.6.1. vibrasi overall

Pengukuran vibrasi overall atau kecepatan getaran (*velocity*) dengan satuan mm/s atau inch/s RMS (*root-mean-square*) digunakan untuk mengevaluasi kondisi umum mesin yang sedang beroperasi. Berdasarkan standar ISO 10816-3, nilai vibrasi yang berada di bawah 2 mm/s menandakan bahwa kondisi mesin masih baik dan aman untuk beroperasi. Apabila getaran berada di rentang 3-4 mm/s, mesin masih dapat dioperasikan, namun hanya dalam batas waktu terbatas karena getaran sudah mulai mendekati tingkat yang mengkhawatirkan. Jika nilai vibrasi melebihi 5 mm/s, ini mengindikasikan bahwa mesin berada dalam kondisi berbahaya dan berisiko mengalami kerusakan.

3.6.2. Spektrum Vibrasi

Pengukuran spektrum vibrasi dilakukan dalam satuan amplitudo (mm/s atau inch/s) dan frekuensi (Hz atau cpm – cycles per minute). Spektrum vibrasi digunakan untuk menemukan sumber penyebab utama getaran yang tinggi pada motor. Pengukuran spektrum ini biasanya dilakukan setelah nilai vibrasi overall menunjukkan hasil yang tinggi. Hasil pengukuran berupa grafik, dengan sumbu Y yang menunjukkan amplitudo getaran, sementara sumbu X menunjukkan frekuensi getarannya.



Gambar 3. 7 Amplitudo & frekuensi

Dengan menganalisis frekuensi dan amplitudo ini, dapat dikenali jenis kerusakan spesifik pada mesin, seperti ketidakseimbangan *unbalance*, *Misalignment*, shaft bending, kerusakan *bearing*, dan *mechanical looseness*.

3.6.3 Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu penting untuk meminimalkan risiko overheating pada motor. Suhu yang terlalu tinggi biasanya disebabkan oleh pelumasan yang tidak optimal, yang dapat menyebabkan kerusakan pada *bearing*. Kerusakan ini dapat diidentifikasi dari tipikal kegagalan *bearing* seperti: kerusakan lintasan luar *Ball Pass Frequency Outer*, kerusakan lintasan dalam *Ball Pass Frequency Inner*, kerusakan elemen bergulir *Ball Spin Frequency*, dan kerusakan sangkar *Fundamental Train Frequency* [16].

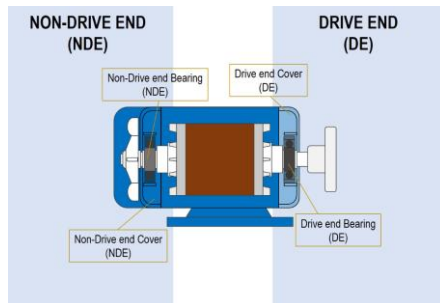
3.7. metode pengukuran

Pada metode pengukuran atau pengambilan data analisis yang akan di teliti lebih mendalam, digunakan metode *predictive maintenance* yang dimana pada tahapan ini dilakukan pengukuran berdasarkan teori yang sudah dijelaskan pada sub bab di atas yaitu menggunakan vibrasi *overall* sebagai acuan analisis. Dengan cara tersebut kita dapat menemukan Solusi bagaimana *predictive maintenance* dapat diterapkan.

Data yang di ambil dengan cara pengukuran di bagian NDE & DE pada motor induksi, pada posisi tersebut dilakukan 3 pengukuran sumbu seperti horizontal, vertikal, dan aksial. Dalam pengukuran tersbut digunakan alat *vibration meter* untuk menemukan nilai velocity dengan satuan *mm/s*.



Gambar 3. 8 sumbu pengukuran

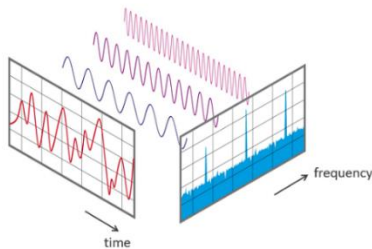


Gambar 3. 9 posisi pengukuran

pengambilan data dilakukan selama 1 minggu sebanyak 3 kali pengukuran di 1 hari nya, fungsi dari Tindakan tersebut merupakan penerapan *condition monitoring* untuk mengetahui sebuah nilai data dari waveform dan spectrum vibrasi. agar data dapat di diagnosis menggunakan metode FFT yaitu sebagai penentuan sumber masalah yang akan menggambarkan bentuk suatu grafik dengan sumbu x adalah frekuensi dan sumbu y adalah data dari hasil pengukuran yaitu dengan satuan mm/s.

3.8 Diagnosis Data

Pada sub bab kali ini menjelaskan mengenai bagaimana hasil dari pengukuran dapat di diagnosis menjadi suatu data yang dapat dilampirkan agar penyelesaian masalah dalam penelitian bisa diterapkan. Untuk melakukan penyelesaian tersebut diperlukan Tindakan diagonis suatu data dengan cara mengubah hasil pengukuran dari bentuk *time domain* menjadi bentuk data pecahan yaitu berupa data (FFT) [17].



