

Sistem Monitoring Vibrasi Motor Induksi Tiga Fasa dengan ESP32

Hasbi Anugrah¹, Asep Andang², Andri Uhus Rahayu³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Siliwangi, Jl. Mugarsari, Kec. Tamansari, Kota Tasikmalaya, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Received: January 28, 2026
Reviewed: June 10, 2026
Available online: June 30, 2026

KORESPONDEN

E-mail: hanuga.4@gmail.com

ABSTRACT

This research aims to develop a vibration monitoring system for three-phase induction motors using an ESP32-S3 microcontroller and two DFRobot serial accelerometer sensors positioned at the Drive End (DE) and Non-Drive End (NDE). Method: Acceleration data is processed in real-time through numerical integration using the trapezoidal rule to determine vibration velocity (v_{RMS}). Testing was performed on a 5.5 HP motor at 1440 RPM under no-load conditions. Results: Measurement results indicated vibration velocity fluctuations at the DE between 1.82 mm/s and 2.34 mm/s, and at the NDE between 1.37 mm/s and 1.96 mm/s. Based on the ISO 10816-3 standard, these values categorize the motor within Zone A and Zone B, signifying a healthy machine condition. Conclusion: The developed system provides reliable monitoring with an overall accuracy of 94% when compared to the standard GM 63A Vibrometer measuring tool.

KEYWORD: Three-Phase Induction Motor, Vibration Monitoring, ESP32-S3, ISO 10816-3, v_{RMS}

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah membangun sistem monitoring vibrasi pada motor induksi tiga fasa menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 dan dua sensor accelerometer DFRobot yang diletakkan pada bagian Drive End (DE) serta Non-Drive End (NDE). Metode yang digunakan melibatkan akuisisi data percepatan yang diolah secara real-time melalui integrasi numerik aturan trapesium untuk mendapatkan nilai kecepatan getaran (v_{RMS}). Pengujian dilakukan pada motor 5,5 HP berkecepatan 1440 RPM dalam kondisi tanpa beban. Hasil pengukuran menunjukkan fluktuasi kecepatan getaran pada bagian DE berkisar antara 1,82–2,34 mm/s dan pada bagian NDE berkisar antara 1,37–1,96 mm/s. Merujuk pada standar ISO 10816-3, nilai tersebut menempatkan motor pada Zona A dan Zona B yang mengindikasikan kondisi mesin sehat. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memantau vibrasi secara akurat dengan tingkat presisi sebesar 94% jika dibandingkan dengan alat ukur standar Vibrometer GM 63A.

KATA KUNCI: Motor Induksi Tiga Fasa, Monitoring Vibrasi, ESP32-S3, ISO 10816-3, v_{RMS}

PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fasa adalah jenis mesin listrik yang berfungsi mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik. Motor ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri sebagai penggerak utama untuk mendukung proses produksi [1]. Beberapa aplikasi umum motor induksi meliputi pengoperasian *blower* berkapasitas besar untuk menghasilkan aliran udara. Penggerak *conveyor* yang memindahkan barang dari satu lokasi ke lokasi lain. Kemudian penggerak *crane* untuk mengangkat dan memindahkan muatan dari kendaraan ke gudang atau ke lokasi lain. Selain itu, motor induksi juga digunakan untuk menggerakkan pompa dalam sistem sirkulasi air pendingin dan menjalankan berbagai fungsi lain yang mendukung efisiensi hingga produktivitas industri [2].

