

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Motor induksi 3 Fasa

Jenis motor yang paling umum digunakan di industri adalah motor induksi karena keandalannya, ketangguhannya, dan biaya rendahnya. Motor DC awalnya digunakan, karena menawarkan kontrol kecepatan dan torsi. Namun, karena adanya komutator, motor DC memerlukan pemeliharaan yang konstan. Masalah ini diatasi dengan menggunakan motor induksi yang tidak memiliki komutator. Penghapusan komutator dalam motor induksi lebih murah dan lebih luas dalam penerapannya (Sengamalai et al., 2022).

2.1.1 Pengertian Motor Listrik 3 Fasa

Motor listrik adalah perangkat yang mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik melalui interaksi medan elektromagnetik dan adanya slip antara medan stator. Stator yang merupakan bagian tetap dari mesin terletak di bagian luar terdiri dari inti besi berlapis dengan slot-slot berisi batang alumunium atau tembaga yang saling terhubung di ujungnya. Untuk contoh motor 3 fasa ditunjukkan pada gambar 2.1 (Wilutomo and Yuwono 2020).



Gambar 2. 1 Motor 3 fasa

Sumber. <https://www.teknik-listrik.com>

Jika sumber tegangan tiga fasa dihubungkan ke terminal stator, arus akan mengalir melalui kumparan stator dan menghasilkan fluks. Fluks yang dihasilkan pada stator umumnya konstan (Nugroho, 2021). Kecepatan medan putar stator (N_s), rotor (N_r), dan slip (s) dapat dinyatakan dengan menggunakan rumus berikut:

$$N_s = \frac{120.f}{p} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

N_s = Kecepatan putaran stator (RPM)

f = frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub.

$$N_r = N_s - s \times N_s \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

N_r = Kecepatan putaran rotor

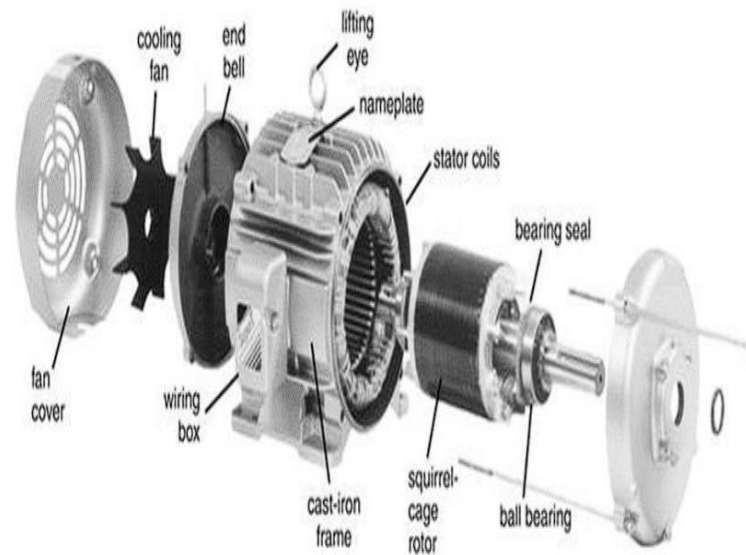
N_s = Kecepatan putaran stator

s = Slip

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.1.2 Konstruksi Motor induksi

Konstruksi motor induksi lebih sederhana seperti pada gambar 2.2 dibandingkan dengan motor DC karena tidak ada bagian stator yang bersentuhan langsung dengan rotor. Oleh karena itu, motor induksi tidak memerlukan komutator dan sikat arang. Hal ini menyebabkan industri-industri mulai beralih dari penggunaan motor DC ke motor induksi. Keunggulan motor induksi meliputi konstruksinya yang sederhana, kuat, harga yang relatif murah, dan perawatan yang mudah. Namun, pengaturan kecepatan dan torsi pada motor induksi tidaklah mudah karena karakteristiknya yang non linear dan adanya parameter yang nilainya tidak pasti, seperti resistansi rotor yang bergantung pada suhu, fluks magnetik, koefisien gesekan, dan beban yang berubah-ubah (Sugeng et al., 2023).



Gambar 2. 2 Konstruksi motor induksi tipe rotor sangkar

Sumber. <https://www.vroque.com>

2.2 Standar Vibrasi

Vibrasi, atau getaran adalah getaran berulang-ulang dengan tempo cepat. Contoh sederhana dari vibrasi adalah pendulum yang berayun dan senar gitar yang dipetik. Dengan demikian, secara linguistik, definisi vibrasi motor adalah gerakan berulang-ulang dengan tempo cepat pada motor. Secara terminologis, vibrasi motor (*motor vibration*) merujuk pada gerakan bolak-balik dari motor secara keseluruhan atau komponen mekanis motor sebagai reaksi terhadap gaya yang mempengaruhinya, baik gaya internal maupun eksternal. Kasus yang paling umum terjadi pada vibrasi motor disebabkan oleh gaya eksitasi yang berasal dari motor itu sendiri (Roza et al., 2020).