Gambar 3. 10 FFT (fast fourier transform)

3.8.1 fast fourier transform

FFT adalah seuatua cara perhitungan operasi matematika yang dipakai guna merubah sebuah sinyal berbentuk analog menjadi bentuk sinyal digital berbasis frekuensi. FFT memisahkan bentuk sinyal menjadi frekuensi yang berbeda-beda untuk kegunaan eksponensial yang begitu kompleks. FFT (*fast fourier transform*). Menghitung perpindahan fourier diskrit dengan sangat efisien dan cepat. Karena dalam system komunikasi sinyal bersifat kontinu. Maka dari itu hasil mampu di pakai untuk transformasi *fourier*. *fourier transform* dapat didefinisikan seperti persamaan [17].

$$F \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} [X] \times e^{-j2\pi(n-1)k}$$

Diketahui :

- F : Hasil transformasi Fourier pada indeks k , yaitu nilai spektrum frekuensi pada titik k

- N : Jumlah total sampel data dalam sinyal diskret $X[n]$
- $X[n]$: Sinyal input dalam domain waktu yang berupa data diskret.
- $-j2\pi(n-1)k$: faktor eksponensial kompleks yang digunakan untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Eksponensial kompleks ini merepresentasikan osilasi sinusoidal pada berbagai frekuensi.
- $\sum_{n=0}^{N-1}$: operasi penjumlahan dari $[n] = 0$ hingga $[n] = N - 1$ yang melibatkan seluruh sampel data di dalam sinyal.

Diatas merupakan makna rumus dari FFT sebagai metode analisis sebuah kerusakan pada motor, namun dalam penelitian ini sudah menggunakan software excel yang dimana hasil pengukuran hanya di input dan di proses dalam aplikasi tersebut.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil Penelitian

4.1.1 Skema pengukuran

Pada penelitian ini, Agar predictive maintenance dapat diterapkan diperlukan pengukuran menggunakan Fluke 805 *Vibration meter* untuk memantau tingkat getaran pada motor induksi 3 fasa yang digunakan untuk menggerakkan pompa sentrifugal di PT. Synergy Oil Nusantara.

Pengukuran getaran dilakukan pada dua posisi utama motor, yaitu di sisi Non-Drive End (NDE) dan Drive End (DE), serta pada tiga sumbu pengukuran vertikal, horizontal, dan aksial. Pengukuran dilakukan selama 3 hari berturut turut. Selama pengukuran vibrasi dilakukan peletakan vibration mater pada posisi tertentu selama 1 menit. Pengukuran ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran menyeluruh tentang kondisi motor dan mengidentifikasi potensi kerusakan mekanis.



Gambar 4. 1 posisi pengukuran NDE dilapangan

Langkah-langkah pengambilan data :

1. Menyiapkan alat ukur vibrasi yaitu flux 805
2. Memakai APD mengikuti standar Perusahaan
3. Memastikan kondisi area pengukuran vibrasi bersih
4. Menyudutkan alat vibration meter sesuai ketentuan seperti posisi vertikal, aksial, dan horizontal
5. Mengambil data pengukuran dalam bentuk spektrum atau *waveform*
6. Hasil pengukuran disimpan pada memori alat ukur
7. Memasukan data ke software *Excel* untuk dilakukan analisis.

4.1.2 Data hasil pengukuran

PENGUKURAN VELOCITY NDE (mm/s) MOTOR 37 KW									
RPM	08/01/2025			09/01/2025			10/01/2025		
HORIZONTAL									
2200	1,02	1,51	1,19	1,16	1,61	1,19	1,66	1,52	1,19
2950	2,67	2,9	2,6	2,11	2,82	2,92	2,26	2,88	2,97
VERTIKAL									
2200	0,47	0,41	0,44	0,49	0,39	0,47	0,44	0,37	0,4
2950	0,89	0,86	0,92	0,81	0,84	1,35	0,88	0,86	0,84
AKSIAL									
2200	1,33	1,24	1,37	1,26	1,33	1,31	1,22	1,37	1,31
2950	1,78	1,98	1,84	1,88	1,77	1,87	1,89	1,74	1,86
PENGUKURAN VELOCITY DE (mm/s) MOTOR 37 KW									
RPM	08/01/2025			09/01/2025			10/01/2025		
HORIZONTAL									
2200	0,97	0,88	0,97	0,99	1,14	1,02	1,33	1,07	0,98
2950	1,24	1,33	1,88	1,14	1,41	1,22	1,47	1,4	2,41
VERTIKAL									
2200	0,54	0,97	0,78	0,97	0,67	0,44	0,57	0,31	0,97
2950	0,94	1,33	1,01	1,21	1,37	1,41	1,24	1,01	1,33
AKSIAL									
2200	0,47	0,55	0,69	0,97	0,64	0,78	0,23	0,44	0,79
2950	1,22	0,97	1,28	1,23	1,11	1,19	1,38	1,11	1,32
ZONA A	kondisi mesin aman tidak perlu perbaikan								
ZONA B	kondisi mesin bisa diteroima tetetapi di perlukan pemantauan								
ZONA C	kondisi mesin kritis di perlukan perawatan								
ZONA D	mesin harus dihentikan								

