



JASEE

Journal of Application and Science on Electrical Engineering

<https://jurnal.widyagama.ac.id/index.php/jasee/index>



Rancang Bangun Sistem Monitoring Kondisi Bearing Motor Satu Fasa Berbasis IoT

Dava Saputra Effendy¹, Gigih Priyandoko², Mohamad Mukhsim²

¹PT Klinik Teknik Internasional, Karang Ploso, Malang, Jawa Timur - Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Widyagama Malang, Malang, Jawa Timur - Indonesia

Corresponding author, email: davasaputra413@gmail.com

Abstract

Single-phase induction motors are widely used in industrial support systems such as compressors, cooling fans, and pumps. Bearing deterioration can alter motor vibration and operating current and may reduce equipment reliability. This study develops an Internet of Things-based condition-monitoring prototype for a 1/4 horsepower single-phase induction motor using an MPU6050 accelerometer, an ACS712 current sensor, an ESP32 microcontroller, a liquid crystal display, and a Firebase realtime database. Sensor data are processed by the ESP32, displayed locally, and transmitted through a wireless network for remote observation. Tests were conducted for 100 seconds under normal and abnormal bearing conditions, with three repetitions for each condition. The average Y-axis acceleration reading changed from -8 LSB in the normal condition to -372 LSB in the abnormal condition, indicating a measurable shift in the recorded vibration level for the tested configuration. The ACS712 provided current readout and the ESP32 successfully transmitted monitoring data to Firebase. The prototype therefore supports early condition monitoring, while generalized fault classification and current-based discrimination require further validation.

Keywords: single-phase induction motor; bearing condition monitoring; vibration monitoring; Internet of Things; current sensing.



p-ISSN : 2721-3625

e-ISSN : 2721-320X

1. PENDAHULUAN

Motor induksi satu fasa merupakan salah satu jenis motor listrik yang banyak digunakan pada sektor industri ringan maupun rumah tangga karena konstruksinya sederhana, biaya perawatan relatif rendah, dan efisiensinya cukup baik. Motor ini banyak diaplikasikan sebagai penggerak kompresor, pompa air, blower, dan sistem pendukung mesin produksi. Secara prinsip, motor induksi memiliki keandalan tinggi, tetapi tetap dapat mengalami gangguan mekanik maupun listrik selama operasi berkelanjutan [1].

Pada mesin CNC plasma, kompresor udara berperan sebagai penyedia udara bertekanan untuk membantu proses pembentukan plasma dan pembuangan logam cair selama pemotongan material. Kestabilan suplai udara memengaruhi kualitas pemotongan, terutama pada kestabilan

<https://doi.org/10.31328/jasee.v7i1.02>

Received: 22/01/2026

Revised: 03/02/2026

Accepted: 22/03/2026, published by ©UWG Press 2026

plasma arc, kekasaran permukaan, kepresisian dimensi, dan pembentukan slag. Dengan demikian, gangguan pada motor penggerak kompresor dapat berdampak langsung pada kontinuitas proses produksi [2].



Gambar 1. Mesin CNC plasma sebagai objek penerapan monitoring kompresor.

Salah satu penyebab utama penurunan performa motor penggerak kompresor adalah kerusakan bearing. Bearing berfungsi menopang poros rotor agar dapat berputar stabil dengan gesekan rendah. Kerusakan bearing dapat meningkatkan getaran, kebisingan, temperatur, dan konsumsi arus listrik. Apabila tidak dideteksi sejak dini, kerusakan tersebut dapat berkembang menjadi kegagalan yang lebih serius dan menyebabkan downtime produksi [3].

Perkembangan Internet of Things memungkinkan monitoring kondisi mesin dilakukan secara real-time dan jarak jauh. Data sensor dapat dikumpulkan, diproses, ditampilkan secara lokal, serta dikirimkan ke platform cloud untuk pemantauan berkelanjutan. Pada sistem monitoring motor listrik, getaran dan arus merupakan parameter yang relevan karena dapat merepresentasikan perubahan kondisi mekanik dan beban operasi motor [4].