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

Gambar 2. 3 Gambar tabel standar vibrasi menurut ISO 10816-1

Sumber. <https://www.cbmconnect.com>

Pada gambar 2.3, standar ini mengklasifikasikan zona getaran ke dalam empat kategori. Zona *good*, yang di tandai dengan warna hijau, menandakan getaran berada dalam batas yang aman dan sesuai dengan ketentuan yang diperbolehkan. Zona *satisfactory*, yang berwarna abu-abu, juga menunjukkan getaran berada dalam batas yang aman dan memungkinkan operasi jangka panjang tanpa batasan. Zona *unsatisfactory*, yang berwarna merah muda menunjukkan bahwa getaran mesin masih berada dalam batas toleransi, namun hanya dapat beroperasi dalam waktu terbatas. Zona *unacceptable*, yang berwarna merah, menandakan bahwa getaran berada pada ambang batas kritis dan berpotensi menyebabkan kerusakan sewaktu-waktu (Azi Satrio, 2024).

Dalam standar ISO 10816, klasifikasi mesin dibagi menjadi empat kategori utama berdasarkan ukuran, daya, dan jenis pondasinya, dimulai dari Class I yang merujuk pada mesin kecil dengan daya di bawah 15 kW, serta Class II untuk mesin menengah berdaya antara 15 kW hingga 75 kW (atau hingga 300 kW pada pondasi khusus). Untuk mesin besar berdaya di atas 75 kW, pengklasifikasiannya ditentukan oleh tingkat kekakuan pondasi pendukungnya; di mana Class III ditujukan bagi mesin yang didudukkan pada pondasi kaku dan solid seperti balok beton pejal (rigid foundation), sementara Class IV diperuntukkan bagi mesin yang dipasang pada pondasi fleksibel seperti struktur rangka baja (soft foundation) yang dapat memengaruhi karakteristik penyaluran getaran. (Bakhri, 2024).

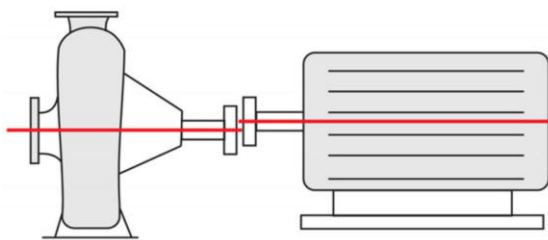
2.3 Misalignment

Misalignment angular terjadi ketika dua poros digabungkan pada kopling dengan cara yang menyebabkan gaya lentur pada kedua poros. Hal ini akan menghasilkan amplitudo tinggi pada frekuensi harmonik 1x dan /atau 2x dalam getaran aksial. *Misalignment parallel* terjadi akibat perpindahan atau *offset* dari garis tengah poros yang sejajar satu sama lain. Amplitudo pada frekuensi harmonik 2x lipat pada getaran radial (Nawir et al., 2022).

Seperti yang di tunjukan pada gambar 2.4 dan 2.5 *misalignment* bisa berpengaruh pada kenaikan daya input yang disebabkan suatu sistem mekanis yang terjadi karena ketidaksejajaran komponen, yang mengakibatkan peningkatan gesekan, ketegangan, atau hambatan dalam operasi normal perangkat tersebut. Hal

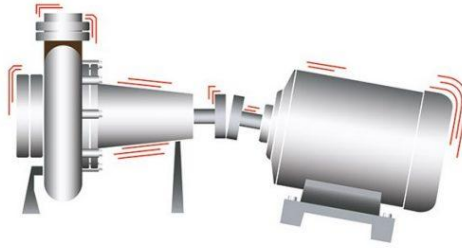
ini sering kali menyebabkan sistem menurun dan mempercepat keausan komponen (Zhao et al., 2024).

Untuk mencegah keausan dini dan pergeseran status mesin ke zona bahaya pada standar ISO 10816, penyetelan kesejajaran poros harus mematuhi standar toleransi geometris yang ketat. Sebagai acuan best practice di industri untuk motor induksi dengan putaran 1500 hingga 3000 RPM, batas toleransi pergeseran sejajar maksimum yang diizinkan adalah 0,05 mm, sedangkan toleransi pergeseran menyudut maksimal adalah 0,04 mm per 100 mm panjang poros. Penyimpangan sekecil apa pun yang melebihi batas toleransi tersebut tidak hanya akan meningkatkan noise, tetapi juga mempercepat degradasi material yang berpotensi menyebabkan kegagalan operasional mesin secara tiba-tiba (Fathur Rahman, 2020).