Di lingkungan industri, motor listrik sering kali dioperasikan dalam durasi yang cukup panjang dengan waktu kerja mencapai 8 hingga 10 jam per hari. Penggunaan secara terus-menerus mengakibatkan motor listrik memiliki batas usia operasional tertentu. Ketika motor listrik mendekati atau mencapai batas usia pemakaian tersebut diperlukan tindakan perawatan berupa pergantian komponen atau bahkan penggantian unit motor secara keseluruhan [3]. Salah satu tindakan pemeliharaan yang umum dilakukan adalah *overhaul* proses perbaikan menyeluruh pada motor listrik. *Overhaul* bertujuan untuk memperpanjang masa pakai motor serta menjaga keandalannya dalam mendukung proses produksi secara optimal [4]. Oleh karena itu, penerapan strategi pemeliharaan ini menjadi langkah penting untuk mengurangi risiko kerusakan mendadak yang dapat mengganggu keberlangsungan operasional industri [5]. Tindakan preventif merupakan langkah prioritas untuk mencegah kerusakan serius pada motor induksi yang dapat dilakukan melalui analisis arus dengan metode *signature analysis* dan pemantauan getaran (*vibration monitoring*) [6]. Deteksi dini penting untuk mengidentifikasi potensi masalah sebelum berkembang menjadi kerusakan yang lebih parah. Jika kerusakan pada motor induksi tidak terdeteksi sejak awal dapat terjadi kegagalan total yang menyebabkan penghentian proses produksi berujung pada kerugian finansial yang signifikan serta perpanjangan waktu *breakdown*. Oleh karena itu, pemeliharaan preventif menjadi solusi utama untuk menjaga keandalan motor dan keberlanjutan operasional industri [7].

Tindakan preventif melalui pemantauan getaran (*vibration monitoring*) menjadi solusi utama untuk menjaga keandalan motor. Meskipun sistem pemantauan getaran telah dikembangkan dalam berbagai penelitian masih terdapat celah yang perlu diperbaiki. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Indra Roza dkk (2020) [8]. Mengimplementasikan alat deteksi getaran menggunakan sensor piezoelektrik yang memiliki 2 axis, sedangkan di dalam vibrasi terdapat 6 axis. Selain itu, analisis yang dilakukan masih terbatas pada besaran frekuensi (Hz) dan belum merujuk pada standar penilaian internasional yang komprehensif untuk menentukan zona kondisi kesehatan mesin.

Berdasarkan penelitian tersebut penulis akan mengembangkan purwarupa menggunakan sensor accelero 6 Axis yang membuat lebih efisien dengan penggunaan sensor 2 Axis sehingga dalam penggunaan pin input dalam mikrokontroler akan lebih efisien.

METODE

Pada penelitian ini membuat sistem monitoring motor induksi 3 fasa di bagian *Drive End* dan *None Drive end* menggunakan dua buah sensor accelerometer dan satu unit mikrokontroler.

Sensor accelerometer pada umumnya menghasilkan data dalam bentuk percepatan (*acceleration*) maka diperlukan proses transformasi matematis melalui integrasi numerik. Metode integrasi aturan trapesium digunakan untuk mengonversi data percepatan diskrit menjadi kecepatan secara *real time*. Proses ini direpresentasikan melalui persamaan berikut [9].

$$v_i = \frac{a_{k-1} + a_k}{2} \times \Delta t \dots\dots\dots (1)$$

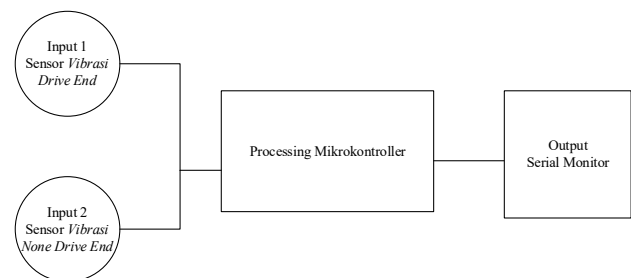
Setelah didapat nilai konversi maka dihitung nilai *Root Mean Square* (RMS). RMS berfungsi sebagai indikator degradasi komponen poros rotor yang telah mendekati batas usia teknis [10].