Penelitian terkini telah mengembangkan pemantauan kesehatan motor berbasis Internet of Things, deteksi getaran abnormal menggunakan TinyML, estimasi umur bearing dari motor current signature, serta diagnosis berbasis penggabungan data [11]-[15]. Dibandingkan pendekatan tersebut, penelitian ini menekankan prototipe berbiaya relatif rendah dan mudah diterapkan dengan integrasi sensor getaran dan arus, ESP32, tampilan lokal, serta Firebase untuk motor induksi satu fasa. Kontribusi penelitian dibatasi pada monitoring kondisi dan indikasi awal kondisi abnormal; penelitian ini belum melakukan klasifikasi otomatis maupun estimasi remaining useful life.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini memfokuskan permasalahan pada perancangan sistem monitoring motor satu fasa berbasis Internet of Things, integrasi sensor getaran dan arus dengan ESP32, penyajian data secara real-time, serta pembentukan indikasi awal ketika kondisi bearing berubah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring kondisi bearing pada motor induksi satu fasa berbasis Internet of Things menggunakan sensor getaran MPU6050 dan sensor arus ACS712. ESP32 digunakan sebagai pengolah data utama, sedangkan Firebase digunakan sebagai media penyimpanan dan pemantauan data secara real-time. Sistem yang dikembangkan ditujukan untuk memberikan indikasi awal perubahan kondisi

bearing pada konfigurasi pengujian dan menjadi dasar pengembangan condition-based maintenance pada aplikasi motor berdaya kecil.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi satu fasa merupakan motor arus bolak-balik yang umumnya bekerja pada tegangan 220 V dan banyak digunakan pada aplikasi rumah tangga serta industri ringan. Komponen utama motor terdiri atas stator, rotor, kapasitor, bearing, dan poros. Pada saat beroperasi, gangguan pada bagian mekanik atau elektris dapat memengaruhi kestabilan putaran dan konsumsi arus motor [1], [9].

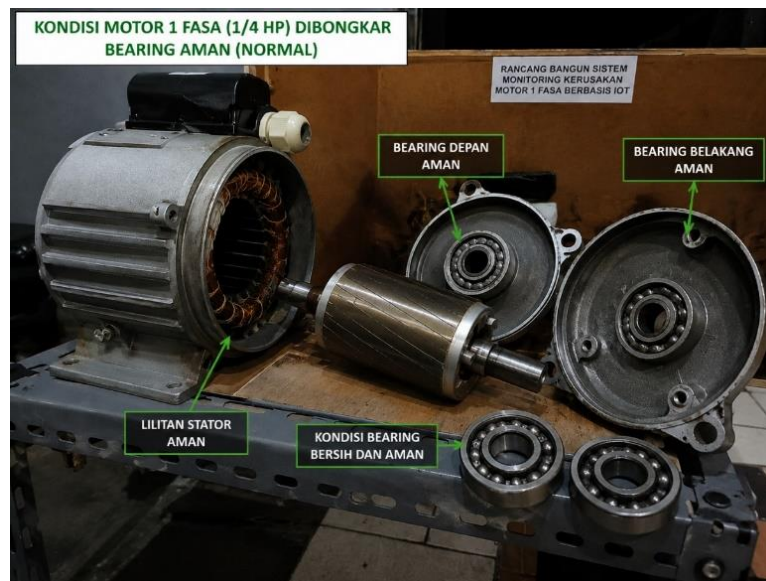


Gambar 2. Posisi pemasangan sensor MPU6050 pada arah radial vertikal.

2.2 Kerusakan Bearing

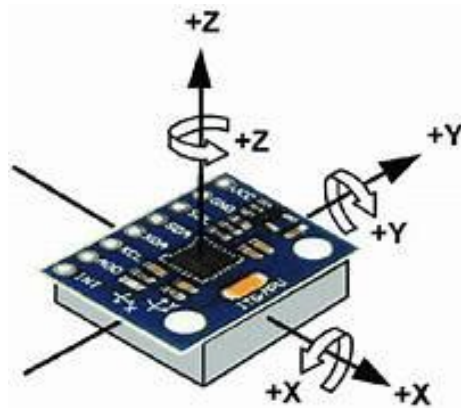
Bearing berfungsi menopang poros agar dapat berputar secara stabil. Kerusakan bearing dapat disebabkan oleh keausan, pelumasan yang tidak memadai, kontaminasi, ketidaksejajaran, atau beban berlebih. Gejala awal kerusakan umumnya ditandai dengan peningkatan getaran, perubahan suara, kenaikan temperatur, dan perubahan arus akibat bertambahnya beban mekanik [3], [4].



Gambar 3. Kondisi bearing abnormal pada motor pengujian.**Gambar 4. Kondisi bearing normal pada motor pengujian.**

2.3 Sensor Getaran MPU6050

MPU6050 merupakan sensor accelerometer dan gyroscope yang mampu membaca percepatan pada tiga sumbu, yaitu X, Y, dan Z. Pada penelitian ini, pembacaan sumbu Y digunakan sebagai parameter utama karena orientasi pemasangan sensor diarahkan untuk menangkap getaran radial vertikal pada bodi motor. Perubahan nilai percepatan pada sumbu tersebut digunakan sebagai indikator perubahan kondisi mekanik bearing [5].

