PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM AKUISISI GETARAN, SUHU, DAN ARUS PADA MOTOR LISTRIK MENGGUNAKAN SENSOR ADXL345, DS18B20, DAN ACS712

Ulfa Aini Hilmiyah[1], Siswandari Noertjahjani[2], Aris Kiswanto[3]

[1,2,3] Program Studi S1 Rekayasa Elektro, Jurusan Teknik

Universitas Muhammadiyah Semarang

ulfaaini816@gmail.com, siswandari@unimus.ac.id, ariskiswanto@unimus.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan prototipe akuisisi getaran, suhu, dan arus pada motor induksi satu fasa menggunakan ADXL345, DS18B20, ACS712, dan ESP32. Sistem mengintegrasikan LCD I2C 16×2, Blynk, Telegram, dan buzzer sebagai sarana tampilan dan peringatan. Evaluasi mencakup perbandingan pembacaan sensor terhadap alat acuan serta peninjauan parameter motor. Setiap sensor memiliki sepuluh pasangan pembacaan, terdiri atas lima data saat motor tidak aktif dan lima data saat motor aktif. Perhitungan ulang menghasilkan rerata galat relatif absolut ADXL345 sebesar 4,57% saat motor aktif dan ACS712 sebesar 10,40% saat motor aktif. DS18B20 memiliki rerata selisih absolut 0,70 °C terhadap thermogun. Pembacaan ADXL345 saat motor tidak aktif menunjukkan selisih 0–0,20 m/s² dan memerlukan evaluasi batas deteksi. Nilai 3000 rpm merupakan kecepatan sinkron untuk asumsi motor dua kutub pada 50 Hz, sedangkan 115 VA merupakan daya semu dari tegangan 230 V dan arus 0,5 A. Kecepatan rotor dan daya aktif belum terverifikasi melalui pengukuran langsung. Hasil ini mendukung evaluasi awal prototipe pada kondisi uji yang dilaporkan. Keandalan komunikasi, waktu respons, dan kemampuan deteksi gangguan masih memerlukan pengujian dengan log serta ambang peringatan yang terdokumentasi.

Kata kunci: akuisisi data; sensor; ESP32; motor induksi satu fasa; pemantauan IoT.

ABSTRACT

This study designs and implements a prototype for vibration, temperature, and current acquisition on a single-phase induction motor using ADXL345, DS18B20, ACS712, and ESP32. The system integrates a 16×2 I2C LCD, Blynk, Telegram, and a buzzer for display and warning functions. Evaluation includes comparison against reference instruments and a review of motor parameters. Each sensor has ten paired readings, comprising five readings with the motor off and five with the motor on. Recalculation yields mean absolute relative errors of 4.57% for ADXL345 and 10.40%

for ACS712 with the motor on. DS18B20 has a mean absolute difference of 0.70 °C against an infrared thermometer. ADXL345 readings with the motor off show absolute differences of 0–0.20 m/s² and require detection-limit assessment. The calculated 3000 rpm is synchronous speed for an assumed two-pole motor at 50 Hz, while 115 VA is apparent power calculated from 230 V and 0.5 A. Rotor speed and active power remain unverified by direct measurement. These results support preliminary prototype evaluation under the reported test conditions. Communication reliability, response time, and fault detection require further testing with documented logs and warning thresholds.

***Keywords**: data acquisition; sensors; ESP32; single-phase induction motor; IoT monitoring.*

1. PENDAHULUAN

Motor induksi satu fasa membutuhkan pemantauan parameter operasi untuk mengenali perubahan kondisi selama penggunaan. Getaran, suhu permukaan, dan arus memberi informasi yang berbeda tentang respons mekanis, termal, dan elektris motor. Perubahan ketiga parameter perlu ditafsirkan berdasarkan beban, lokasi pengukuran, serta kondisi lingkungan. Pembacaan sensor saja belum cukup untuk menyimpulkan jenis kerusakan motor.