Gambar 2. 4 *Parrallel misalignment*

Sumber. <https://athome-solutions.com>



Gambar 2. 5 *Angular isalignment*

Sumber. <https://www.sintechpumps.com>

2.4 DF ROBOT Serial Accelerometer



Gambar 2. 6 DF ROBOT Serial 6-Axis Accelerometer

Sumber. <https://www.mouser.com>

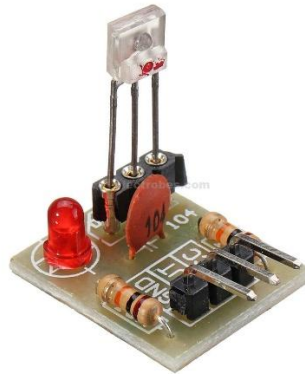
Akselerometer 6-Sumbu Serial DFRobot untuk Arduino mengintegrasikan giroskop presisi tinggi, akselerometer, dan mikroprosesor berkinerja tinggi. Hal ini membantu dalam menjalankan algoritma filter Kalman yang bertujuan untuk secara cepat menentukan *attitude* (orientasi) modul saat ini secara *real-time*. Dengan penggunaan teknologi penyaringan digital canggih, *noise* (derau)

pengukuran dapat dikurangi dan akurasi stabil. Modul akselerometer 6-sumbu serial ini dilengkapi dengan gesture solver (pemecah gestur) bawaan yang dapat menghitung attitude (orientasi) secara akurat di lingkungan yang dinamis dengan mengombinasikan algoritma filter Kalman dinamis. Akurasi pengukuran statisnya mencapai 0,05 derajat (dinamis 0,1) dengan stabilitas yang tinggi. Modul ini memiliki sirkuit penstabil (*stabilizer*) bawaan (DF-robot, 2022).

Spesifikasi teknis dari sensor Akselerometer 6-Sumbu Serial DFRobot adalah sebagai berikut:

- 3.3V to 5V voltage range
- <40mA current
- 51.3mm x 36mm x 10mm
- Measuring dimension:
 - Acceleration: 3D
 - Angular velocity: 3D
 - Attitude angle: 3D
- Range:
 - Acceleration: $\pm 2/4/8/16g$ (optional)
 - Angular velocity: $\pm 250/500/1000/2000^\circ/s$ (Optional)
 - Attitude angle: $\pm 180^\circ$

2.5 Receiver Laser Sensor



Gambar 2. 7 Receiver Laser Sensors

Sumber. <https://electrobes.com/product/laser-receiver-sensor-module/>

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7, sensor ini berfungsi dalam proses laser *alignment*, yaitu metode penyelarasan objek (poros) menggunakan sensor inframerah. Proses ini dilakukan dengan mengukur objek (poros) menggunakan sinar laser inframerah untuk menilai tingkat kesimetrisannya serta memastikan keberlangsungan penyelarasan objek tersebut. Laser *alignment* system merupakan sistem yang dirancang untuk menyelaraskan objek (poros) dengan memanfaatkan sensor inframerah, yang tidak hanya berfungsi dalam pengujian tingkat kesimetrisan, tetapi juga dalam proses koreksi guna mencapai penyelarasan optimal (Junior S. & Saleh, 2022). Berikut spesifikasi *receiver* laser sensor:

- *Dimensions:* Diameter 12MM 58MM line length 1.8 meters long
- *Operating voltage:* DC3-5V receiving end of three-wire two-wire transmitter terminal

- *Load Current:* 200mA
- *Detection distance:* 0-20 meters
- *Working temperature:* -25-60 C
- *Response time:* 2ms
- *Spot diameter:* 1.5MM within
- *Short circuit protection:* yes
- *Reverse polarity protection:* yes
- *Output form:* NPN normally

