

PERANCANGAN SISTEM DETEKSI VIBRASI DAN PERUBAHAN BEBAN PADA MOTOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAST FOURRIER TRANSFORM*

Riza Alfita¹, Fauzan Firly Abdillah², Miftachul Ulum³, Achmad Fiqhi Ibadillah⁴,
Haryanto⁵, Deni Tri Laksono⁶, Diana Rahmawati⁷

Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura, Kabupaten Bangkalan

^{1*}riza.alfita@trunojoyo.ac.id, ²fauzan.firly3@gmail.com, ³miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id, ⁴fiqhi.ibadillah@trunojoyo.ac.id,
⁵haryanto@trunojoyo.ac.id, ⁶deni.laksono@trunojoyo.ac.id, ⁷diana.rahmawati@trunojoyo.ac.id

Abstract - An induction motor is a device that converts electrical energy into mechanical energy in the form of motor power. Induction motors work based on an electromagnetic field from the stator coil to the rotor. Induction motors are used throughout the world in various applications to convert electrical energy into mechanical energy. Currently, industrial development in Indonesia is increasing, electric motors are used for various purposes. In its development, induction motors have dominated the field of electromechanical energy conversion with around 80% of various types of electric motors used in industry. Its uses include many things related to rotating power. Apart from its advantages, induction motors can also experience problems. Working environment, installation and production factors can also cause damage to the rotor and stator. This damage not only reduces the efficiency of the induction motor, but can have an impact on ongoing production and safety. The research aims to develop a monitoring system that suits the conditions. Specifically, it is a design for detecting vibrations and changes in load on a motorbike that uses the GY-521 MPU 6050 accelerometer as a vibration sensor on the motorbike and an Arduino UNO as a full sensor controller. The system developed is a sensor that detects damage to an induction motor with the aim of analyzing data based on speed. Vibrations detected by the sensor are converted into digital data which is transmitted to the Arduino UNO to be read and provide output to the LCD (Liquid Crystal Display) screen. Furthermore, if the load is detected and the result exceeds the specified vibration value capacity, the sensor will work properly and the relay module will function as an automatic switch to turn off the induction motor as well as monitoring device indicators such as the pilot lamp lights up and the buzzer or loud speaker will produce sound.

Keywords : Accelerometer GY-521 MPU 6050, Arduino Uno, induction motor

Abstrak— Motor induksi merupakan alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga motor. Motor induksi bekerja berdasarkan medan elektromagnetik dari kumparan stator ke rotor. Motor induksi digunakan di seluruh dunia dalam berbagai aplikasi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Saat ini perkembangan industri di Indonesia semakin meningkat, motor listrik digunakan untuk berbagai keperluan. Dalam perkembangannya, motor induksi telah mendominasi bidang konversi energi elektromekanis dengan sekitar 80% dari berbagai jenis motor listrik digunakan di industri. Kegunaannya mencakup banyak hal yang berkaitan dengan tenaga putar. Adapun permasalahan disamping keunggulannya, motor induksi juga dapat mengalami masalah.

Lingkungan kerja, instalasi dan faktor produksi juga dapat menyebabkan kerusakan pada rotor dan stator. Kerusakan ini tidak hanya mengurangi efisiensi motor induksi, namun dapat menimbulkan dampak terhadap produksi dan keselamatan berkelanjutan. Penelitian bertujuan mengembangkan sistem pemantauan yang sesuai kondisi. Secara spesifik merupakan rancang bangun pendeteksi vibrasi dan perubahan beban pada motor yang menggunakan accelerometer GY-521 MPU 6050 sebagai sensor vibrasi pada motor dan Arduino UNO sebagai pengontrol penuh sensor. Sistem yang dikembangkan merupakan sensor yang mendeteksi kerusakan pada motor induksi dengan tujuan menganalisis data berdasarkan kecepatan. Getaran terdeteksi oleh sensor dikonversi menjadi data digital yang diteruskan ke Arduino UNO agar terbaca dan memberikan outputan kepada layar LCD (*Liquid Crystal Display*). Selanjutnya jika beban terdeteksi dan hasilnya melebihi kapasitas nilai getaran yang ditetapkan maka sensor bekerja dengan baik dan modul relay akan berfungsi sebagai saklar otomatis untuk mematikan motor induksi tersebut serta indikator alat monitoring seperti pilot lamp menyala dan buzzer atau loud speaker akan menghasilkan suara.