Penelitian terkait melaporkan pengukuran getaran, suara, dan suhu berbasis Arduino (Meidiasha et al., 2020), pemantauan getaran motor berbasis IoT (Bisri & Anzhory, 2024), penggunaan SKF Quick Collect Sensor (Putri et al., 2024), pemantauan getaran dan suhu secara nirkabel (Setiady et al., 2024), serta pemantauan gangguan berdasarkan suhu, getaran, dan arus (Yusro et al., 2025). Kajian tersebut menjadi dasar pemilihan parameter dan arsitektur pemantauan dalam penelitian ini.

Penelitian ini berfokus pada implementasi sistem pemantauan terintegrasi yang menggabungkan pengukuran getaran, suhu, dan arus pada motor induksi satu fasa menggunakan ESP32, dengan dukungan tampilan lokal, pemantauan melalui Blynk, serta notifikasi Telegram dan buzzer. Evaluasi dilakukan melalui perbandingan pembacaan sensor dengan alat ukur acuan dan pengujian fungsi sistem pada skenario yang terdokumentasi. Kontribusi penelitian terletak pada implementasi dan karakterisasi awal integrasi tersebut. Namun, keunggulan kinerja dibandingkan sistem terdahulu belum dapat disimpulkan karena belum dilakukan pengujian komparatif pada kondisi yang setara.

Tujuan penelitian ialah merancang prototipe, membandingkan pembacaan sensor dengan alat acuan, dan menilai batas interpretasi hasil. Evaluasi memisahkan perbandingan

pengukuran dari perhitungan teoritis motor. Pemisahan ini mencegah penggunaan kecepatan sinkron sebagai kecepatan rotor dan penggunaan daya semu sebagai daya aktif.

Penelitian ini difokuskan pada perancangan, implementasi, dan pengujian sistem akuisisi getaran, suhu, dan arus pada motor listrik menggunakan sensor ADXL345, DS18B20, dan ACS712 yang terintegrasi dengan ESP32 serta sistem pemantauan. Evaluasi dilakukan berdasarkan data pengukuran sensor dan hasil pengujian sistem yang terdokumentasi. Pengujian dilakukan pada satu motor induksi satu fasa dengan sepuluh pasangan pembacaan untuk setiap sensor, yang terdiri atas lima pasangan saat motor tidak aktif dan lima pasangan saat motor aktif. Jumlah data tersebut belum mencakup variasi beban dan kondisi operasi motor secara menyeluruh, serta belum dapat dipastikan sebagai pengulangan eksperimen independen. Validasi sensor dilakukan melalui perbandingan dengan alat ukur acuan, tetapi spesifikasi dan status kalibrasi alat belum terdokumentasi secara lengkap. Selain itu, ambang peringatan suhu 80 °C, arus 4 A RMS, dan getaran 2 m/s^2 masih memerlukan validasi lebih lanjut berdasarkan kondisi operasi motor dan acuan teknis yang relevan. Evaluasi komunikasi terbatas pada skenario yang terdokumentasi karena waktu respons, tingkat keberhasilan komunikasi secara kuantitatif, dan kemampuan pemulihan jaringan belum dapat ditentukan. Dengan demikian, hasil penelitian dibatasi pada karakterisasi awal prototipe berdasarkan kondisi pengujian yang dilaporkan dan belum dapat digunakan untuk menyatakan keandalan sistem secara menyeluruh atau kemampuan diagnosis kerusakan motor.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan Research and Development yang mencakup analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras, pemrograman ESP32, integrasi sensor, serta evaluasi prototipe. Objek uji ialah motor induksi satu fasa tipe MW-125. Kondisi uji terdiri atas motor tidak aktif dan motor aktif. Variasi beban, durasi operasi, dan kondisi lingkungan belum tercatat dalam data pengujian yang tersedia.