Gambar 4. 2 Data hasil pengukuran

Hasil pengukuran selama 3 hari berturut-turut, yaitu pada tanggal 08 Januari 2025 – 10 Januari 2025, menunjukkan pengambilan data dilakukan pada dua kecepatan putaran motor, yaitu 2200 RPM (kecepatan menengah) dan 2950 RPM (kecepatan maksimum). Berdasarkan data pada tabel, sebagian besar nilai kecepatan getaran (velocity) atau amplitudo berada pada zona A (baik) atau zona B (bisa diterima) sesuai dengan standar ISO 10816-3 terutama pada posisi DE. Dengan adanya standarisasi tersebut getaran dapat dibatasi pada angka 2.3 mm/s.

Namun, pada area pengukuran NDE horizontal ditemukan adanya indikasi kecepatan getaran yang berada pada zona C (warna oranye). Zona ini menandakan bahwa kondisi motor mulai mendekati batas kritis dan memerlukan tindakan perawatan preventif untuk menghindari potensi kerusakan lebih lanjut.

Berikut adalah nilai rata rata seluruh hasil pengukuran :

NDE H		NDE V		NDE A		DE H		DE V		DE A	
1,02	2,67	0,47	0,89	1,33	1,78	0,97	1,24	0,54	0,94	0,47	1,22
1,51	2,9	0,41	0,86	1,24	1,98	0,88	1,33	0,97	1,33	0,55	0,97
1,19	2,6	0,44	0,92	1,37	1,84	0,97	1,88	0,78	1,01	0,69	1,28
1,16	2,11	0,49	0,81	1,26	1,88	0,99	1,14	0,97	1,21	0,97	1,23
1,61	2,82	0,39	0,84	1,33	1,77	1,14	1,41	0,67	1,37	0,64	1,11
1,19	2,92	0,47	1,35	1,31	1,87	1,02	1,22	0,44	1,41	0,78	1,19
1,66	2,26	0,44	0,88	1,22	1,89	1,33	1,47	0,57	1,24	0,23	1,38
1,52	2,88	0,37	0,86	1,37	1,74	1,07	1,4	0,31	1,01	0,44	1,11
1,19	2,97	0,4	0,84	1,31	1,86	0,98	2,41	0,97	1,33	0,79	1,32
1,338889	2,681111	0,431111	0,916667	1,304444	1,845556	1,038889	1,5	0,691111	1,205556	0,617778	1,201111

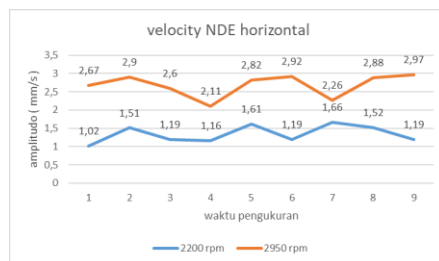
Gambar 4. 3 nilai rata-rata pengyukuran vibrasi

Dari tabel diatas telah ditemukan nilai dari semua rata-rata dari hasil pengukuran Bahwa posisi NDE horizontal memiliki nilai sebesar 2.68 mm/s maka dinyatakan angka tersebut telah melampaui batasan standar iso 10816-3 yaitu yang batas aman nya hanya 2.3 mm/s.

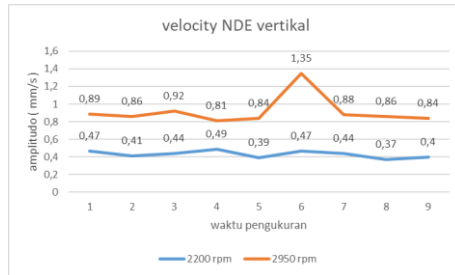
4.1.3 Grafik pengukuran

Sebagai data penguat dalam Analisa kali ini di tampilkan hasil grafik pengukuran dalam jangka waktu 3 hari . Adanya grafik ini agar bertujuan untuk menentukan nilai mana yang wajib dilakukan diagnosis agar permasalahan vibrasi dapat ditemukan. Dengan adanya standarisasi ISO 10816-3 dapat sangat membantu utuk memperluas Analisa kali ini, standar tersebut berfungsi untuk batasan level velocity yang telah di ukur, jika nilai tersebut melebihi batasan maka di perlukan Tindakan diagnosis FFT sebagai penentuan sumber masalah yang sedang terjadi.