**Gambar 5. Sensor getaran MPU6050.**

2.4 Sensor Arus ACS712

ACS712 merupakan sensor arus berbasis Hall Effect yang dapat digunakan untuk mengukur arus bolak-balik maupun arus searah. Sensor ini digunakan untuk memonitor konsumsi arus motor sebagai parameter pendukung kondisi operasi. Perubahan arus dapat menunjukkan perubahan beban mekanik, namun pada penelitian ini parameter arus belum digunakan sebagai dasar klasifikasi kondisi bearing [6], [10].



Gambar 6. Sensor arus ACS712.

2.5 Firebase

Firebase merupakan platform cloud yang menyediakan layanan realtime database. Pada penelitian ini, Firebase digunakan sebagai media penyimpanan dan pemantauan data sensor secara online sehingga pengguna dapat mengakses informasi kondisi motor melalui perangkat yang terhubung ke internet [8].



Gambar 7. Fitur inti Firebase.

2.6 Penelitian Terdahulu

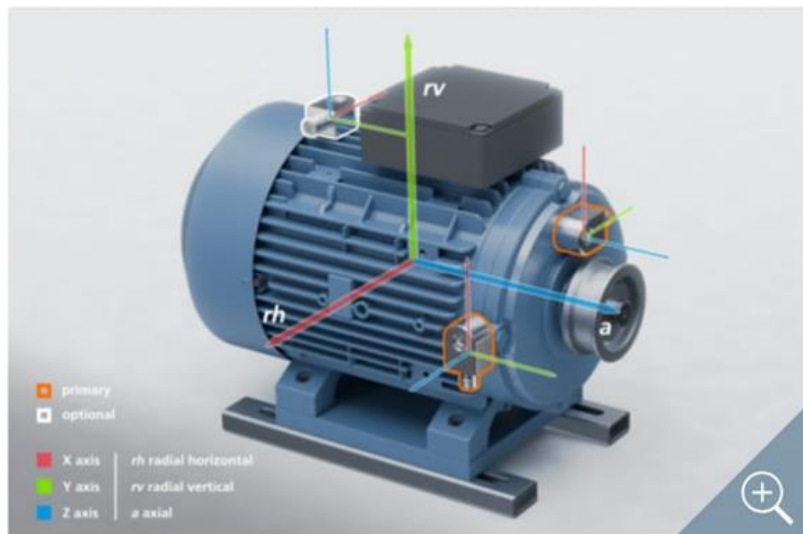
Penelitian berbasis Internet of Things untuk pemantauan motor industri telah dilaporkan dengan fokus pada health monitoring dan fault detection [11]. Pendekatan yang lebih baru juga memanfaatkan TinyML untuk mendeteksi getaran abnormal [12], diagnosis cerdas kerusakan bearing [13], estimasi remaining useful life dari motor current signature [14], dan data fusion [15]. Tren tersebut menunjukkan pergeseran menuju diagnosis otomatis. Penelitian ini mengambil pendekatan yang lebih sederhana dengan menekankan integrasi perangkat sensing, tampilan lokal, dan cloud monitoring sebagai prototipe awal untuk motor satu fasa berdaya kecil. Konsekuensinya, hasil penelitian ini tidak dimaksudkan untuk menggantikan metode diagnosis berbasis fitur frekuensi atau machine learning.

3. METODE

3.1 Konsep Pengambilan Data Getaran pada Arah Radial Vertikal

Sensor MPU6050 dipasang pada bodi motor satu fasa 1/4 HP di dekat area bearing agar perubahan getaran dapat terbaca secara representatif. Pengambilan data difokuskan pada arah radial vertikal yang direpresentasikan oleh sumbu Y sensor. Berdasarkan orientasi pemasangan, sumbu X merepresentasikan radial horizontal, sumbu Y merepresentasikan radial vertikal, dan sumbu Z merepresentasikan arah aksial.

Sumbu Y dipilih karena pada konfigurasi pengujian perubahan pembacaan pada arah radial vertikal dapat diamati secara konsisten antara kondisi bearing normal dan abnormal. Nilai yang dianalisis merupakan pembacaan percepatan digital sensor setelah kompensasi offset. Interpretasi hasil dibatasi pada konfigurasi sensor dan motor yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 8. Orientasi sumbu getaran pada motor.