Tabel 1. Perangkat dan Fungsi

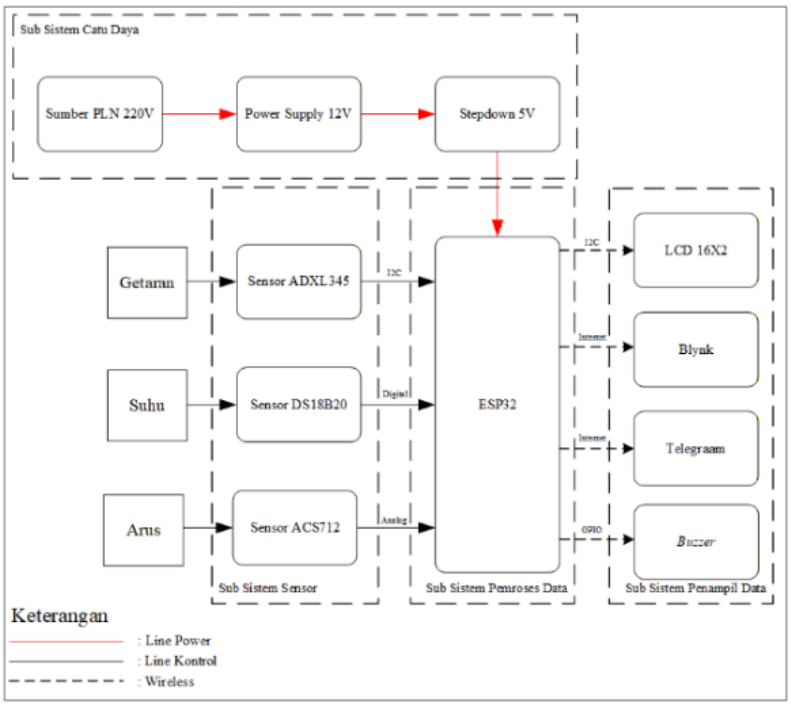
Perangkat	Fungsi
ESP32	Pemrosesan data dan komunikasi jaringan
ADXL345	Pengukuran percepatan terkait getaran

Perangkat	Fungsi
DS18B20	Pengukuran suhu pada permukaan motor
ACS712	Pengukuran arus motor
LCD I2C 16×2	Tampilan lokal
Blynk	Tampilan data melalui jaringan
Telegram dan buzzer	Jalur notifikasi dan peringatan lokal
Catu daya 12 V dan step-down	Penyediaan tegangan perangkat
Accelerometer acuan, thermogun, tang ampere	Pembanding pengukuran sensor

ADXL345 mengukur percepatan statis dan dinamis dengan keluaran digital (Analog Devices, 2015). Karena gravitasi ikut memengaruhi percepatan statis, evaluasi getaran memerlukan keterangan sumbu, orientasi, dan pengolahan sinyal. ACS712 menghasilkan keluaran analog dengan sensitivitas yang bergantung pada varian sensor (Allegro MicroSystems, 2017). DS18B20 menyediakan pembacaan suhu digital; spesifikasi komponen tidak menggantikan evaluasi pemasangan dan kesesuaian alat acuan (Maxim Integrated, 2019).

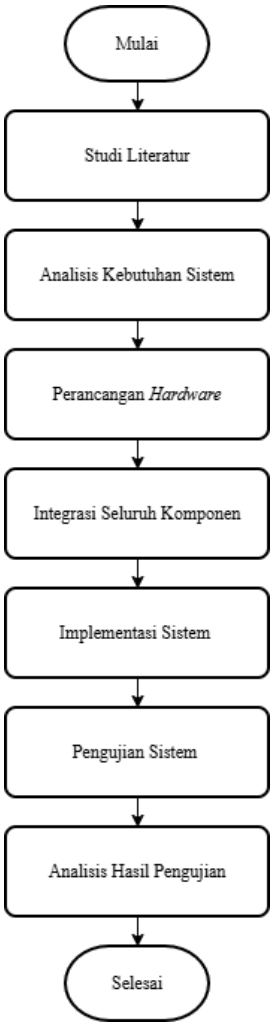
2.2. Arsitektur dan Tahapan Implementasi