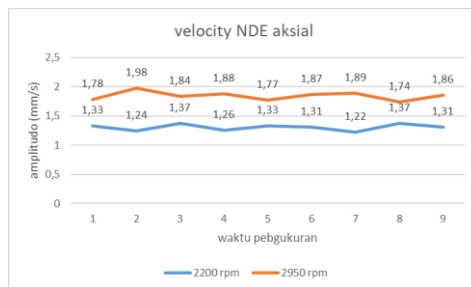
Berikut adalah grafik dari pengukuran motor 3 fasa 37 kw pada proses refinery



Gambar 4. 4 velocity NDE horizontal



Gambar 4. 5 velocity NDE vertikal



Gambar 4. 6 velocity NDE aksial

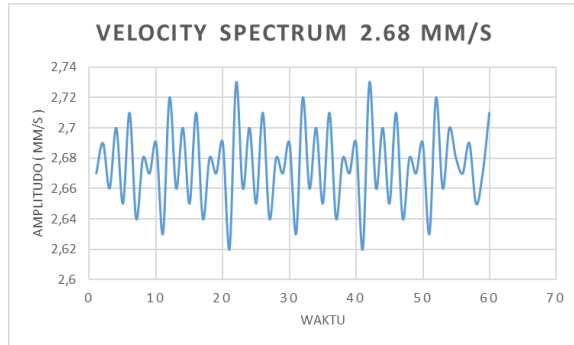
dapat dianalisis dari grafik pengukuran pada posisi NDE terdapat kenaikan yang cukup signifikan yaitu pada sumbu horizontal yang dimana memiliki nilai hasil pengukuran sebesar 2.2 mm/s – 2.97 mm/s di kecepatan 2950 rpm untuk mengetahui data mana yang harus dilakukan diagnosis FFT (fast fourier transform) diperlukan nilai rata-rata dari semua hasil pengukuran. Data yang akan diolah adalah data yang velocity nya paling tinggi.

4.2. Pembahasan

Setelah mengetahui perbandingan antara setiap pengukuran vibrasi pada motor 3 fasa dengan kapasitas 37 kW pada proses refinery di PT. Synergy oil Nusantara. Data yang diperoleh dapat di diagnosis menggunakan metode FFT (*fast Fourier Transform*). Analisis melalui Diagram FFT dilakukan pada titik pengukuran yang sudah mencapai titik alarm, yaitu di NDE motor, Order 1x RPM ditentukan dengan mengonversi RPM Pompa menjadi frekuensi karena grafik yang digunakan berbentuk grafik frekuensi. Dengan RPM motor sebesar 2950

dan frekuensi motor 50 Hz, maka frekuensi 1x RPM adalah 59 Hz. data yang di olah merupakan hasil dari posisi NDE horizontal pada kecepatan tertinggi yang memiliki nilai velocity 2.68 mm/s.

Berikut adalah gelombang time domain dari posisi NDE horizontal :



Gambar 4. 7 velocity spectrum

Data di atas merupakan gambar yang direpresentasikan dalam time domain. Time domain menunjukkan perubahan amplitudo getaran terhadap waktu. Sumbu X mewakili waktu (dalam satuan detik), sedangkan sumbu Y mewakili amplitudo RMS dari getaran motor dalam mm/s. Dalam analisis time domain, pola gelombang memberikan gambaran awal terkait fluktuasi amplitudo getaran dan kestabilan sistem selama periode pengukuran.

Dari amplitudo diatas mengindikasikan sebuah pergerakan yang cukup signifikan menggambarkan sebuah pola getaran yang tidak stabil, maka hal ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan, misalignment, ataupun kerusakan pada komponen motor.

Data time domain dari posisi NDE horizontal memberikan gambaran tentang kondisi dinamis motor.

Pengukuran ini menunjukkan:

- Nilai amplitudo getaran 2,68 mm/s.
- Gelombang yang tidak stabil dan fluktuasi.

Langkah selanjutnya untuk mengetahui sumber masalah yang pasti di perlukan diagnognosis data menggunakan metode FFT yang dimana hasil amplitude yang dikeluarkan diubah menjadi dalam bentuk frekuensi.

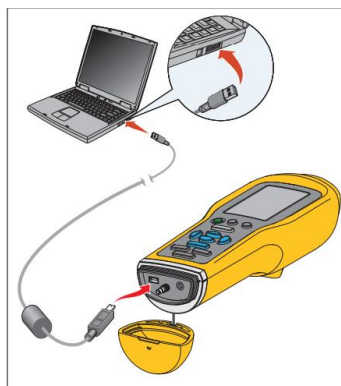
Proses diagnosis data

Langkah awal memindahkan data pengukuran dari alat Vibration meter ke excel, data yang dipindahkan adalah data tertinggi yang melewati batas aman vibrasi yang mengikuti standarisasi ISO 10816-3, Telah di ketahui nilai tertinggi berada di posisi NDE sebesar 2.68 mm/s.

2,680	2,710	2,630	2,710	2,154	2,521	2,478	2,436	2,394
2,690	2,640	2,720	2,640	2,154	2,518	2,476	2,433	2,391
2,660	2,680	2,680	2,680	2,154	2,515	2,473	2,430	2,388
2,700	2,670	2,700	2,670	2,154	2,512	2,470	2,428	2,385
2,650	2,690	2,650	2,690	2,552	2,509	2,467	2,425	2,383
2,710	2,620	2,710	2,630	2,549	2,507	2,464	2,422	2,380
2,640	2,730	2,640	2,720	2,546	2,504	2,462	2,419	2,377
2,680	2,660	2,680	2,660	2,543	2,501	2,459	2,416	2,374
2,670	2,700	2,670	2,700	2,540	2,498	2,456	2,414	
2,690	2,650	2,690	2,680	2,538	2,495	2,453	2,411	
2,630	2,710	2,620	2,670	2,535	2,493	2,450	2,408	
2,720	2,640	2,730	2,690	2,532	2,490	2,447	2,405	
2,660	2,680	2,660	2,650	2,529	2,487	2,445	2,402	
2,700	2,670	2,700	2,670	2,526	2,484	2,442	2,399	
2,650	2,690	2,650	2,710	2,681	2,481	2,439	2,397	

Gambar 4. 8 Main_DB_2,68 file

Diatas merupakan data yang telah di export dari *Flux Vibration meter*, dengan cara mentransfer melalui data *xlsm* sesuai dengan format alat ukur itu sendiri.