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i^2} \dots\dots\dots (2)$$

Diakhir setelah mendapatkan nilai RMS maka di bandingkan hasil antara data sensor dan data vibro meter untuk mengetahui berapa error nya. Untuk persamaan error dapat dihitung dengan rumus berikut [11].

$$\text{Error}(\%) = \frac{|V_{\text{manual}} - V_{\text{sensor}}|}{V_{\text{manual}}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

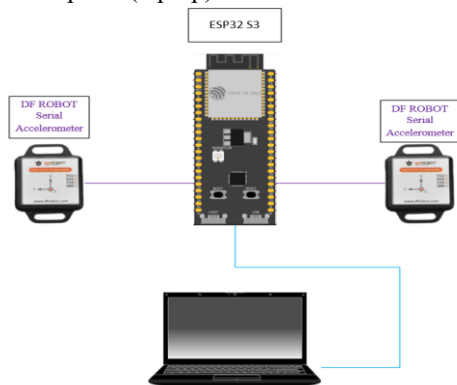
Pada penelitian ini dibangun sistem monitoring yang dapat mengukur vibrasi pada motor induksi 3 fasa menggunakan Satu unit mikrokontroler dan dua buah sensor vibrasi untuk di bagian *drive end* dan *none drive end*. Sensor membaca getaran lalu mikrokontroler mengolah untuk bisa ditampilkan di serial monitor seperti yang ditunjukan di diagram blok pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Alat

Seperti yang di tunjukan pada gambar 2. Untuk ilustrasi sistem monitoring meliputi dua sensor akselerometer dan

satu mikrokontroller. Untuk serial monitor menggunakan satu unit komputer (laptop).



Gambar 2. Wiring sistem monitoring vibrasi

Tahapan alur sistem monitoring vibrasi disajikan dalam diagram alir pada gambar 3. Bagan alir tersebut tahapan operasi sistem pemantauan vibrasi yang dimulai dengan inisiasi perangkat dan kalibrasi titik nol untuk menetapkan referensi pengukuran yang akurat. Setelah sistem siap, sensor akselerometer akan melakukan akuisisi dan transmisi data getaran menuju unit kontroler, yang mencakup konversi besaran fisis (dari percepatan menjadi kecepatan) serta kalkulasi nilai Root Mean Square (RMS). Alur proses ini diakhiri dengan visualisasi hasil pemrosesan data pada antarmuka serial monitor sebagai representasi kondisi vibrasi yang terdeteksi.



Gambar 3. Flowchart sistem monitoring vibrasi motor induksi 3 fasa

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Name Plate motor induksi 3 fasa

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 motor induksi ini memiliki spesifikasi seperti yang di tunjukan tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi motor

Parameter	Nilai	Keterangan
Type	Y112M-4	Tipe atau seri motor. Huruf “Y” menunjukkan motor induksi tiga fasa tipe standar, “112M” menunjukkan ukuran frame (tinggi poros ± 112 mm), dan “4” menunjukkan jumlah kutub (4 pole).
Power	5.5 HP	Daya keluaran motor sebesar 5,5 Horse Power yang setara dengan sekitar 4,1 kW.
Voltage	380/220 V	Tegangan operasi: 380 V untuk sambungan Δ (delta) dan 220 V untuk sambungan Y (bintang).
Current	8.8 / 15.2 A	Arus yang dikonsumsi: 8,8 A (pada 380 V) atau 15,2 A (pada 220 V).
Speed	1440 RPM	Kecepatan nominal motor (putaran per menit). Karena 4 kutub dan frekuensi 50 Hz, kecepatan sinkronnya adalah 1500 RPM, sehingga slip sekitar 4%.
Frequency	50 Hz	Frekuensi suplai listrik yang digunakan.
Insulation Class	B	Kelas isolasi “B” berarti motor mampu bekerja hingga suhu maksimum sekitar 130°C (kenaikan suhu maksimum 80°C di atas suhu lingkungan 40°C).
Protection Class	IP44	Tingkat perlindungan terhadap debu dan air. IP44 berarti: terlindung dari benda padat >1 mm dan percikan air