Sistem menggunakan catu daya 12 V dan modul step-down untuk menyuplai rangkaian. ESP32 menerima pembacaan ADXL345, DS18B20, dan ACS712, kemudian meneruskan hasil ke LCD dan Blynk. Rancangan perangkat lunak mengaktifkan buzzer dan mengirimkan pesan Telegram ketika parameter melewati ambang yang ditetapkan. Tegangan setiap cabang harus mengikuti spesifikasi komponen dan modul yang digunakan; nilai keluaran step-down tidak otomatis menunjukkan tegangan pada seluruh pin sensor.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Tahapan pengembangan meliputi analisis kebutuhan, perancangan rangkaian, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, perbandingan pembacaan sensor dengan alat acuan, serta analisis hasil. Pengujian perbandingan tidak disebut kalibrasi metrologis karena belum tersedia rekaman penyesuaian, ketertelusuran alat acuan, dan ketidakpastian pengukuran.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.3. Perbandingan Sensor dan Perhitungan Galat

Pengujian dilakukan menggunakan sepuluh pasangan pembacaan untuk setiap sensor, yang terdiri atas lima pasangan saat motor tidak aktif dan lima pasangan saat motor aktif. Setiap pasangan membandingkan pembacaan sensor dengan alat ukur acuan, yaitu accelerometer untuk ADXL345, thermogun untuk DS18B20, dan tang ampere untuk ACS712. Data yang tersedia belum mendokumentasikan waktu dan prosedur pengulangan secara lengkap sehingga sepuluh pasangan pembacaan tersebut belum dapat dipastikan sebagai pengulangan eksperimen yang independen. Identitas model, resolusi, dan status kalibrasi alat ukur acuan perlu dilengkapi berdasarkan catatan pengujian yang tersedia.

$$\Delta_i = |x_i - r_i| \quad (1)$$

$$e_i = (|x_i - r_i| / |r_i|) \times 100\%, \; r_i \neq 0 \quad (2)$$

$$MAE = (\Sigma |x_i - r_i|) / N \quad (3)$$

$$MAPE = (\Sigma e_i) / |K|, \; K = \{i : r_i \neq 0\} \quad (4)$$

Selisih absolut dihitung menggunakan Persamaan (1), sedangkan galat relatif absolut dihitung menggunakan Persamaan (2) untuk nilai acuan yang tidak sama dengan nol. Penjumlahan pada Persamaan (3) mencakup seluruh N pasangan, sedangkan penjumlahan pada Persamaan (4) hanya mencakup anggota K. x_i menyatakan pembacaan sensor, r_i pembacaan alat acuan, N jumlah pasangan, dan K himpunan pasangan dengan nilai acuan bukan nol. Selisih absolut tetap dihitung ketika $r_i = 0$, tetapi galat relatif tidak terdefinisi dan ditulis TT. Rerata galat dilaporkan terpisah menurut kondisi motor. Besaran 100% dikurangi galat tidak digunakan sebagai ukuran akurasi karena tidak mewakili ketidakpastian, rentang ukur, dan kesalahan sistematis.

Untuk suhu, MAE dalam °C menjadi ukuran utama. Galat relatif berbasis °C hanya ditampilkan untuk keterlacakan perhitungan awal, karena nol skala Celsius bukan nol termodinamis. Seluruh rerata dihitung dari data tanpa pembulatan antara, lalu hasil akhir dibulatkan menjadi dua angka desimal.

2.4. Konfigurasi Akuisisi Data dan Prosedur Pengujian

Parameter akuisisi data ditentukan berdasarkan konfigurasi sensor dan pengolahan sinyal yang diterapkan pada firmware ESP32. Sistem menggunakan sensor ADXL345 untuk mengukur getaran, ACS712 untuk mengukur arus listrik, dan DS18B20 untuk mengukur suhu motor. Setiap sensor memiliki metode akuisisi dan pengolahan data yang berbeda sesuai dengan karakteristik sinyal yang diukur.