3.2 Pembacaan Sensor Arus ACS712

Sensor ACS712 digunakan untuk membaca arus listrik yang mengalir pada motor. Tegangan analog keluaran sensor dibaca oleh mikrokontroler, kemudian dikonversi menjadi nilai arus berdasarkan sensitivitas sensor. Nilai arus digunakan sebagai parameter pendukung untuk melihat perubahan beban motor selama pengujian.

3.3 Kalibrasi Sensor

Sebelum proses pengambilan data dilakukan, sensor MPU6050 dan ACS712 dikalibrasi untuk meminimalkan error pembacaan.

A. Kalibrasi Sensor MPU6050

Kalibrasi sensor MPU6050 dilakukan untuk mengurangi bias pembacaan accelerometer. Sensor ditempatkan pada posisi pemasangan yang sama dengan kondisi pengujian dan dibiarkan diam selama kurang lebih 30 detik. Sebanyak 100 sampel sumbu Y direkam untuk memperoleh nilai rata-rata statis sebagai offset. Pada pengaturan rentang ± 2 g, sensitivitas nominal accelerometer adalah 16384 LSB/g [5]. Offset hasil pengukuran kemudian dikompensasi pada program ESP32 sebelum data digunakan untuk monitoring.

Persamaan perhitungan offset ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$\text{Offset}_Y = (1/N) \sum_{i=1}^N Y_i \quad (1)$$

Dengan:

- Y_i = data pembacaan sumbu Y ke-i
- N = jumlah sampel

B. Kalibrasi Sensor ACS712

Kalibrasi sensor ACS712 dilakukan untuk memperoleh tegangan keluaran pada kondisi tanpa arus (zero current). Pengukuran dilakukan ketika motor tidak beroperasi. Data keluaran dibaca sebanyak 100 kali menggunakan ADC ESP32, kemudian nilai rata-ratanya digunakan sebagai offset sensor. Selisih antara

tegangan keluaran aktual dan tegangan offset selanjutnya dikonversi menjadi arus berdasarkan sensitivitas sensor [6].

Perhitungan arus dilakukan menggunakan Persamaan (2).

$$I = (V_{out} - V_{offset}) / S \quad (2)$$

Dengan:

I = arus (A)

V_{out} = tegangan keluaran sensor (V)

V_{offset} = tegangan offset (V)

S = sensitivitas sensor (V/A)

C. Hasil Kalibrasi

Berdasarkan proses kalibrasi yang dilakukan, sensor MPU6050 menunjukkan nilai offset yang relatif kecil pada masing-masing sumbu sehingga dapat dikompensasi melalui program. Sensor ACS712 juga menunjukkan nilai keluaran yang stabil pada kondisi tanpa beban sehingga layak digunakan sebagai acuan pengukuran arus selama proses pengujian.

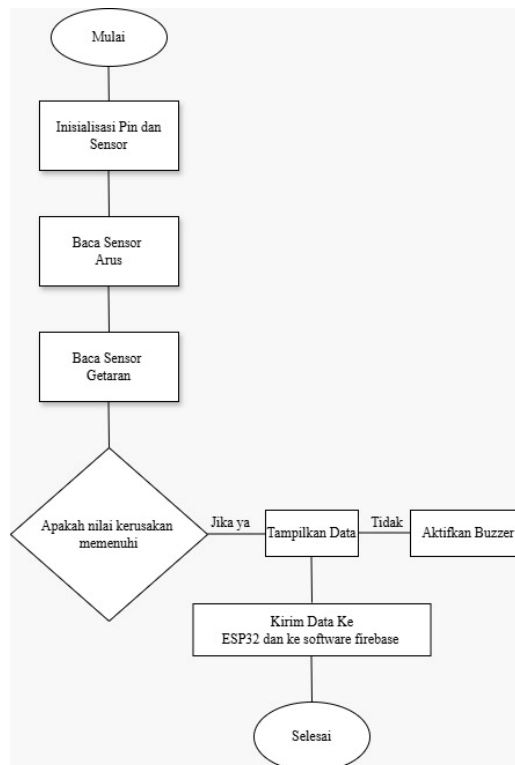
Tabel 1. Hasil Kalibrasi Sensor

Sensor	Parameter	Nilai Kalibrasi	Keterangan
MPU6050	Offset Y	-82 LSB	Dikompensasi pada program
ACS712	Offset ADC	3095	Kondisi tanpa beban
ACS712	Offset Tegangan	2,50 V	Zero current

Untuk meningkatkan reliabilitas pengukuran, kalibrasi dilakukan sebelum setiap sesi pengujian. Setiap kondisi pengujian, yaitu bearing normal dan abnormal, dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Nilai rata-rata digunakan untuk merangkum hasil pengukuran. Pengulangan ini ditujukan untuk mengurangi pengaruh noise sensor dan variasi pembacaan sesaat; statistik dispersi yang lebih lengkap direkomendasikan pada pengembangan berikutnya.