Gambar 4. 9 Transfer data

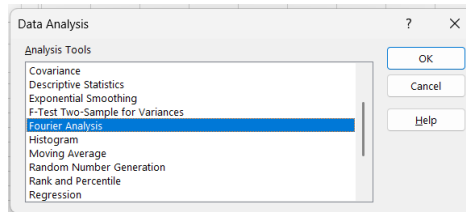
Langkah untuk melakukan pemindahan data :

1. Pastikan kondisi baterai alat ukur dalam kondisi penuh
2. Sambungkan usb type C ke alat ukur lalu hubungkan pada laptop/computer
3. Setelah dihubungkan file dapat dipindahkan dalam bentuk MAIN_DB.2.68.xlms
4. Buka file tersebut maka akan dialihkan ke *software Excel*

Setelah melakukan Langkah-langkah di atas maka kita dapat melakukan analisis menggunakan tools Data analyst pada excel.

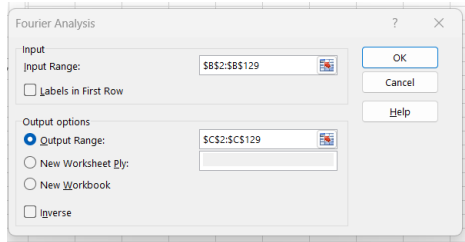
Berikut adalah cara penerapannya :

1. Buat label keterangan terlebih dahulu untuk memudahkan diagnosis yaitu pada kolom A1 velocity, B1 sinusoidal, C1 FFT, D1 point number, E1 Frekuensi, F1 amplitude.
2. hitung nilai hasil dari file MAIN_DB.2.68.xlms yang sudah dilekatan pada kolom A2 dengan rumus ' $=2*\text{SIN}(\text{PI}()*\text{A2})$ ' digunakan untuk menghitung nilai sinusoidal.
3. Lakukan ke semua nilai yang ada sampai akhir dengan cara drag hasil perhitungan ke bawah hingga nilai terakhir.
4. Setelah nilai sinusoidal dibuat klik data file > options > add ins > pilih Analysis ToolPak lalu GO > setelah itu checklist Analysis ToolPak > OK
5. Setelah tools excel di aktifkan maka beralih ke bar menu bagian > data > data analyst (pojok kanan) pilih > fourier analysist



Gambar 4. 10 fft tools Excel

6. Lalu masukan nilai sinusoidal yang terletak di kolom b2-b129 ke input range, serta buat output range di sebelah kolom yaitu di mulai dari C2-C129 lalu klik OK .



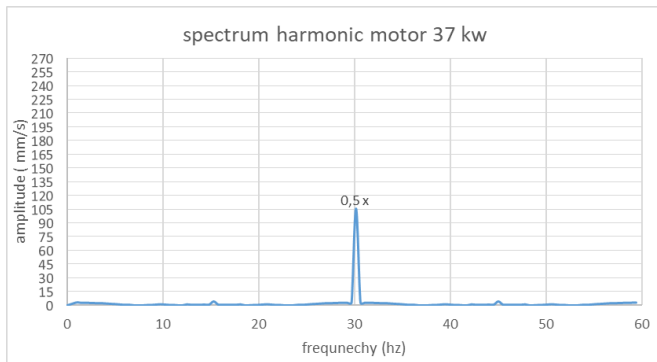
Gambar 4. 11 input data FFT

7. Setelah itu maka akan muncul hasil FFT pada kolom C, namun jika hanya dalam bentuk nilai acak maka grafik dari frekuensi tidak dapat dibuat maka dari diperlukan pembuatan Point Number di kolom D yaitu berupa angka urutan dari keseluruhan hasil FFT dikarenakan nilai FFT itu berada di C2 – C129 maka pada kolom D membuat angka 1-128.
8. Lalu untuk menemukan frekuensi dari analisa kali ini diperlukan pembagian dari point number dengan velocity.
9. Setelah itu untuk menemukan nilai amplitude agar grafik harmonic bisa di buat, klik pda kolom F2 lalu ketik > IMABS > masukan kolom C2 (nilai FFT) lalu enter, setelah itu drag sampai F 129.
10. Terakhir jika langkah-langkah di atas telah diterapkan maka perhitungan akan tersusun seperti ini :
- 11.