Kata Kunci : Accelerometer GY-521 MPU 6050, Arduino Uno, Motor Induksi

I. Pendahuluan

Motor induksi merupakan suatu alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk tenaga putar. Motor induksi bekerja berdasarkan induksi medan elektromagnetik dari kumparan stator ke rotor. Motor induksi digunakan di seluruh dunia dalam berbagai aplikasi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Saat ini perkembangan industri di Indonesia semakin meningkat, motor listrik banyak digunakan untuk berbagai keperluan. Dalam perkembangannya, motor induksi telah mendominasi bidang konversi energi elektromekanis dengan sekitar 80% dari berbagai jenis motor listrik digunakan di industri kegunaannya mencakup banyak hal yang berhubungan dengan tenaga putar[1].

Motor induksi didesain memiliki banyak keunggulan. Kelebihan motor induksi adalah konstruksinya sederhana, keandalannya tinggi, biayanya relatif lebih murah dibandingkan motor jenis lainnya. Meskipun memiliki

kelebihan, motor induksi juga dapat mengalami permasalahan. Lingkungan kerja, instalasi dan faktor produksi dapat menyebabkan kerusakan pada rotor dan stator. Kerusakan ini tidak hanya mengurangi efisiensi kerja motor induksi, namun dapat menimbulkan dampak berbahaya terhadap produksi dan keselamatan berkelanjutan. Ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi kerusakan pada motor yaitu, 1) Ketidakseimbangan arus yang disuplai pada motor induksi tiga fasa mempengaruhi kerja dari pada motor tersebut, menyebabkan tegangan berubah dan medan putar berubah maka arus pada rotor juga akan berubah.[2]

Getaran adalah gerakan bolak-balik di sekitar keseimbangan. Keseimbangan adalah suatu keadaan dimana suatu benda dalam keadaan diam jika tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut. Getaran dapat diperagakan dengan cara yang sederhana yaitu dengan diberi beban pegas. Kemudian pegas ditarik dan dilepaskan. Pegas akan melihat gerakan maju mundur dari atas ke bawah. Mesin yang ideal tidak akan bergetar karena energi yang diterimanya digunakan seluruhnya oleh mesin itu sendiri. Mesin yang dirancang dengan baik akan menghasilkan getaran yang relatif rendah, namun seiring bertambahnya usia mesin dan jangka waktu pengoperasian yang lama akan menyebabkan mesin mengalami: 1) Keausan pada elemen mesin 2) Perubahan struktur pondasi akibat terhadap usia atau dampak lingkungan. Hal ini akan menyebabkan ketidaksejajaran poros. 3) Perubahan perilaku dinamis mesin yang mengakibatkan perubahan frekuensi.[3]

Getaran atau vibrasi motor induksi harus dimonitor atau dibaca oleh sistem dan dijadikan sebagai indikator untuk mengamankan motor induksi. Vibrasi pada motor merupakan gangguan yang harus diminimalisir sebelum terjadinya kerusakan pada motor induksi. Bila menggunakan motor induksi akan mengalami keausan dan penurunan kinerja berupa gangguan atau kerusakan pada bantalan dan ketidakseimbangan dapat terjadi pada mesin tanpa terlihat secara visual, sehingga 2 tindakan pencegahan dapat dilakukan dengan memeriksa getaran induksi dalam pengoperasian.. Pada penelitian kali ini akan dilakukan pembaruan dengan segi monitoring untuk mengontrol motor induksi dengan cara menambahkan sensor suhu agar mengetahui seberapa panas Ketika motor sedang berjalan dan digunakan. Untuk sistem kontrolnya akan dilakukan dengan cara mematikan otomatis motor Ketika mencapai suhu yang sangat panas menyebabkan kondisi motor yang tidak stabil untuk dipakai secara maksimal. Motor tersebut akan dibebaskan berjalan Ketika suhu mencapai batas yang diijinkan dengan begitu pengontrolan tersebut menjadi efektif untuk pengecekan secara berkala mengatasi kondisi motor yang dipakai secara berkala dalam kondisi baik dan bagus. Selibhnya bisa diciptakan ide lebih baik dari ini melalui pengecekan dengan sistem IoT.[4]