Sensor ADXL345 dikonfigurasikan pada rentang pengukuran ±4 g dengan laju data sensor sebesar 100 Hz. Data percepatan pada sumbu X, Y, dan Z digunakan untuk menghitung magnitudo percepatan tiga sumbu. Kompensasi offset dilakukan menggunakan rata-rata 200 pembacaan magnitudo pada tahap inisialisasi. Sinyal selanjutnya diolah menggunakan exponential moving average (EMA) dengan faktor penghalusan 0,3 dan dihitung nilai root mean square (RMS) menggunakan jendela sebanyak 80 sampel. Firmware juga menerapkan deadband sebesar 0,15 m/s^2 untuk mengurangi pengaruh perubahan sinyal yang kecil.

Pengukuran arus dilakukan menggunakan sensor ACS712 varian 5 A dengan sensitivitas nominal yang digunakan dalam firmware sebesar 185 mV/A. Offset sensor dihitung dari rata-rata 500 pembacaan ADC pada kondisi tanpa arus. Nilai ADC dikonversi menjadi tegangan menggunakan skala 3,3 V dan nilai maksimum ADC 4095. Perhitungan arus RMS dilakukan pada jendela pengukuran selama 40 ms. Tiga hasil pengukuran RMS

kemudian dirata-ratakan dan dihaluskan menggunakan EMA dengan faktor 0,3. Firmware menerapkan deadband arus sebesar 0,25 A.

Sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu motor dengan interval pembacaan 1.000 ms. Data suhu dihaluskan menggunakan EMA dengan faktor 0,15. Namun, resolusi sensor yang benar-benar dikonfigurasikan pada firmware serta rincian pemasangan sensor belum dapat dipastikan berdasarkan dokumentasi yang tersedia. Parameter pengukuran menggunakan thermogun, seperti emisivitas, jarak pengukuran, titik sasaran, dan waktu pengukuran berpasangan, juga perlu dikonfirmasi melalui catatan pengujian.

Tabel 2. Parameter Akuisisi dan Pengolahan Data Sensor

Parameter	ADXL345 (getaran)	ACS712 (arus)	DS18B20 (suhu)
Sensor	ADXL345	ACS712 varian 5 A	DS18B20
Rentang ukur/konfigurasi	±4 g	Varian 5 A; rentang operasional aktual mengikuti spesifikasi sensor	Resolusi aktual belum terkonfirmasi
Laju data/pembacaan	100 Hz	Laju sampling ADC aktual belum terdokumentasi	Interval pembacaan 1.000 ms
Kanal/sumbu	X, Y, dan Z	GPIO35 pada ESP32	Data suhu
Sensitivitas	Tidak berlaku	185 mV/A	Tidak berlaku
Penentuan offset	Rata-rata 200 pembacaan magnitudo saat inisialisasi	Rata-rata 500 pembacaan ADC tanpa arus	Tidak terdokumentasi
Konversi sinyal	Magnitudo percepatan tiga sumbu	Tegangan ADC dikonversi menggunakan skala 3,3 V dan nilai maksimum 4095	Pembacaan suhu digital
Panjang jendela	80 sampel untuk RMS	40 ms per jendela RMS	Tidak menggunakan jendela RMS
Pengolahan/filter	Kompensasi offset, EMA $(\alpha = 0{,}3)$, dan RMS	RMS, rata-rata tiga hasil RMS, dan EMA $(\alpha = 0{,}3)$	EMA $(\alpha = 0{,}15)$
Parameter tambahan	Deadband 0,15 m/s²	Deadband arus 0,25 A	Detail pemasangan perlu dikonfirmasi