3.4 Rancangan Blok Diagram

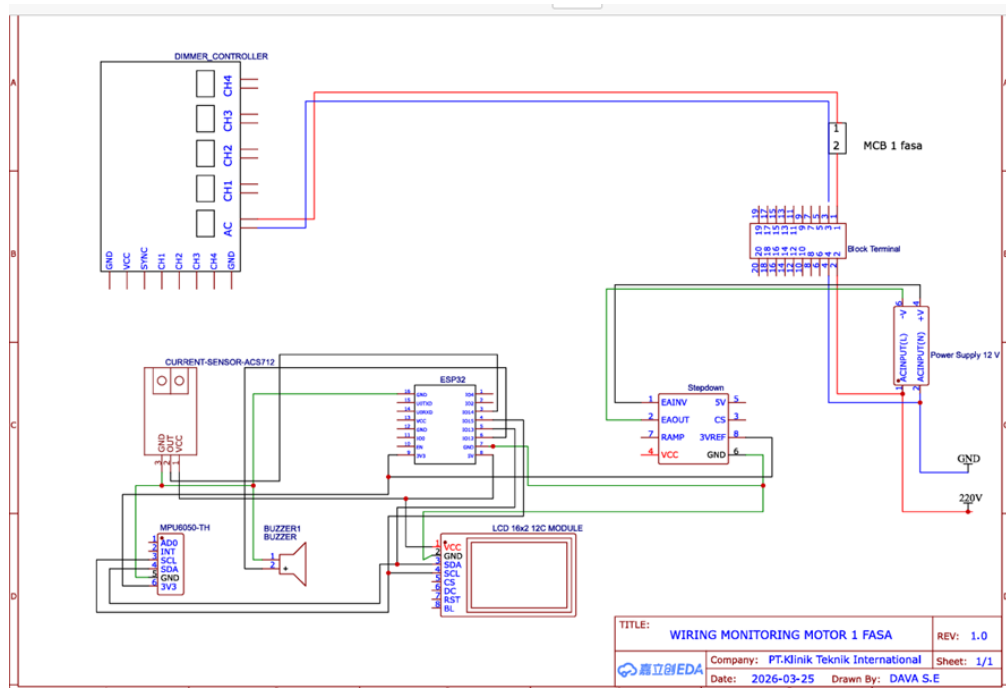
Alur kerja sistem dimulai dari inisialisasi sensor, pembacaan data getaran dan arus, pemrosesan pada ESP32, penentuan status berdasarkan ambang empiris pada konfigurasi pengujian, penampilan hasil pada LCD, dan pengiriman data ke Firebase melalui jaringan Wi-Fi. Ambang pada prototipe digunakan sebagai indikator awal dan tidak dimaksudkan sebagai batas universal untuk seluruh jenis motor atau bearing. Diagram alir sistem ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram alir sistem monitoring.

3.5 Wiring Kelistrikan Alat

Rangkaian kelistrikan sistem dirancang dengan menghubungkan sensor MPU6050, sensor ACS712, LCD, dan ESP32. Sensor MPU6050 dihubungkan melalui jalur komunikasi I2C, sedangkan sensor ACS712 memberikan keluaran analog ke pin pembacaan mikrokontroler. Rancangan wiring dibuat untuk memastikan setiap komponen dapat bekerja stabil dan aman pada saat pengujian motor.



Gambar 10. Rangkaian kelistrikan sistem monitoring.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