2.6 Sensor Jarak VL53L0X



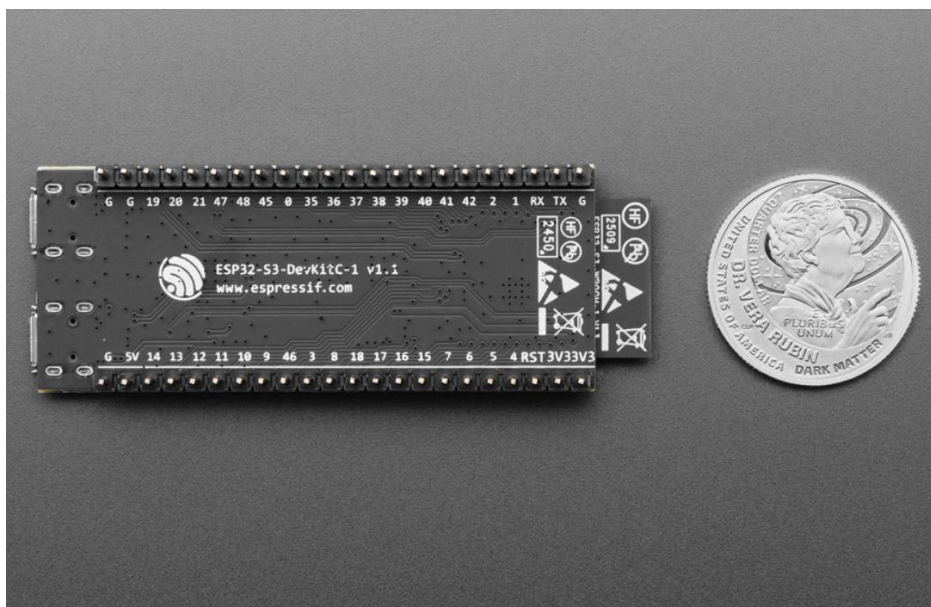
Gambar 2. 8 Sensor VL53L0X

Sumber. <https://id.hwlibre.com>

Seperti pada gambar 2.8, sensor VL53L0X merupakan modul penginderaan jarak berbasis teknologi Time-of-Flight (ToF) yang memanfaatkan

emitor laser VCSEL 940 nm dan array *Single Photon Avalanche Diode* (SPAD) untuk menghitung jarak absolut hingga 2 meter melalui antarmuka komunikasi I2C. Modul ini dirancang dengan efisiensi tinggi, beroperasi pada rentang tegangan 2,6 V hingga 3,5 V dengan konsumsi arus operasional rata-rata sebesar 10 mA (serta arus standby serendah 5 μ A) dan dikemas dalam dimensi fisik ultra-ringkas sebesar 4,4 x 2,4 x 1,0 mm. Keunggulan teknisnya terletak pada kemampuan menghasilkan data spasial yang presisi terlepas dari karakteristik reflektifitas warna objek atau gangguan cahaya ambien, karena sistem ini mengandalkan penghitungan waktu tempuh foton secara langsung pada skala pikodetik, bukan berdasarkan degradasi intensitas cahaya (Anggraini et al., 2023).

2.7 ESP32S3



Gambar 2. 9 ESP32S3

Sumber. www.adafruit.com

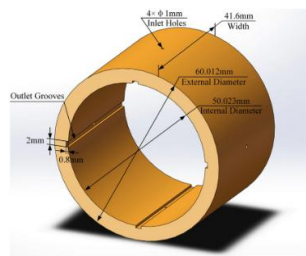
Mikrokontroler ESP32-S3 merupakan perangkat keras yang menawarkan keseimbangan optimal antara performa komputasi, fitur konektivitas, dan efisiensi biaya, sehingga menjadikannya platform yang ideal untuk pengembangan aplikasi sistem tertanam. Secara arsitektural, cip ini ditenagai oleh unit pemrosesan dual-core Xtensa LX7 yang mampu beroperasi pada kecepatan hingga 240MHz. Untuk menunjang kebutuhan operasional dan penyimpanan, ESP32-S3 dibekali dengan konfigurasi memori berupa 512KB SRAM internal dan 4MB Flash, serta dukungan tambahan PSRAM opsional untuk ekstensi memori. Pada sektor komunikasi, mikrokontroler ini sangat mumpuni karena telah mengintegrasikan modul jaringan nirkabel WiFi 4 (802.11 b/g/n) pada frekuensi 2.4 GHz dan Bluetooth 5 secara bawaan. Selain itu, ESP32-S3 menawarkan fleksibilitas integrasi tingkat tinggi melalui kapabilitas Input/Output meliputi 45 pin GPIO yang dapat diprogram, konverter analog-ke-digital (ADC) SAR 12-bit, antarmuka keras I2S yang didukung DMA, serta berbagai protokol komunikasi standar seperti I2C, SPI, dan UART. Seluruh fitur komputasi dan antarmuka tersebut dikelola dengan tingkat efisiensi energi yang sangat baik, di mana cip ini hanya mengonsumsi arus listrik aktif pada kisaran 40 hingga 100mA (Nguyen, 2025).