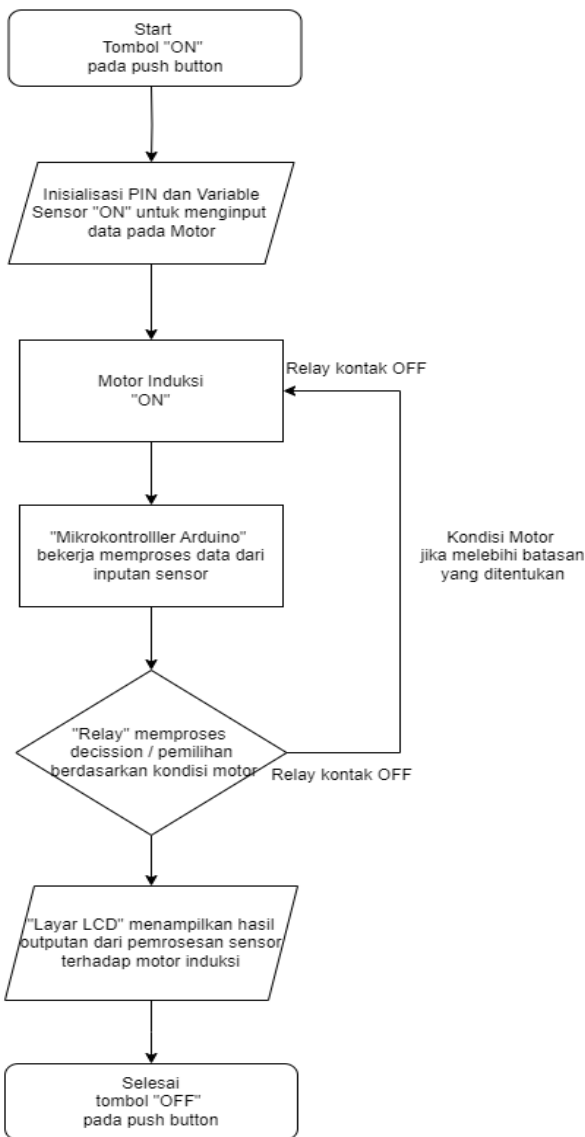
FFT digunakan untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi, memungkinkan analisis kandungan frekuensi sinyal. Sangat berguna untuk komunikasi nirkabel, pengenalan suara, dan pemrosesan gambar. [5] FFT mempercepat penghitungan transformasi Fourier diskrit (DFT), menjadikannya lebih efisien dan tersedia untuk digunakan pada

perangkat dengan memori rendah.[6] Memungkinkan deteksi dini kerusakan pada motor dengan menganalisis spektrum frekuensi dari getaran yang dihasilkan. Ini membantu dalam mengidentifikasi masalah seperti ketidakseimbangan, misalignment, atau kerusakan pada bearing sebelum kerusakan tersebut menjadi lebih parah[7] FFT digunakan dalam perawatan prediktif untuk memprediksi kapan perawatan atau penggantian komponen diperlukan. Ini membantu mengurangi downtime dan biaya perawatan dengan melakukan perawatan saat diperlukan[8]. FFT membantu analisis performa motor dengan memeriksa respons frekuensi terhadap berbagai kondisi beban. Ini dapat meningkatkan efisiensi operasional dan motor.[9] Vibrasi bisa digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada motor sebelum menjadi masalah besar. Dengan menganalisis pola getaran, teknisi dapat mengidentifikasi komponen yang mulai aus atau rusak, seperti bearing atau rotor.[10]