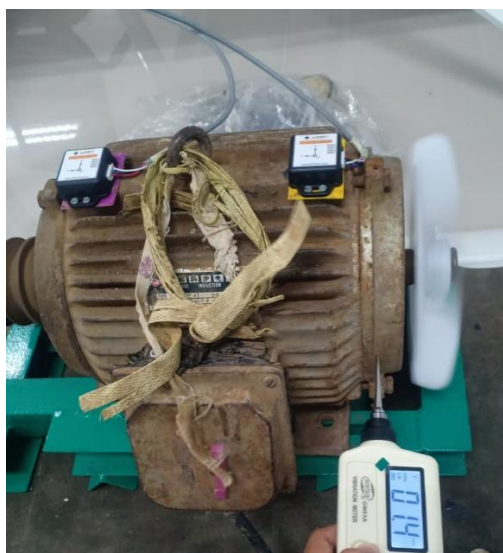
		dari segala arah. Cocok untuk lingkungan industri ringan.
<i>Weight</i>	51 kg	Berat total motor.

Sistem monitoring vibrasi motor induksi 3 fasa menggunakan rangkaian seperti pada gambar 5, terdapat mikrokontroler yang menggunakan satu unit ESP32-S3 dan dua buah sensor akseleometer dari DFROBOT. Sistem ini terhubung dengan komputer (laptop) untuk memasukan program ke ESP32-S3 dan sebagai penampil serial monitor.



Gambar 5. Tampilan sistem monitoring vibrasi motor induksi 3 fasa

Berdasarkan hasil penelitian yang telah penulis lakukan dengan menguji getaran pada kondisi motor tanpa beban menggunakan kecepatan 1440rpm dalam interval waktu 1 menit pada dua bagian motor yaitu di bagian DE (*drive end*) dan NDE (*none drive end*) menghasilkan data kecepatan dengan satuan mm/s sesuai yang ditetapkan oleh standar ISO. Adapun hasilnya sebagai berikut.



Gambar 6. Gambar Pengambilan Data Menggunakan Alat Ukur Vibrometer GM 63A dan Sensor WT61PC (*None Drive End*)

Pada gambar 6 terlihat proses pengukuran vibrasi di bagian *None Drive End* dengan cara mengukur secara bersamaan antara alat ukur dengan sensor dengan durasi selama 1 menit.



Gambar 7. Gambar Pengambilan Data Menggunakan Alat Ukur Vibrometer GM 63A dan Sensor WT61PC (*Drive End*)

Pada gambar 7 terlihat proses pengukuran vibrasi di bagian *Drive End* dengan cara mengukur secara bersamaan antara alat ukur dengan sensor dengan durasi selama 1 menit. Setelah data sensor dan alat ukur didapatkan maka data sensor diolah menggunakan persamaan rumus 1. Setelah mendapatkan $v_1, v_2, \dots, v_N$. Maka dihitung lah rata-rata (RMS) menggunakan persamaan rumus 2. Setelah menggunakan persamaan di atas didapat hasil perhitungan data sensor dan dibandingkan dengan alat ukur vibro meter GM 63A seperti yang dituangkan di tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Pebandingan Hasil Perhitungan RMS Data dan Kalibrasi Data Sensor Dengan Alat Ukur Bagian DE

<i>Drive End (DE)</i>		
Timestamp	Hasil kalibrasi (mm/s)	Manual (mm/s)
3:38:36	2.16	2.1
3:38:37	1.82	2.1
3:38:38	2	2.1
3:38:39	2.18	2.2
3:38:40	2.16	2
3:38:41	1.83	2
3:38:42	2.32	2
3:38:43	2.18	2
3:38:44	1.92	2.1
3:38:45	2.07	2.1
3:38:46	2.31	2.1
3:38:47	2.11	2.1
3:38:48	1.86	2.2
3:38:49	2.06	2.2
3:38:50	2.23	2.2