	A	B	C	D	E	F
	velocity	sinusoidal	FFT (FAST FOURIER TRANSFORM)	POINT NUMBER	Frequency	amplitude
1	2,680	1,688655851	105,499394691839	1	0,4642526	105,4993947
2	2,690	1,654161149	-3,00741927504028-0,813251236414902i	2	0,9285051	3,115437091
3	2,660	1,75261336	-2,64024314021562-1,51564669651856i	3	1,3927577	3,0443503
4	2,700	1,618033989	-2,15971194705566-2,03319856847463i	4	1,8570102	2,966184774
5	2,650	1,782013048	-1,49035046212222-2,35735671973377i	5	2,3212628	2,788955934
6	2,710	1,580310025	-0,923162138669481-2,47432913515268i	6	2,7855153	2,640934116
7	2,640	1,809654105	-0,749015517706505-2,33823504916448i	7	3,2497679	2,455273384
8	2,680	1,688655851	0,873097023955394-2,2897094081457i	8	3,7140204	2,450523941
9	2,670	1,721484054	1,03013262592332-1,84309649462512i	9	4,178273	2,111439773
10	2,690	1,654161149	1,16913285994293-1,34101899591832i	10	4,6425255	1,779101906
11	2,630	1,835509251	1,27979133132561-0,792380683421696i	11	5,1067781	1,505235197
12	2,720	1,541026486	1,03489670159708-0,398428015194171i	12	5,5710306	1,108943671
13	2,660	1,75261336	0,709781856775984-0,140910004547502i	13	6,0352832	0,723633826
14	2,700	1,618033989	0,789299148920558+9,38147256100915E-002i	14	6,4995357	0,794854923
15	2,650	1,782013048	0,254698082573409+4,88817780919638E-002i	15	6,9637883	0,259346374
16	2,710	1,580310025	-1,47264918510303E-002-2,63120480830367E-002i	16	7,4280409	0,030152835
17	2,640	1,809654105	-0,128073515553201-5,75602623301776E-002i	17	7,8922934	0,140413707
18	2,680	1,688655851	-0,262389536356157-0,41188541313003i	18	8,356546	0,488362429
19	2,670	1,721484054	-0,104151996328515-0,574064802280231i	19	8,8207985	0,583436402
20	2,690	1,654161149	0,837061453075731+0,545041177375214i	20	9,2850511	0,998870242
21	2,620	1,859552972	0,174997862798033-1,34520143283319i	21	9,7493036	1,356536452

Gambar 4. 12 proses diagnosis

12. Setelah diagnosis diterapkan maka pada kolom frekuensi & amplitude di buat dalam bentuk grafik dengan cara klik Insert > chart > scatter, maka akan mensajikan grafik specrum harmonic seperti ini.



Gambar 4. 13 spectrum harmonic

jika grafik harmonic telah ditampilkan pada gambar diatas maka dapat dipastikan diagnosis data dalam meneliti sebuah vibrasi itu berhasil, untuk mengindenitifikasi kerusakan dari grafik tersebut cara nya adalah harus mengetahui di frekuensi keberapa terjadi sebuah kenaikan, penjelasan dari grafik diatas adalah pada grafik tersebut menunjukan pada sumbu X adalah frekuensi dengan satuan (Hz) sedangkan pada sumbu Y adalah amplitude atau velocity yang sudah di diagnosis menggunakan metode FFT (*fast fourier transform*) yang artinya pada sebelumnya velocity pengukuran 2.68 mm/s lalu di konversasikan menjadi FFT dengan hasil 105,49 mm/s yang sebenarnya hanya 1.5 mm/s. namun acuan amplitude nya bukan pada amplitude yang di dihasilkan oleh FFT, tetapi velocity yang dipakai tetap pada velocity pengukuran.

Dengan metode tersebut dapat menghasilkan sebuah pergerakan harmonic atau pola sinusoidal yaitu frekuensi tunggal yang terbentuk oleh getaran. Umum nya getaran tersebut sering terjadi pada banyak equidment industri terutama motor induksi dan harmonic tersebut dapat mengindikasi sebuah kerusakan yang sedang terjadi.

Sebelum menentukan sebuah permasalahan pada motor, harus di ketahui terlebih dahulu 1X gelombang harmonic nya, untuk mengetahui nilai tersebut dengan cara membagi kecepatan dengan frekuensi sesuai dengan spesifikasi yang ada. Maka diketahui kecepatan total motor adalah 2950 rpm dan frekuensi motor adalah 50 hz sehingga dapat dipastikan 1X harmonic nya sama dengan 59 hz.

Namun pada hasil diatas mengindikasikan terjadi suatu pergerakan yang sedikit fluktuatif pada frekuensi 30 hz dan meng informasikan pergerakan dengan nilai 0.5 X yang artinya sesuai pada teori yang dijelaskan pada bab 2 yaitu mesin

dalam keadaan status high monitoring, sehingga diperlukan tindakan maintenance. Indikasi keberadaan 0,5x pada frekuensi 30 Hz menunjukkan adanya kerusakan yang mengarah pada *Mechanical Looseness* Tipe C, yaitu disebabkan oleh ketidaksesuaian antar komponen motor dan shaft kopling pompa.