II. Metode Penelitian

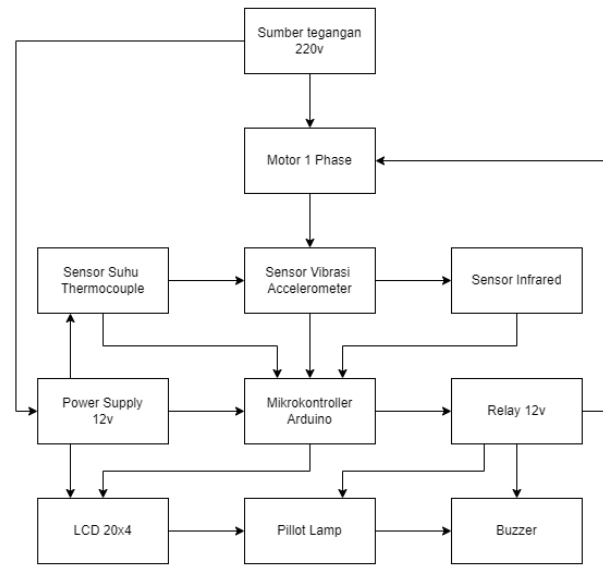
A. Metode

dijelaskan bahwa alur cara kerja pada alat system pendeteksi vibrasi pada motor. Untuk pengerjaan penelitian ini langkah awal adalah dengan menyalakan motor induksi melalui sumber tegangan. Kemudian pemasangan beban pada motor melalui pergantian beban melalui poros ujung pada motor. Lalu sensor membaca nilai vibrasi, suhu dan percepatan yang dihasilkan motor. Setelah itu proses mengolah data dari input sensor – sensor yang telah terpasang dan dilakukan oleh mikrokontroler arduino uno menggunakan metode FFT (Fast Fourier Transform).



Gambar 1. Flowchart

B. Blok Fungsional sistem



Gambar 2. Blok Diagram

Dari alur kerja diatas dapat dilihat yaitu *Sensor Accelerometer*, *Sensor Thermocouple*, *Sensor Encoder* dan *Arduino UNO* sebagai pengontrol utama yang saling berkomunikasi dari sistem kerja alat, yang pertama *switch on* dari sumber listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara) yang digunakan untuk menghidupkan seluruh kerja sistem menggunakan *power supply 12V* termasuk motor induksi 1 fasa untuk bekerja mensimulasikan vibrasi atau getaran dan percepatan menghasilkan suhu yang terjadi pada keadaan saat motor memiliki beban dan tidak bebas. Kemudian getaran atau vibrasi, percepatan dan suhu yang di hasilkan oleh motor induksi 1 fasa akan direkam oleh *sensor accelerometer GY-521 MPU 6050*, sensor suhu *thermocouple* dan *sensor encoder* secara bersamaan. Selanjutnya mikrokontroler arduino uno menjadi pemroses sinyal untuk merekam data yang diperoleh dari sensor – sensor yang terpasang dengan benar. *Buzzer* dan *pilot lamp* digunakan sebagai pertanda jika sesuatu terjadi pada motor. Selanjutnya *relay* sebagai saklar otomatis untuk *shutdown* motor otomatis jika terjadi vibrasi pada motor dan percepatan menurun melebihi batasan standar yang diijinkan maka relay aktif sebagai *normally open* (NO) dengan sinyal *low*. *Lcd display 20x4* sebagai penampil nilai data vibrasi, suhu dan percepatan yang diijinkan sinyal input dari sensor *accelerometer GY-521 MPU 6050*, Sensor suhu *thermocouple* dan sensor *Encoder* untuk memberi outputan ke arduino uno sebagai mikrokontroler dari alat system pendeteksi vibrasi.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Perancangan Hardware

Perangkat keras yang berhasil dibangun yaitu wiring komponen antara lain yaitu Mikrokontroler Arduino IDE, sensor *Accelerometer*, sensor *Thermocouple*, sensor *infrared* RPM, LCD, lampu pilot lamp, buzzer, dimmer, motor induksi, beban poros motor.



Gambar 4. Tampilan Komponen Terpasang

B. Hasil Perancangan Software

Program arduino ini sebagai kontroller input dari sensor *Accelerometer GY-21 MPU 6050*, sensor *Thermocouple*, sensor *Infrared*. Kemudian dibaca oleh mikrokontroler arduino lalu diteruskan ke layar LCD sebagai outputan untuk ditampilkan data dari input an sensor yang terpasang Pada motor. Cara kerjanya adalah pada setiap sensor dikasih nilai batasan motor tanpa beban dengan nilai getaran < 4,5 m/s dan suhu < 40 C° dengan kecepatan dibawah 2000 rpm dikatakan batas normal lalu buzzer alarm tidak sampai berbunyi kemudian relay juga tidak aktif bekerja mematikan otomatis dan sebaliknya nilai batasan motor dengan beban > 4,5 m/s dan suhu > 40 C° dengan kecepatan diatas 2000 RPM dikatakan batas tidak normal motor kemudian buzzer alarm bekerja dan berbunyi. Finishing relay bekerja otomatis mematikan motor dan terakhir layar akan menampilkan nilai inputan dari sensor tadi yang mendeteksi motor ketika berjalan.

```

ozanfx | Arduino 1.8.16
File Edit Sketch Tools Help
ozanfx
204 if (suhu<40 && getaran<4.5){
205   digitalWrite(motor, LOW);
206   digitalWrite(buzzer, HIGH);
207 }
208
209 else if (suhu>40 && getaran>4.5){
210   digitalWrite(motor, HIGH);
211   digitalWrite(buzzer, LOW);
212 }
213 delay(500);
214 }
215
216 if(Stop==1 && Start==0){
217   lcd.clear();
218   lcd.setCursor(6,0);
219   lcd.setCursor(2,1);
220   lcd.setCursor(3,1);
221   lcd.setCursor(3,2);
222   lcd.setCursor(3,2);
223   lcd.setCursor(2,3);
224   lcd.setCursor(2,3);
225   digitalWrite(motor, HIGH);
226   digitalWrite(buzzer, HIGH);
227   Stop=0;
    
```