2.8 Bearing

Bearing dapat diklasifikasikan atau dikelompokkan berdasarkan kriteria berikut:

1. Berdasarkan gerakan *bearing* terhadap poros

- a. *Sliding bearing*, prinsipnya gesekan luncur antara poros dan *bearing* karena permukaan poros ditopang oleh permukaan poros ditopang oleh permukaan *bearing* dengan perantaraan lapisan pelumas, seperti contoh gambar 2.9.



Gambar 2. 10 Design sliding bearing

- b. *Bearing Gelinding*, prinsipnya gesekan gelinding antara bagian yang berputar dan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol, rol jarum, atau rol bulat. Seperti contoh gambar 2.10.



Gambar 2. 11 Design bearing gelinding

2. Berdasarkan arah beban terhadap poros

- a. *Bearing radial*, arah beban yang dipotong oleh *bearing* ini adalah tegak lurus terhadap sumbu poros.

- b. *Bearing* aksial, arah beban yang ditopang oleh *bearing* ini sejajar dengan sumbu poros (Afifaruq, 2020).

2.9 Konversi Data Percepatan Menjadi Kecepatan

Sensor *accelerorometer* pada umumnya menghasilkan data dalam bentuk percepatan (*acceleration*) maka diperlukan proses transformasi matematis melalui integrasi numerik. Metode integrasi aturan *rectangular integration* digunakan untuk mengonversi data percepatan diskrit menjadi kecepatan secara *real time*. Proses ini direpresentasikan melalui persamaan berikut (Guo et al., 2022).

$$(v_k = v_{k-1} + a_k \times \Delta t) \dots\dots\dots (2.4)$$

v_k = Kecepatan pada indeks ke- k (m/s)

a_k = Percepatan pada indeks ke- k (m/s^2)

v_{k-1} = Kecepatan pada indeks sebelumnya atau ke- $k - 1$ (m/s)

Δt = Selang waktu sampling (*sampling time*) (s)

2.10 Root Mean Square

Setelah proses konversi data dilakukan, nilai *Root Mean Square* (RMS) dihitung sebagai parameter kuantitatif. RMS berfungsi sebagai indikator kondisi kesehatan komponen poros rotor, khususnya dalam mendeteksi tingkat degradasi yang mendekati batas usia teknis (Fic & Czornik, 2023).

$$v_{\text{rms_raw}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (v_{\text{clean}}[k])^2} \times 1000 \dots \dots \dots (2.5)$$

2.11 Galat

Galat merupakan selisih antara nilai hasil pengukuran atau perhitungan dengan nilai sebenarnya yang dianggap sebagai acuan. Dalam konteks analisis data teknik, galat dapat muncul akibat keterbatasan instrumen, kondisi lingkungan, maupun asumsi matematis yang digunakan dalam proses perhitungan. Keberadaan galat penting untuk diperhatikan karena dapat memengaruhi akurasi dan reliabilitas hasil analisis. Oleh karena itu, identifikasi serta kuantifikasi galat menjadi langkah krusial dalam memastikan validitas data, sekaligus sebagai dasar untuk melakukan koreksi atau perbaikan metode pengukuran. Galat dihitung dengan persamaan berikut (Ketut et al., 2025).

$$\text{Error}(\%) = \frac{|V_{\text{manual}} - V_{\text{sensor}}|}{V_{\text{manual}}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

V_{manual} = data hasil alat ukur manual

V_{sensor} = data hasil sensor

2.12 Koefisien Korelasi Pearson

Korelasi merupakan metode statistik fundamental yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan serta menentukan arah hubungan antara dua atau lebih variabel. Koefisien korelasi berfungsi sebagai representasi numerik yang menggambarkan kekuatan hubungan tersebut, yang dalam konteks sistem

monitoring, sering dimanfaatkan sebagai metrik untuk mengukur tingkat kesamaan atau perbedaan antara dua vektor fitur (Fahim, 2025).

$$R = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

R = Nilai koefisien korelasi antar x dan y

n = Banyaknya data

x_i = Nilai x ke-i

y_i = Nilai y ke-i

2.13 Internet of Things



Gambar 2. 12 Internet of Things

Sumber. <https://www.researchgate.net>

Konsep Internet of Things (IoT) merupakan integrasi antara jaringan internet dan objek fisik (things) yang terhubung melalui sensor. Internet dalam konteks ini merujuk pada jaringan komunikasi berbasis protokol standar, seperti TCP/IP, yang digunakan untuk mentransmisikan dan membagikan informasi. Sementara itu, objek fisik merujuk pada perangkat atau benda nyata yang datanya diambil melalui sensor dan dikirimkan melalui jaringan untuk keperluan monitoring atau analisis. Namun, data yang dihasilkan dari objek tersebut sering kali masih memerlukan penyusunan ulang agar dapat dipahami secara efisien oleh sistem atau pengguna akhir. Oleh karena itu, pendekatan semantik diperlukan untuk menyederhanakan proses representasi, penyimpanan, dan pertukaran informasi. Secara umum, implementasi IoT mencakup tiga elemen utama, yaitu jaringan internet, objek yang terhubung, dan teknologi semantik. Menurut Kevin Ashton, pencetus istilah Internet of Things, IoT adalah konsep di mana sensor yang terhubung ke internet memungkinkan komputer untuk memahami kondisi lingkungan fisik, berbagi data secara terbuka, dan mendukung pengembangan aplikasi cerdas yang adaptif terhadap kebutuhan masyarakat (Rusito, 2021).