Setelah dipastikan bahwa unit Motor induksi 3 fasa 37 kW berada dalam status alarm, diperlukan langkah segera untuk melakukan perawatan atau perbaikan guna memastikan peralatan tetap tersedia. Tindakan yang dapat dilakukan mencakup:

- Meningkatkan frekuensi pemantauan pada mesin yang telah masuk kategori alarm. Meskipun mesin masih dapat dioperasikan dengan aman, durasi penggunaan yang terbatas harus diperhatikan sebagai alasan untuk meningkatkan frekuensi monitoring.
- Melacak histori perawatan pompa untuk mengevaluasi masalah yang pernah terjadi.
- Melakukan inspeksi langsung pada komponen yang berpotensi menjadi sumber vibrasi, seperti bearing dan coupling.
- Melakukan Tindakan misalignment atau mensejajarkan posisi motor.

Pelaksanaan predictive maintenance memiliki peran penting untuk menjaga keandalan peralatan dan mencegah kerusakan yang dapat menimbulkan kerugian baik dari segi waktu maupun biaya operasional.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan data dan analisis maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. pengukuran vibrasi pada motor induksi tiga fasa berkapasitas 37 kW di PT. Synergy Oil Nusantara menunjukkan bahwa motor berada di area tidak aman. Hal ini disebabkan nilai RMS vibrasi sebesar 2,68 mm/s, yang melebihi batas aman berdasarkan standar ISO 10816-3 (2,3 mm/s) untuk motor tipe rigid pada group 2. Hasil pengukuran ini mengindikasikan perlunya tindakan predictive maintenance. Diagnosis dilakukan menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT), yang menghasilkan amplitudo 1,5 mm/s. Analisis FFT menunjukkan keberadaan spektrum harmonik pada 0,5X frekuensi fundamental (30 Hz), yang mengindikasikan bahwa motor mengalami kerusakan mechanical looseness tipe C. Penyebab utama getaran pada motor pompa adalah

ketidaktepatan penyalarsan (misalignment) antara poros motor dan kopling pompa.

2. Sebagai langkah penanggulangan, dilakukan penyalarsan ulang (realignment) poros motor dan kopling pompa untuk mengurangi vibrasi. Metode pengukuran vibrasi dengan alat Fluke 805 Vibration Meter terbukti efektif dalam mendeteksi masalah pada motor induksi, dengan memberikan data yang akurat sesuai standar ISO 10816-3 dan memungkinkan analisis lebih lanjut melalui FFT.

5.2. Saran

1. Tindakan monitoring vibrasi secara berkala untuk mengurangi Tingkat resiko kerusakan terhadap motor induksi 3 fasa yang beroperasi di area refinery hingga dapat menghindari biaya kerusakan yang cukup mahal dan memakan waktu yang cukup lama.
2. Meliki alat ukur yang jauh lebih expert agar proses diagnosis dapat dilakukan dengan mudah.
3. Menyusun jadwal pengukuran vibrasi yang terorganisir dan membuat laporan bulanan secara terstruktur agar aktivitas monitoring dapat dikelola dengan lebih rapi dan efisien.
4. Melakukan inspeksi tambahan pada komponen vital seperti bearing, coupling, dan rotor motor, yang berpotensi menjadi sumber vibrasi untuk memastikan kondisi operasional tetap optimal.

Daftar Pustaka

- [1] G. Rangatama, "Analisis Perancangan Pompa Sentrifugal pada Perancangan Shower Tester Booth di PT X," *J. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, p. 88, Oct. 2020, doi: 10.22441/jtm.v9i2.4921.
- [2] Muhammad Iqbal Naufal and Irwanto Irwanto, "Motor Listrik 3 Fasa Sebagai Sistem Penggerak Motor Roll Pada Mesin Case Sealer di Pt. Matahari Megah," *J. Sains Dan Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 32–45, Jun. 2023, doi: 10.58169/saintek.v2i1.132.
- [3] M. Huda, D. Irawan, and R. A. Fahlevi, "PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN MENGGUNAKAN INVERTER ACS-580," *JUSTI J. Sist. Dan Tek. Ind.*, vol. 4, no. 3, p. 371, May 2024, doi: 10.30587/justicb.v4i3.7773.
- [4] A. B. Priahutama, T. Sukmadi, and I. Setiawan, "Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi 3 Fasa dengan Atmega 8535," 2010.
- [5] W. Wasiran, W. D. Yudisworo, and E. Prihastuty, "Performance Testing of Centrifugal Pump Type with 3 Hp Power," *Mestro J. Tek. Mesin Dan Elektro*, vol. 4, no. 02, pp. 21–30, Dec. 2022, doi: 10.47685/mestro.v5i02.365.
- [6] R. H. Muhammad Rziq Mustofa, "Analisa Proses Repair dan Pengukuran Vibrasi Motor Listrik Compressor 250 Kw di PT. XYZ," Jul. 2022, doi: 10.5281/ZENODO.6943873.
- [7] James Taylor, "The Vibration Analysis Handbook."
- [8] H. P. Setyawan and D. Suryadi, "Analisis Karakteristik Vibrasi pada Paper Dryer Machine untuk Deteksi Dini Kerusakan Spherical Roller Bearing," *ROTASI*, vol. 20, no. 2, p. 110, Jul. 2018, doi: 10.14710/rotasi.20.2.110-117.
- [9] Azhari Akbar and D. Karmiadji, "Analisis Getaran Pengaruh Variabel Misalignment," *Teknobiz J. Ilm. Program Studi Magister Tek. Mesin*, vol. 11, no. 3, pp. 141–150, Nov. 2021, doi: 10.35814/teknobiz.v11i3.2901.
- [10] S. Junior S. and A. Saleh, "ANALISIS PENGARUH MISALIGNMENT PADA KINERJA MOTOR INDUKSI," *Maj. Ilm. Gema Marit.*, vol. 24, no. 1, pp. 18–25, Mar. 2022, doi: 10.37612/gema-maritim.v24i1.274.
- [11] M. P. Darmawan and N. S. Soedjarwanto, "ANALISIS IDENTIFIKASI KECACATAN BEARING MOTOR INDUKSI BERDASARKAN ARUS STATOR DAN TORSI PADA RPM BERBASIS FAST FOURIER TRANSFORM," *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3, Aug. 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3071.
- [12] R. Rosyadi, A. Widodo, and I. Haryanto, "DIAGNOSA KERUSAKAN MOTOR INDUKSI DENGAN SINYAL GETARAN," vol. 2, no. 4, 2014.
- [13] N. Carnegie and D. Suryadi, "ANALISA LEVEL GETARAN COOLING WATER PUMP 1 JENIS SENTRIFUGAL," 2020.
- [14] B. Sajiwo, T. Prahasto, and A. Widodo, "PREDIKSI REMAINING USEFUL LIFE (RUL) PADA JET ENGINE SEBAGAI UPAYA PREDICTIVE MAINTENANCE