3:38:51	2.09	2.2
3:38:53	1.82	2.2
3:38:54	2.08	2.2
3:38:55	2.34	2.2
3:38:56	2.1	2.1
3:38:57	1.93	2
3:38:58	2.16	2
3:38:59	2.29	2
3:39:00	2.04	2
3:39:01	2.11	2
3:39:02	2.19	2.1
3:39:03	2.17	2.2
3:39:04	1.83	2.3
3:39:05	2.09	2.4
3:39:06	2.3	2.4
3:39:07	2.04	2.3
3:39:08	1.91	2.2
3:39:09	2.12	2.2
3:39:10	2.3	2.3
3:39:11	2.06	2.2
3:39:12	2.07	2.1
3:39:13	2.21	2.1
3:39:14	2.22	2.1
3:39:15	1.86	2.1
3:39:16	2.13	2
3:39:17	2.15	2
3:39:18	2.1	2
3:39:19	1.88	2
3:39:20	2.11	2
3:39:21	2.33	2
3:39:22	1.95	2
3:39:23	2	2
3:39:24	2.25	2.1
3:39:25	2.26	2.1
3:39:26	1.83	2.1
3:39:27	2.14	2.2
3:39:28	2.18	2.2
3:39:29	2.23	2.2
3:39:30	1.9	2.1
3:39:31	2.04	2.1
3:39:32	2.19	2
3:39:33	2.24	2
3:39:34	1.91	2

3:39:35	2.22	2
3:39:36	2.33	2

Table 3. Pebandingan Hasil Perhitungan RMS Data dan Kalibrasi Data Sensor Dengan Alat Ukur Bagian NDE

<i>None Drive End (NDE)</i>		
Timestamp	Hasil kalibrasi (mm/s)	Manual (mm/s)
3:36:37	1.71	1.7
3:36:38	1.58	1.7
3:36:39	1.4	2
3:36:40	1.71	2
3:36:41	1.7	2
3:36:42	1.57	2
3:36:43	1.68	2
3:36:44	1.81	2
3:36:45	1.47	2
3:36:46	1.62	2
3:36:47	1.83	1.8
3:36:48	1.43	1.7
3:36:49	1.7	1.7
3:36:50	1.88	1.7
3:36:51	1.76	1.7
3:36:52	1.61	1.6
3:36:53	1.9	1.7
3:36:54	1.84	1.7
3:36:55	1.49	1.7
3:36:56	1.7	1.7
3:36:57	1.91	1.7
3:36:58	1.41	1.7
3:36:59	1.63	1.7
3:37:00	1.66	1.7
3:37:01	1.47	1.8
3:37:02	1.57	1.8
3:37:03	1.71	1.8
3:37:04	1.55	1.8
3:37:05	1.72	1.8
3:37:07	1.72	1.9
3:37:08	1.37	1.7
3:37:09	1.74	1.7
3:37:10	1.69	1.6
3:37:11	1.47	1.6
3:37:12	1.75	1.6

3:37:13	1.96	1.6
3:37:14	1.58	1.6
3:37:15	1.47	1.6
3:37:16	1.86	1.5
3:37:17	1.7	1.5
3:37:18	1.73	1.5
3:37:19	1.92	1.5
3:37:20	1.78	1.5
3:37:21	1.57	1.6
3:37:22	1.69	1.6
3:37:23	1.84	1.7
3:37:24	1.43	1.7
3:37:25	1.66	1.7
3:37:26	1.85	1.7
3:37:27	1.43	1.6
3:37:28	1.63	1.6
3:37:29	1.75	1.5
3:37:30	1.45	1.5
3:37:31	1.87	1.5
3:37:32	1.87	1.6
3:37:33	1.61	1.6
3:37:34	1.78	1.6
3:37:35	1.96	1.6
3:37:36	1.65	1.6
3:37:37	1.66	1.7

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 didapat hasil perbandingan antara sistem monitoring berbasis ESP32 dengan alat ukur standar Vibrometer GM 63A menunjukkan nilai yang sangat mendekati:

1. Data *Drive End* (DE) menunjukkan fluktuasi kecepatan getaran di rentang 1,82 mm/s hingga 2,34 mm/s.
2. Data *Non-Drive End* (NDE) menunjukkan nilai getaran yang sedikit lebih rendah, yaitu di rentang 1,37 mm/s hingga 1,96 mm/s.