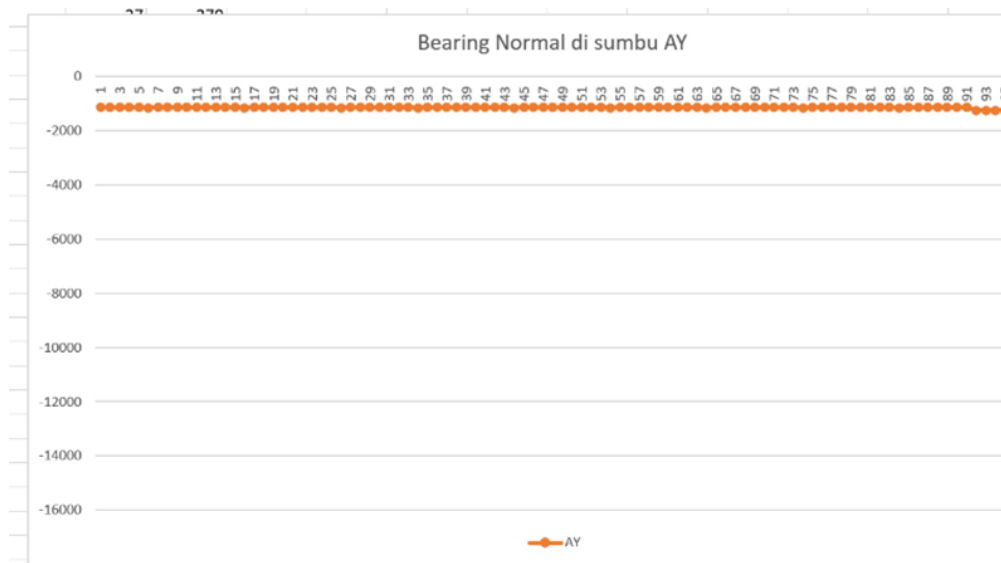
Sistem monitoring berhasil dibuat menggunakan ESP32 sebagai pengolah data utama. Sensor MPU6050 dipasang pada bodi motor dekat bearing untuk memperoleh data getaran, sedangkan sensor ACS712 dipasang pada rangkaian kontrol motor untuk membaca konsumsi arus. Data sensor ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke Firebase secara real-time.



Gambar 11. Implementasi perangkat monitoring pada motor satu fasa.

4.2 Hasil Pengujian Respon Getaran pada Bearing Normal

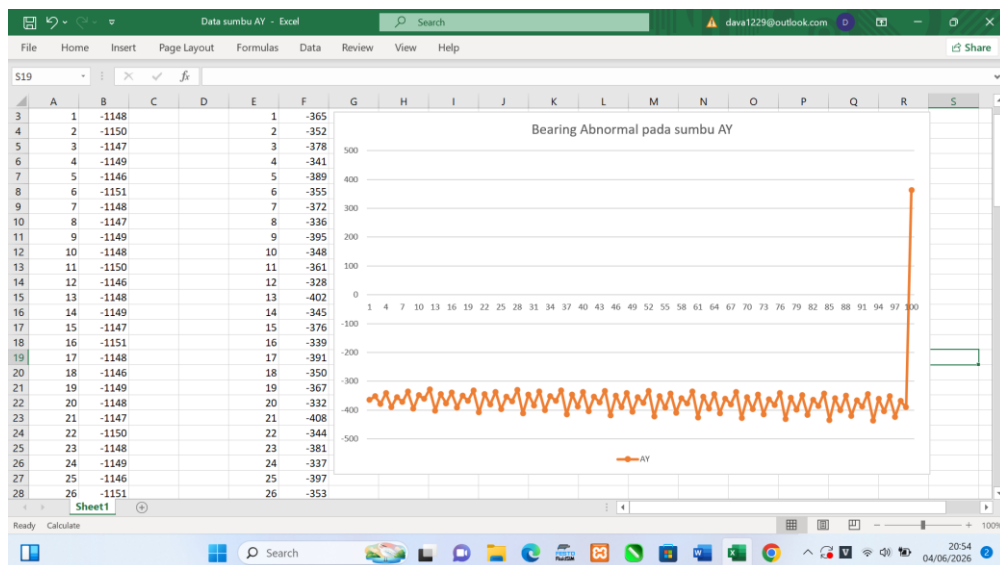
Nilai getaran yang ditampilkan merupakan data percepatan sumbu Y dalam bentuk digital count atau LSB dari MPU6050 setelah kompensasi offset. Pada pengujian selama 100 detik, data bearing normal berada pada rentang sekitar -1.148 LSB sampai 13.828 LSB dengan rata-rata -8 LSB. Berdasarkan data yang tersedia, kondisi normal digunakan sebagai baseline pembandingan untuk menilai pergeseran level pembacaan pada kondisi bearing abnormal.



Gambar 12. Respon getaran bearing normal pada sumbu Y selama 100 detik.