BERBASIS MACHINE LEARNING," *J. Tek. MESIN*, vol. 11, no. 4, Art. no. 4, Oct. 2023.

- [15] sufiyanto Dimas Bagus Setyawan, "METODE VIBRATION ANALYSIS DALAM APLIKASI PERAWATAN MESIN".
- [16] W. S. A. Ws, "ANALISIS PREDICTIVE MAINTENANCE PADA MOTOR HIGH PRESSURE OIL PUMP (HP OIL PUMP) DENGAN MONITORING VIBRASI DI PLTU BARRU," vol. 20, no. 2, 2023.
- [17] D. Romahadi, "Penerapan FFT dan STFT dalam Mendiagnosis Getaran ID Fan Berjenis Sambungan Kopel".

Biodata



Nama : Yolanda Razesta
TTL : Baturaja, 17 Oktober 2002
Agama : Islam
Alamat : Legenda malaka, Baloi permai, Kec.
Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau
Email : yolandarazesta@gmail.com
Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMK N 03 OKU Sumatera
selatan
SMP : Ponpes Luqmanul Hakim
OKU Sumatera selatan

**FORMULIR LOOGBOOK BIMBINGAN DAN PENGAJUAN
SEMINAR PROPOSAL/SIDANG TUGAS AKHIR***

Nama : Yolanda Razesta
NIM : 4232101058
Pembimbing I : Irwanto Zarma Putra, S.Pd., M.Eng.
Pembimbing II* :
Judul : PENERAPAN PREDICTIVE MAINTENANCE PADA MOTOR POMPA
SENTRIFUGAL DENGAN MONITORING VIBRASI DI PT. SYNERGY OIL
NUSANTARA.

No	Hari/Tgl	Rincian Kegiatan	TTD Pembimbing I & II	
1	03/sep/2024	Bimbingan pertama untuk pengajuan judul		
2	16/sep/2024	Review judul yang di ambil		
3	07/okt/2024	Review kebutuhan untuk seminar proposal		
4	18/okt/2024	Revisi dan minta tanda tangan untuk seminar proposal		
5	04/nov/2024	Bimbingan lanjutan		
6	12/nov/2024	Review lanjutan bab 3 dan bab 4		
7	22/nov/2024	Bimbingan lanjutan		
8	29/nov/2024	Review hasil bab 3 dan bab 4		
9	09/des/2024	Lanjut penyusunan bab 5		
10	02/jan/2025	ACC tugas akhir		

Berdasarkan hasil bimbingan yang telah dilaksanakan selama 4 bulan dan telah disetujui oleh dosen pembimbing, maka dengan ini saya mengajukan diri sebagai peserta Seminar Proposal /Sidang Tugas Akhir*.



Batam, 08/01/2025
Peserta

NIM: 4232101058

**Hapus yang tidak perlu.*

Jumlah bimbingan minimal 10 kali. Dalam satu minggu maksimal bimbingan yang dihitung adalah 2 kali.



TTE oleh:

IRWANTO ZARMA PUTRA

2nd January 2025

Perihal:

**Acc sidang PENERAPAN PREDICTIVE
MAINTENANCE PADA MOTOR POMPA
SENTRIFUGAL DENGAN MONITORING
VIBRASI DI PT. SYNERGY OIL NUSANTARA**

Hashing:

28a8eee918229b7ad2d072618223411e62

6e1200660e207e0e20007e0d2677d