Gambar 5. Tampilan Komponen Terpasang

C. Pengujian Perpindahan Data

Alat pendeteksi ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan alat dalam melakukan pembacaan output nilai vibrasi, suhu dan kecepatan pada motor dan dapat menampilkan output nilai ke LCD Display 20x4, serta terdapat indikasi berupa output buzzer dan Pilot lamp indikator bekerja secara bersamaan apabila terjadi vibrasi, suhu dan kecepatan motor yang berlebihan atau melampaui batas besaran yang ditentukan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Sistem Pendeteksi Vibrasi

NO	Kecepatan motor	Nilai vibrasi motor	Nilai suhu motor	Kategori zona	Indikator buzzer dan pilot lamp	Kondisi motor
1	0	0,10	30,00	Good	Mati	Hidup
2	1100	4,98	32,50	Satisfactory	Mati	Hidup
3	1620	5,33	33,00	Satisfactory	Mati	Hidup
4	2120	6,48	33,25	Satisfactory	Mati	Hidup
5	2200	7,24	33,50	Satisfactory	Mati	Hidup
6	2460	8,23	33,75	Satisfactory	Mati	Hidup
7	1100	7,86	40,00	Unacceptable	Hidup	Mati
8	1200	7,91	41,25	Unacceptable	Hidup	Mati
9	1280	8,71	40,50	Unacceptable	Hidup	Mati
10	1520	10,13	40,75	Unacceptable	Hidup	Mati
11	1680	12,66	45,75	Unacceptable	Hidup	Mati

hasil pengujian pengukuran getaran, suhu dan kecepatan motor tanpa beban, didapatkan data hasil kinerja dengan kecepatan maksimal 2400 rpm di getaran kurang dari 4,5 m/s dan suhu maksimal mencapai 34,25 C°. Tabel dibawah ini menunjukkan pengukuran getaran dan suhu motor tanpa beban di setiap tingkat kecepatan. Berikut tabel hasil pengukuran.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tanpa Beban

NO	Kecepatan motor	Nilai vibrasi motor	Nilai suhu motor
1	0	0,10	30,00
2	260	0,11	30,25
3	620	0,14	30,50
4	760	0,17	30,75
5	860	0,21	31,00
6	900	0,24	31,25
7	940	0,83	31,50
8	1020	1,08	31,75
9	1040	2,00	32,00
10	1080	3,68	32,25
11	1100	4,98	32,50
12	1620	5,33	33,00
13	2120	6,48	33,25
14	2200	7,24	33,50
15	2460	8,23	33,75

hasil pengukuran getaran, suhu kecepatan motor dengan menggunakan beban, didapatkan data hasil kinerja dengan kecepatan maksimal 1600 rpm di getaran lebih dari 4,5 m/s dan suhu maksimal mencapai 45,75 C°. Tabel dibawah ini menunjukkan pengukuran getaran dan suhu motor menggunakan beban di setiap tingkat kecepatan. Berikut tabel hasil pengukuran.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Menggunakan Beban

NO	Kecepatan motor	Nilai vibrasi motor	Nilai suhu motor
1	0	0,65	34,00
2	260	1,34	35,75
3	620	1,42	36,50
4	760	2,39	36,75
5	860	2,66	37,00
6	900	2,71	37,50
7	940	3,64	37,75
8	1020	3,81	38,50
9	1040	4,98	38,75
10	1080	5,03	39,00
11	1100	7,86	39,25
12	1200	7,91	39,50
13	1280	8,71	39,50
14	1520	10,13	39,75
15	1680	12,66	40,75

Pengukuran *driver relay* untuk mematikan motor secara otomatis, dilakukan untuk memastikan bahwa *relay* berfungsi dengan baik ketika batas nilai yang terpasang pada mikrokontroler sebagai *output* dari sensor yang bekerja. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. Hasil Pengujian Driver Relay

NO	Kecepatan motor	Nilai vibrasi motor	Nilai suhu motor	Kondisi buzzer
1	1680	12,66	40,75	"ON"
2	0	0,10	30,00	"OFF"

pengukuran dilakukan dengan cara memprogram *mikrokontroler* Arduino Uno dengan program buzzer *high* dan *low*, dengan cara menambahkan batasan nilai yang dihasilkan pada sensor yang terpasang. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel.