2.14 Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) merupakan salah satu aspek penting dalam evaluasi kinerja jaringan yang secara langsung memengaruhi tingkat kepuasan pengguna terhadap suatu layanan. Kualitas layanan ini ditentukan oleh beberapa parameter utama, seperti throughput, packet loss, delay (keterlambatan), dan jitter (fluktuasi waktu pengiriman paket). Untuk mencapai performa sistem yang optimal, diperlukan pengelolaan dan pengendalian kualitas layanan secara

menyeluruh. Dalam hal ini, Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) berperan signifikan dalam meningkatkan kualitas layanan end-to-end, dengan menyediakan standar dan pedoman teknis guna memastikan interoperabilitas serta efisiensi antarprotokol dalam jaringan telekomunikasi dan internet (Ramadian & Indriyani, 2023).

1. *Throughput*

Pengujian kinerja jaringan (*throughput*) pada penelitian ini tidak menggunakan indeks TIPHON. Hal ini dikarenakan karakteristik lalu lintas data dari sistem pemantauan *Internet of Things* (IoT) bersifat *narrowband*, yaitu mengirimkan paket data berukuran kecil secara terus-menerus. Oleh karena itu, pengujian throughput dievaluasi menggunakan pendekatan *Application-Level Throughput* target dibandingkan Aktual (Mahfudi et al., 2025). Nilai throughput target teoretis dihitung berdasarkan spesifikasi pengiriman data pada mikrokontroler menggunakan persamaan berikut:

$$Efisiensi = \left(\frac{Throughput_{aktual}}{Throughput_{target}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

2. *Packet loss*

Packet loss didefinisikan sebagai fenomena kegagalan transmisi sejumlah paket data untuk sampai ke alamat tujuan yang telah ditentukan. Kondisi ini umumnya merupakan akibat dari anomali jaringan seperti packet collision (tabrakan paket) atau network congestion (kepadatan jaringan) (Valia Yoga Pudya Ardhana & Mulyodiputro, 2023).

Tabel 2. 1 Tabel Packet Loss

Degradasi	<i>Packet Loss %</i>	Index
Sangat Memuaskan	0-2%	4
Memuaskan	3-14%	3
Sedang	12-24%	2
Jelek	>25%	1

3. *Delay*

delay didefinisikan sebagai total waktu yang diperlukan oleh sebuah paket data untuk melakukan perjalanan dari titik asal (sumber) ke titik tujuan. Besaran latensi ini merupakan fungsi dari berbagai variabel, antara lain jarak geografis, jenis media transmisi fisik, tingkat kepadatan lalu lintas (congestion), dan waktu pemrosesan pada perangkat perantara (Valia Yoga Pudya Ardhana & Mulyodiputro, 2023).

Tabel 2. 2 Besar *Delay*

Degradasi	<i>Besar Delay</i>	Index
Sangat Memuaskan	<150m/s	4
Memuaskan	150m/s – 300m/s	3
Sedang	300m/s – 450m/s	2

Jelek	>450m/s	1
-------	---------	---

4. Jitter

Dalam konteks jaringan komputer, jitter didefinisikan sebagai variasi statistik pada latensi penerimaan paket data. Fenomena ini pada dasarnya merupakan sebuah bentuk gangguan sinyal yang disebabkan oleh ketidakstabilan atau pergeseran minor pada karakteristik temporal sinyal, baik pada transmisi digital maupun analog (Valia Yoga Pudya Ardhana & Mulyodiputro, 2023).