Berdasarkan Tabel 2, konfigurasi akuisisi dan pengolahan data setiap sensor disesuaikan dengan implementasi firmware ESP32. Sensor ADXL345 menggunakan laju data 100 Hz, sedangkan pengukuran arus menggunakan metode RMS dengan jendela pengukuran selama 40 ms. Data suhu DS18B20 diperbarui setiap 1.000 ms. Laju data ADXL345 tersebut merupakan konfigurasi sensor dan tidak menunjukkan interval pembaruan tampilan maupun komunikasi. Sementara itu, laju sampling ADC aktual, nilai numerik offset ACS712, dan resolusi DS18B20 yang dikonfigurasikan belum dapat dipastikan berdasarkan dokumentasi yang tersedia. Oleh karena itu, parameter tersebut

perlu diverifikasi melalui pemeriksaan firmware dan catatan pengujian agar proses akuisisi data dapat direproduksi secara akurat.

Validasi pengukuran dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur acuan. Pada pengukuran getaran, pembandingan perlu menggunakan lokasi pemasangan, sumbu pengukuran, satuan, dan fitur sinyal yang setara. Apabila nilai RMS dibandingkan, alat acuan juga harus menyediakan nilai RMS pada rentang pengukuran yang sama. Pada pengukuran arus AC, nilai RMS sensor dibandingkan dengan nilai RMS alat acuan dalam kondisi beban dan interval pengukuran yang sama. Sementara itu, pengukuran suhu DS18B20 dibandingkan dengan thermogun pada titik permukaan yang sama setelah kondisi termal cukup stabil.

Pengujian yang terdokumentasi mencakup sepuluh pasangan pembacaan untuk setiap sensor, terdiri atas lima pasangan saat motor tidak aktif dan lima pasangan saat motor aktif. Pembacaan sensor dibandingkan dengan alat ukur acuan sesuai parameter yang diukur. Namun, dokumentasi belum mencakup seluruh rincian waktu pengukuran, kondisi beban, durasi operasi, lokasi pemasangan sensor, pengulangan independen, serta spesifikasi alat ukur acuan. Oleh karena itu, data digunakan untuk menganalisis hasil pengukuran yang tersedia dan belum dapat dipastikan mewakili pengulangan eksperimen independen. Keterbatasan dokumentasi tersebut juga memengaruhi keterulangan dan validasi hasil pengukuran.

2.5. Ambang Peringatan dan Pengujian Komunikasi

Penetapan ambang peringatan pada sistem pemantauan motor dilakukan berdasarkan parameter suhu, arus, dan getaran yang dibaca oleh ESP32. Sistem mengaktifkan peringatan ketika salah satu kondisi alarm terpenuhi sesuai dengan logika yang diterapkan pada firmware. Ambang suhu ditetapkan sebesar 80 °C, sedangkan ambang arus ditetapkan sebesar 4 A RMS. Pada pengukuran getaran, sistem menggunakan ambang dasar sebesar 2 m/s^2 yang dikombinasikan dengan nilai dasar adaptif hasil inisialisasi sensor.

Nilai dasar getaran diperoleh setelah sekitar delapan detik melalui rata-rata 100 sampel, dengan toleransi sebesar 0,3 sesuai logika program. Firmware juga menerapkan deadband sebesar 0,15 m/s^2 dan durasi konfirmasi 300 ms untuk kondisi getaran tinggi yang memicu alarm instan. Kondisi suhu dan arus dibandingkan menggunakan operator lebih besar dari (>), sedangkan deteksi getaran menggunakan ambang aktif yang dihitung berdasarkan nilai

dasar adaptif. Parameter tersebut merupakan konfigurasi firmware dan perlu dievaluasi lebih lanjut untuk memastikan kesesuaiannya dengan kondisi operasi motor.