Jika merujuk pada standar ISO 10816-3, nilai getaran pada motor induksi 3 fasa dengan daya 4,1 kW ini berada pada Zona A (kondisi mesin baru) dan Zona B (dapat beroperasi secara kontinu tanpa batasan jangka panjang). Hal ini mengindikasikan bahwa motor dalam kondisi mekanis yang sehat. Sistem ini juga mampu mencapai akurasi deteksi sebesar 94%.

KESIMPULAN

Sistem monitoring vibrasi yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 dan sensor

accelerometer DFRobot mampu mengukur getaran motor induksi tiga fasa secara *real time*. Proses kalibrasi dengan Vibrometer GM 63A menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat presisi yang tinggi dengan hasil perhitungan v_{RMS} yang konsisten terhadap alat ukur standar. Berdasarkan perhitungan persamaan rumus 3 sistem monitoring vibrasi mencapai tingkat akurasi keseluruhan sebesar 94%.

REFERENSI

- [1] S. Buwarda, L. Lutfi, and M. A. Yaqin, "Monitoring Suhu, Vibrasi dan Arus Motor Induksi 3 Fasa," *Mustek Anim Ha*, vol. 12, no. 02, pp. 137–141, 2023, doi: 10.35724/mustek.v12i02.5455.
- [2] L. Sartika, A. M. Praselia, I. Edison, and N. Nicholas, "Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Scraper Conveyor Di PT . Citra Siwit Lestari," vol. 10, no. 1, pp. 7–16, 2023.
- [3] J. Supriyono, I. Mukhlash, M. Iqbal, and D. A. Asfani, "TE-LSTM : winding temperature prediction for induction motors in the oil and gas industry," vol. 29, no. 3, pp. 819–832, 2025.
- [4] T. Distribusi, S. Dan, S. Komputer, and M. Nadya, "V12 n2," no. December 2020, pp. 433–445, 2021.
- [5] B. Rosyidi, "Studi Inspeksi Kelayakan Instalasi Dan Instrumen Tenaga Listrik," *Sinusoida*, vol. 22, no. 2, pp. 21–33, 2020, doi: 10.37277/s.v22i2.696.
- [6] I. Diah, P. Karyatanti, and M. H. Ramadhanb, "Placement for Condition Monitoring of Rotating Machine Elements Based on HSD Penempatan untuk Pemantauan Kondisi Elemen Mesin Berputar Berdasarkan," vol. 9, no. 1, pp. 50–62, 2025.
- [7] A. Kurniawan, "Pengaruh Looseness Terhadap Vibrasi Peralatan Yang Mengalami Unbalance Dan Misalignment," *Kilat*, vol. 10, no. 1, pp. 138–145, 2021, doi: 10.33322/kilat.v10i1.1172.
- [8] I. Roza, A. Yanie, A. Almi, and L. Andriana, "Implementasi Alat Pendeteksi Getaran Bantalan Motor Induksi Pada Pabrik Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis SMS," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 20–25, 2020, doi: 10.30596/rele.v3i1.5233.
- [9] D. Guo, X. Wang, K. Gao, Y. Jin, J. Ding, and S. Member, "Evolutionary Optimization of High-Dimensional Multiobjective and Many-Objective Expensive Problems Assisted by a Dropout Neural Network," *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Syst.*, vol. 52, no. 1, pp. 2084–2097, 2022, doi: 10.1109/TSMC.2020.3044418.
- [10] P. Fic and A. Czornik, "applied sciences Vibration Velocity Prediction with Regression and Forecasting Techniques for Axial Piston Pump," 2023.
- [11] J. Ilmiah and W. Pendidikan, "Penerapan Peramalan Penjualan Sembako Menggunakan Metode Single Moving Average (Studi Kasus Toko Kelontong Dedeh Retail) Nia Kurnia Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Singaperbangsa Karawang," vol. 8, no. September, pp. 307–316, 2022.