Tabel 2. 3 Tabel *Peak Jitter*

Degradasi	<i>Peak Jitter</i>	Index
Sangat Memuaskan	0 m/s	4
Memuaskan	0m/s – 75m/s	3
Sedang	75m/s – 125m/s	2
Jelek	125m/s – 225m/s	1

2.15 Jurnal Penelitian Terkait

Penelitian mengenai monitoring vibrasi motor induksi telah banyak dilakukan sebelumnya, berikut adalah beberapa penelitian yang terkait dengan penulis terdapat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 4 Penelitian Terkait

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
1.	Respon Vibrasi Overall dan Temperatur Komponen Mesin Terhadap Misalignme nt Axial	Andi Kurniawan	Penelitian dilakukan di UPDL Suralaya, Indonesia, pada tahun 2020	Penelitian ini mengkaji pengaruh misalignment poros terhadap vibrasi keseluruhan dan temperatur komponen mesin rotary dengan kopling fleksibel. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan misalignment menyebabkan penurunan vibrasi keseluruhan, namun diikuti oleh kenaikan temperatur komponen, yang mencerminkan tekanan mekanis lebih tinggi. Penggunaan thermography inframerah terbukti efektif sebagai

				metode pelengkap untuk memantau kondisi mesin secara akurat (Kurniawan, 2020).
2.	Transformasi Wavelet Daubechis dan Fuzzy Subspace Clustering untuk Klasifikasi Misalignment pada Motor Induksi	Pressa Perdana Surya Saputra	Penelitian pada jurnal ini dilakukan di Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Gresik, Jawa Timur, Indonesia, dan diterbitkan pada Oktober 2021	Penelitian ini membahas penggunaan transformasi wavelet Daubechis dan Fuzzy Subspace Clustering untuk mengklasifikasikan misalignment pada motor induksi. Data getaran dianalisis hingga level 3 untuk mengekstraksi fitur sum, range, dan energi. Hasil menunjukkan akurasi tertinggi 95,83% pada level 1 dengan Db4 dan Db5. Kombinasi metode ini efektif mendeteksi misalignment,

				direkomendasikan penelitian lanjutan dengan data lebih banyak (Saputra, 2021).
3.	<i>Identify Damage to The Mixer Motor On The Banbury Machine Using The Vibration Method</i>	Panca Purwanto, Subekti, Abdul Hamid, Nur Indah	Penelitian dilakukan di Universitas Mercu Buana, Indonesia, dan diterbitkan pada tahun 2024	Penelitian ini menganalisis kerusakan <i>bearing</i> motor induksi pada mesin Banbury menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT) dan Hilbert Transform. Hasilnya menunjukkan kerusakan <i>bearing</i> terjadi pada SKF 6330/C3 akibat kerusakan pada kandangnya. Penggunaan transformasi ini mengidentifikasi frekuensi spesifik kerusakan, memungkinkan tindakan

				penggantian <i>bearing</i> untuk mencegah kerusakan lebih lanjut (Purwanto et al., 2024).
4.	<i>Using A Frequency Vibration Approach, Examine The Impact Of Screw Rotor Clearance On The Screw Housing In An 11kw Compressor</i>	Tri Haryono, Deni Arif Rahman, Subekti Subekti, Abdul Hamid	Penelitian dilakukan di Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia, dan diterbitkan pada tahun 2024	Penelitian ini mengkaji pengaruh jarak <i>clearance</i> rotor pada housing sekrup kompresor 11 kW menggunakan analisis frekuensi getaran. Metode Fast Fourier Transform (FFT) mengungkapkan bahwa jarak <i>clearance</i> optimal adalah 0,08 mm, di mana grafik frekuensi getaran tidak muncul. Temuan ini menunjukkan pentingnya jarak optimal untuk meminimalkan getaran dan meningkatkan

				kinerja kompresor (Tri Haryono et al., 2024).
5.	Studi Vibrasi Poros Rotor Satu Disc Kondisi Unbalance Menggunakan an Vibration Analyzer Dan Fem	Fatkur Rachmanu, Widodo, Mokhamad Is Subekti, Melkisedek , Dimas Wira, Aji Wijaya Teknologi	Penelitian dilakukan di Politeknik Enjinering Indorama, Purwakarta, Indonesia, pada ta hun 2024	Penelitian ini membahas analisis vibrasi pada poros rotor dengan satu piringan dalam kondisi tidak seimbang menggunakan metode Fast Fourier Transform dan metode elemen hingga. Melalui pengamatan menggunakan alat analisis vibrasi, grafik hasil analisis dan simulasi perangkat lunak elemen hingga menunjukkan pola tidak seimbang statis. Hasil penelitian mengidentifikasi bentuk mode pertama dengan

				satu simpangan akibat penambahan beban berupa satu baud pada piringan, yang menunjukkan dinamika rotor dengan amplitudo vibrasi tinggi dan perbedaan fase sebesar 90 derajat (Rachmanu et al., 2024).
6.	<i>Analysis of vibration due to misalignment in the clutch cluster installation of centrifugal pump</i>	Widodo, I G Khoryanto n, A Pramono, A	Penelitian ini dilakukan di Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. H. Soedarto, S.H., Tembalang Semarang 50275, Indonesia, pada tahun 2021.	Jurnal ini membahas analisis getaran akibat misalignment dalam instalasi pompa sentrifugal yang digerakkan oleh motor listrik dan dihubungkan dengan kopling tetap. Tujuan utama penelitian adalah mengidentifikasi dampak misalignment terhadap tingkat getaran

				dan bagaimana hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada komponen seperti bantalan (Widodo et al., 2021).
--	--	--	--	--

Sumber: Hasil Literasi Tahun 2024.