Tabel 5. Hasil Pengujian Driver Relay

NO	Kecepatan motor	Nilai vibrasi motor	Nilai suhu motor	Kondisi buzzer
1	1680	12,66	40,75	"ON"
2	0	0,10	30,00	"OFF"

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian Perancangan Sistem Deteksi Vibrasi dan Perubahan Beban Pada Motor Menggunakan Metode Fast Fourier Transform. Didapatkan kesimpulan bahwa :

1. Merancang bangun sistem deteksi vibrasi pada motor untuk mengetahui motor tersebut masih layak jalan atau dimatikan secara otomatis untuk mencegah sebelum terjadinya kerusakan pada motor.
2. Menghubungkan alat pendeteksi pada motor untuk memonitoring pergerakan pada motor secara langsung vibrasi atau getaran, suhu, dan kecepatan motor dengan di kasih beban pada motor dan tidak dikasih beban sangat mempengaruhi kinerja motor saat berjalan dan beroperasi.
3. Fungsi alat pendeteksi ini dibangun dengan bantuan secara otomatis untuk membantu manusia dalam mendeteksi sebelum

terjadinya kerusakan pada motor dengan bantuan sistem *relay* pada alat tersebut dan sensor yang telah terpasang pada stator motor atau dinding bagian motor tersebut.

4. Letak keberhasilan pada alat ini adalah ketika bekerja akan mengeluarkan bunyi pada buzzer dan lampu indikator menyala jika kondisi motor dalam keadaan suhu yang sangat panas sekitar > 40,00 C dan getaran yang dihasilkan melebihi batasan standar yang sudah di tetapkan yaitu > 4,5 m/s.

V. Daftar Pustaka

- [1] S. A., *Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Vibrasi Pada Motor Sebagai Indikator Pengaman Terhadap Perubahan Beban Bambang Supriantio.*
- [2] A. Ulfiana, "Analisis Pengaruh Misalignment Terhadap Vibrasi Dan Kinerja Motor Induksi Tesis," *Univ. Indones.*, 2010.
- [3] "Bearing Fault Identification of Induction Motor Based on Stator Current Characteristics Using Artificial Neural Network."
- [4] S. Nuari And Ie. Ziondra, "Analisis Starting Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller (Plc)," *J. Sain, Energi, Teknologi Ind.*, vol. 2, pp. 60–67, 2018.
- [5] Refactory, "Sejarah dan Manfaat Fast Fourier Transform," *refactory.id*. Accessed: Sep. 24, 2024. [Online]. Available: <https://refactory.id/blogs/post/2023-10-27-sejarah-dan-manfaat-fast-fourier-transform>
- [6] Belajar Elektro, "Fast Fourier Transform," *www.belajarelektro.com*. Accessed: Sep. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.belajarelektro.com/2021/09/fft.html?m=1>
- [7] A. Sulthoni and B. Suprianto, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Vibrasi pada Motor Sebagai Indikator Pengaman Terhadap Perubahan Beban Menggunakan Sensor Accelerometer GY-521 MPU 6050 Berbasis Arduino Uno," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 3, pp. 147–155, 2018, [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/25095>
- [8] D. Bagus Setyawan and Sufiyanto, "Metode Vibration Analysis Dalam Aplikasi Perawatan Mesin," *Transmisi*, vol. 9, no. 2, pp. 921–930, 2013.
- [9] Y. Prastyadi, I. D.P.K, and B. Y. Dewantara, "Fast Fourier Transform (FFT) Untuk Mendeteksi Kerusakan Bola Bearing Pada Motor Induksi," *Citee*, vol. 1, no. 1, pp. 69–73, 2019.
- [10] Hyprowira, "Vibrasi: Pengertian, Metode dan Satuannya," *hyprowira.com*. Accessed: Sep. 24, 2024. [Online]. Available: <https://hyprowira.com/blog/vibrasi-adalah>