Tabel 3. Parameter Ambang Peringatan dan Pembaruan Data Sistem

Parameter	Konfigurasi	Keterangan
Ambang suhu	80 °C	Alarm jika suhu lebih dari 80 °C
Ambang arus	4 A RMS	Alarm jika arus RMS lebih dari 4 A
Ambang dasar getaran	2 m/s²	Digunakan dalam penentuan ambang getaran adaptif
Inisialisasi nilai dasar getaran	Sekitar 8 detik	Dilakukan pada tahap awal sistem
Jumlah sampel nilai dasar	100 sampel	Digunakan untuk menghitung rata-rata nilai dasar
Toleransi nilai dasar	0,3	Diterapkan dalam logika ambang adaptif
Deadband getaran	0,15 m/s²	Mengurangi respons terhadap perubahan sinyal kecil
Konfirmasi getaran tinggi	300 ms	Durasi konfirmasi sebelum alarm instan
Operator pembanding suhu dan arus	(>)	Alarm aktif jika nilai melampaui ambang
Histeresis alarm	Belum terkonfirmasi	Belum ditemukan konfigurasi histeresis yang jelas
Interval pembaruan LCD	500 ms	Interval pembaruan tampilan
Interval pembaruan Blynk	1.000 ms	Interval pembaruan data pada program
Interval pembatasan notifikasi Telegram	5.000 ms	Interval yang diterapkan dalam logika pengiriman notifikasi
Mekanisme pemulihan jaringan	Belum terverifikasi	Memerlukan pengujian saat jaringan terputus
Waktu respons komunikasi	Belum tersedia	Memerlukan pencatatan waktu pengiriman dan penerimaan

Berdasarkan Tabel 3, sistem menggunakan ambang peringatan yang berbeda untuk setiap parameter pengukuran. Interval pembaruan LCD sebesar 500 ms dan Blynk sebesar 1.000 ms merupakan konfigurasi program, sedangkan interval 5.000 ms pada Telegram merupakan interval pembatasan pengiriman notifikasi. Nilai tersebut tidak menunjukkan waktu respons aktual sistem. Ambang suhu 80 °C, arus 4 A RMS, dan getaran 2 m/s² merupakan parameter pemicu peringatan pada prototipe yang masih memerlukan validasi berdasarkan kondisi operasi motor dan acuan teknis yang relevan. Ambang arus sebagai batas yang tercantum pada firmware yang perlu ditinjau terhadap arus nominal motor sebesar 1 A pada nameplate, sedangkan ambang suhu belum dapat dinyatakan sebagai batas aman berdasarkan data yang tersedia.

Pengujian komunikasi dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian data yang dikirim oleh ESP32 dengan data yang ditampilkan pada dashboard Blynk serta memastikan penerimaan notifikasi Telegram ketika kondisi alarm terjadi. Keberhasilan Blynk

ditentukan berdasarkan kesesuaian nilai pada dashboard dengan data yang dikirim pada identitas parameter dan waktu pengamatan yang sama. Sementara itu, keberhasilan Telegram ditentukan berdasarkan bukti penerimaan pesan, bukan hanya berdasarkan pemanggilan fungsi pengiriman pada program.

Tabel 4. Prosedur Pengujian Ambang Peringatan dan Komunikasi

Objek Pengujian	Prosedur Pengujian	Parameter Evaluasi
Kondisi di bawah ambang	Mengoperasikan sistem pada kondisi pengukuran di bawah nilai ambang	Status alarm dan buzzer
Kondisi tepat pada ambang	Menguji respons ketika nilai pengukuran sama dengan nilai ambang	Kesesuaian logika pembanding dengan status alarm
Kondisi di atas ambang	Menguji respons ketika nilai pengukuran melampaui nilai ambang	Aktivasi alarm dan notifikasi
Dashboard Blynk	Membandingkan nilai yang ditampilkan dengan data yang dikirim ESP32	Kesesuaian nilai, identitas parameter, dan waktu pengamatan
Notifikasi Telegram	Memicu kondisi alarm dan memeriksa pesan yang diterima	Status pengiriman, bukti penerimaan, dan waktu respons
Buzzer	Membandingkan status bunyi dengan kondisi alarm	Kesesuaian aktivasi buzzer terhadap kondisi peringatan
Gangguan jaringan	Memutus koneksi jaringan selama pengujian	Perilaku sistem saat koneksi terputus dan setelah koneksi pulih