4.3 Hasil Pengujian Respon Getaran pada Bearing Abnormal

Pada kondisi bearing abnormal, pembacaan sumbu Y berada pada kisaran sekitar -380 LSB sampai -365 LSB dengan rata-rata sekitar -372 LSB. Dibandingkan kondisi normal yang memiliki rata-rata -8 LSB, hasil ini menunjukkan pergeseran level pembacaan sumbu Y pada konfigurasi pengujian. Namun, rentang data abnormal yang tercatat lebih sempit daripada rentang data normal; karena itu, perbedaan kedua kondisi pada naskah ini lebih tepat diinterpretasikan sebagai pergeseran baseline pembacaan, bukan sebagai bukti bahwa amplitudo fluktuasi abnormal selalu lebih besar. Validasi dengan RMS, simpangan baku, dan analisis frekuensi diperlukan untuk menguatkan diagnosis bearing.



Gambar 13. Respon getaran bearing abnormal pada sumbu Y selama 100 detik.

4.4 Validasi Kuantitatif

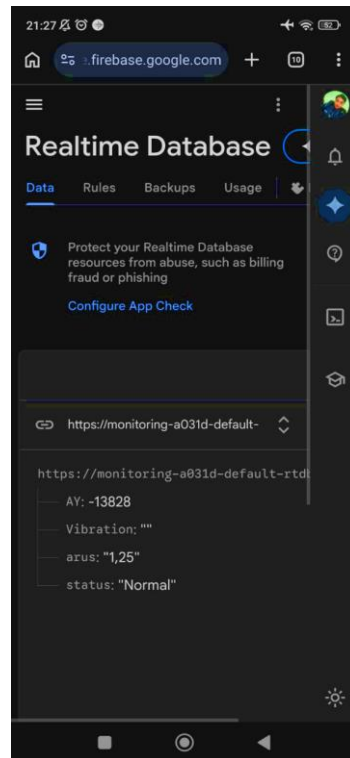
Tabel 2. Ringkasan pembacaan getaran sumbu Y pada pengujian

Parameter	Normal	Abnormal
Rata-rata AY	-8 LSB	-372 LSB
Rentang Data	14.976 LSB	17 LSB
Indikasi pada dataset	Baseline mendekati 0 LSB	Baseline bergeser ke sekitar -372 LSB

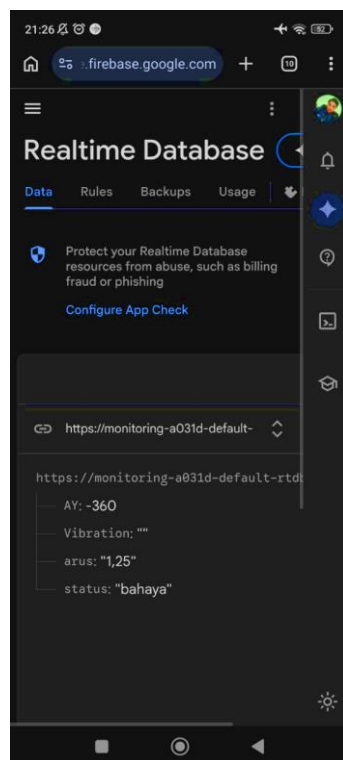
Perbedaan nilai rata-rata menunjukkan perubahan level pembacaan sumbu Y antara kondisi bearing normal dan abnormal pada sistem pengujian. Karena rentang data normal dan abnormal tidak menunjukkan pola amplitudo yang sama, hasil ini digunakan sebagai indikasi kondisi pada prototipe dan belum dapat digeneralisasi sebagai karakteristik kerusakan bearing tanpa validasi tambahan.

4.5 Monitoring Firebase

Data hasil pembacaan sensor berhasil dikirimkan ke Firebase menggunakan ESP32 melalui jaringan Wi-Fi sehingga kondisi motor dapat diamati dari smartphone maupun komputer. Tampilan database pada kondisi bearing normal dan abnormal ditunjukkan pada Gambar 14 dan Gambar 15. Pengujian ini memverifikasi fungsi pengiriman data, tetapi latensi dan packet-loss belum diukur secara kuantitatif; oleh karena itu, istilah real-time pada penelitian ini merujuk pada pembaruan data secara langsung selama pengujian, bukan jaminan waktu tanggap deterministik.



Gambar 14. Tampilan realtime database untuk kondisi bearing normal.



Gambar 15. Tampilan realtime database untuk kondisi bearing abnormal.

4.6 Analisis Sistem

Berdasarkan hasil pengujian, MPU6050 menangkap perubahan level pembacaan getaran antara kondisi bearing normal dan abnormal, ACS712 menyediakan pembacaan arus sebagai parameter pendukung, dan ESP32 berhasil mengirimkan data ke Firebase. Dibandingkan penelitian yang telah menerapkan diagnosis otomatis, TinyML, remaining useful life, atau data fusion [11]-[15],

sistem ini memiliki arsitektur yang lebih sederhana dan mudah diterapkan, tetapi belum memberikan klasifikasi otomatis ataupun prognosis. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian adalah demonstrasi prototipe monitoring kondisi dan indikasi awal abnormalitas pada motor satu fasa berdaya kecil.