Pada penelitian sebelumnya oleh Andi Kurniawan (2020), sistem pemantauan vibrasi dilakukan untuk menganalisis respon vibrasi overall dan temperatur komponen mesin terhadap *misalignment* axial pada peralatan rotary dengan menggunakan *vibration* meter dan infrared *thermography camera*. Pendekatan ini berfokus pada pengukuran manual untuk mengidentifikasi hubungan antara tingkat *misalignment* dan perubahan nilai vibrasi serta temperatur komponen mesin. Sebagai pengembangan lebih lanjut, penelitian ini mengusulkan sistem monitoring vibrasi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan sensor akselerometer 6-sumbu serial DFROBOT dan ESP32, sehingga memungkinkan pemantauan kondisi *bearing* motor induksi secara *real-time* dan dapat diakses melalui *dashboard Node-Red*.

Pada penelitian sebelumnya oleh Pressa Perdana Surya Saputra (2021), klasifikasi *misalignment* pada motor induksi dilakukan menggunakan metode Transformasi *Wavelet Daubechis* dan *Fuzzy Subspace Clustering* untuk mengelompokkan tingkat *misalignment* berdasarkan ekstraksi fitur sinyal getaran,

seperti sum, range, dan energi. Penelitian ini membandingkan metode *Fuzzy Subspace Clustering* dan *K-Means*. Sebagai pengembangan lebih lanjut, penelitian ini untuk mengklasifikasikan misalignment menggunakan sensor *receiver* laser.

Pada penelitian sebelumnya oleh Panca Purwanto et al. (2024), identifikasi kerusakan bearing pada motor induksi dilakukan menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT) dan Hilbert Transform untuk menganalisis sinyal getaran pada motor mixer mesin Banbury. Sensor accelerometer digunakan dengan variasi kecepatan rotasi untuk mendeteksi frekuensi karakteristik kerusakan bearing, seperti Ball Spin Frequency (BSF), Ball Pass Frequency Outer (BPFO), Fundamental Train Frequency (FTF), dan Ball Pass Frequency Inner (BPFI). Penelitian ini untuk pengolahan data dilakukan menggunakan kombinasi sensor akselerometer, receiver laser, sensor jarak, dan Arduino Serial Plotter dan akan diintegrasikan dengan *Internet of Things* (IoT).

Pada penelitian sebelumnya oleh Tri Haryono et al. (2024), analisis vibrasi pada kompresor sekrup dilakukan menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mengukur nilai getaran pada rumah rotor kompresor dengan sensor akselerometer. Penelitian ini menganalisis pengaruh jarak celah rotor sebesar 0,03 mm, 0,05 mm, dan 0,08 mm terhadap karakteristik getaran pada rotor kompresor. Data getaran dikumpulkan pada sumbu X, Y, dan Z dengan kecepatan rotasi 1500 RPM, kemudian diolah menggunakan FFT Analyzer dan Matlab untuk memperoleh spektrum frekuensi getaran. Penelitian yang di kembangkan untuk

pengolahan data dilakukan menggunakan sensor axcelero sebagai alat ukur vibrasi, receiver laser pendekteksi misalignment, sensor jarak untuk mendeteksi baud longgar, dan Arduino Serial Plotter dan akan diintegrasikan dengan *Internet of Things* (IoT) data yang di kumpulkan pada sumbu X, Y, dan Z pada bagian *drive end* (DE) dan *none drive end* (NDE).

Pada penelitian sebelumnya oleh Fatkur Rachmanu et al. (2024), analisis vibrasi dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi unbalance pada poros rotor menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) dan Finite Element Method (FEM). Studi ini mengamati modul rotor dengan dua tumpuan bearing dan satu disc, di mana kondisi unbalance diciptakan dengan menambahkan satu baud pada disc. Pengukuran dilakukan menggunakan vibration analyzer pada *bearing drive end* (DE) dan *non-drive end* (NDE) dalam posisi vertikal dan horizontal. Sebagai pengembangan lebih lanjut, penelitian ini mengusulkan sistem monitoring vibrasi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan sensor akselerometer 6-sumbu serial DFROBOT dan ESP32, untuk beban motor dengan pompa sentrifugal.