Tabel 3. Ringkasan hasil pengujian sistem monitoring

Parameter	Bearing normal	Bearing abnormal	Interpretasi
Getaran sumbu Y	-1.148 LSB sampai 13.828 LSB	Sekitar -365 LSB sampai -380 LSB	Perbedaan level pembacaan menunjukkan indikasi kondisi pada konfigurasi uji.
Arus ACS712	Terbaca oleh sistem	Terbaca oleh sistem	Pembacaan arus tersedia, tetapi pemisahan kuantitatif normal-abnormal belum ditetapkan.
Pengiriman data	Terkirim ke Firebase	Terkirim ke Firebase	Komunikasi ESP32-Firebase berfungsi selama pengujian; latensi belum dikarakterisasi.
Indikasi awal	Status normal pada baseline uji	Status abnormal pada baseline uji	Ambang bersifat empiris dan perlu dikalibrasi untuk konfigurasi lain.

5. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun prototipe monitoring kondisi bearing motor induksi satu fasa berbasis Internet of Things menggunakan MPU6050, ACS712, ESP32, LCD, dan Firebase. Pada konfigurasi pengujian, rata-rata pembacaan getaran sumbu Y berubah dari -8 LSB pada bearing normal menjadi sekitar -372 LSB pada bearing abnormal, sehingga terdapat pergeseran level yang dapat digunakan sebagai indikasi awal kondisi. Sensor arus dapat dibaca oleh sistem dan data monitoring berhasil dikirimkan ke Firebase selama pengujian. Hasil tersebut menunjukkan kelayakan prototipe sebagai sistem condition monitoring berbiaya rendah, tetapi belum cukup untuk menyatakan diagnosis bearing yang bersifat umum atau predictive maintenance penuh. Pengembangan selanjutnya perlu mencakup analisis RMS dan frekuensi getaran, pengujian pada variasi beban dan tingkat kerusakan, kuantifikasi data arus, pengukuran latensi komunikasi, serta validasi algoritma klasifikasi otomatis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama Malang yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*, 5th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2012.
- [2] M. P. Groover, *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, 4th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2015.
- [3] R. K. Mobley, *An Introduction to Predictive Maintenance*, 2nd ed. Oxford, U.K.: Butterworth-Heinemann, 2002.
- [4] ISO 10816-3, *Mechanical Vibration - Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-Rotating Parts*, International Organization for Standardization, 2009.
- [5] InvenSense, *MPU-6050 Product Specification*, Sunnyvale, CA, USA, 2023.
- [6] Allegro MicroSystems, *ACS712 Fully Integrated Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC*, Datasheet, Worcester, MA, USA, 2024.
- [7] Espressif Systems, *ESP32 Technical Reference Manual*, Shanghai, China, 2024.
- [8] Google LLC, *Firebase Realtime Database Documentation*, 2025.
- [9] I. J. Nagrath and D. P. Kothari, *Electric Machines*, 4th ed. New Delhi, India: Tata McGraw-Hill, 2010.
- [10] R. C. Dorf and J. A. Svoboda, *Introduction to Electric Circuits*, 9th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2014.
- [11] M. Yousuf, T. Alsuwian, A. A. Amin, S. Fareed, and M. Hamza, "IoT-based Health Monitoring and Fault Detection of Industrial AC Induction Motor for Efficient Predictive Maintenance," *Measurement and Control*, vol. 57, no. 8, pp. 1146–1160, 2024.
- [12] S. Arciniegas, et al., "IoT Device for Detecting Abnormal Vibrations in Motors Using TinyML," *Discover Internet of Things*, vol. 5, 2025.
- [13] "Intelligent Fault Diagnosis of Ball Bearing Induction Motors for Predictive Maintenance Industrial Applications," *Machines*, vol. 13, no. 10, Art. no. 902, 2025.
- [14] N. Z. Zulkifli, et al., "Predicting Remaining Useful Life of Induction Motor Bearings from Motor Current Signatures Using Machine Learning," *Machines*, vol. 13, no. 5, Art. no. 400, 2025.
- [15] "Fault Diagnosis of Induction Motors Using Novel Measurement Techniques and Data Fusion," *Measurement*, vol. 256, 2025.