Berdasarkan Tabel 4, pengujian dilakukan untuk menilai kesesuaian respons sistem terhadap kondisi pengukuran dan fungsi komunikasi. Pencatatan pengujian perlu mencakup jumlah percobaan, jumlah pengiriman berhasil dan gagal, waktu terjadinya kondisi pemicu, waktu pengiriman, waktu data ditampilkan atau pesan diterima, serta kondisi jaringan selama pengujian. Waktu respons komunikasi dihitung berdasarkan selisih antara waktu pemicu atau pengiriman dan waktu data ditampilkan atau notifikasi diterima. Pengujian kondisi tepat pada ambang perlu memperhatikan operator pembanding yang digunakan pada firmware, sedangkan pengujian gangguan jaringan diperlukan untuk mengetahui perilaku sistem ketika koneksi terputus dan setelah koneksi pulih.

Evaluasi komunikasi pada penelitian ini dibatasi pada pengamatan kesesuaian tampilan data pada LCD dan Blynk serta bukti penerimaan notifikasi Telegram dalam skenario yang terdokumentasi. Waktu pemicu, waktu pengiriman, dan waktu penerimaan pesan belum dicatat secara tersinkronisasi. Selain itu, data pengujian belum mencakup

jumlah percobaan komunikasi pada kondisi jaringan normal dan terputus secara sistematis. Dengan demikian, pengujian ini belum dapat digunakan untuk menentukan waktu respons, tingkat keberhasilan komunikasi secara kuantitatif, atau kemampuan pemulihan jaringan setelah koneksi terputus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Implementasi Prototipe

Prototipe mengintegrasikan ESP32, sensor, LCD, serta buzzer di dalam dan di sekitar box kontrol. ADXL345 dan DS18B20 dipasang pada motor sesuai fungsi pengukurannya. Gambar 3 memperlihatkan implementasi perangkat keras. Keberadaan komponen menunjukkan realisasi prototipe, tetapi tidak menjadi bukti kuantitatif keberhasilan seluruh jalur komunikasi atau deteksi gangguan.



Gambar 3. Implementasi Sistem

3.2. Pengujian Catu Daya

Tabel 5. Perbandingan Tegangan Catu Daya

Keluaran	Referensi (V)	Aktual (V)	Selisih (V)	Deviasi (%)
Power Supply	12,00	12,00	0,00	0
Step-Down	5,00	4,80	0,20	4

Keluaran catu daya sama dengan target 12 V pada pembacaan yang dilaporkan. Step-down menghasilkan 4,80 V, yaitu 0,20 V lebih rendah dari target 5 V atau memiliki deviasi 4,00%. Pengukuran ini menunjukkan nilai keluaran pada kondisi uji tersebut. Kestabilan temporal, ripple, respons perubahan beban, dan kelayakan tegangan tiap komponen belum dapat ditentukan tanpa rekaman tambahan. Rerata deviasi dua keluaran tidak digunakan untuk menyatakan mutu seluruh catu daya.

3.3. Perbandingan Sensor ADXL345

Tabel 6. Perbandingan Sensor ADXL345 dengan *Accelerometer*

Kondisi Motor	**Sensor Getar ADXL345 (m/s^2)**	***Accelerometer*** **(m/s^2)**	**Selisih Absolut (m/s^2)**	**Galat Relatif Absolut (%)**
Mati	0	0	0	TT
Mati	0	0,19	0,19	100,00
Mati	0	0,2	0,20	100,00
Mati	0	0,1	0,10	100,00
Mati	0	0,08	0,08	100,00
Aktif	1,73	1,88	0,15	7,98
Aktif	1,91	2,01	0,10	4,98
Aktif	2,03	2,05	0,02	0,98
Aktif	2,37	2,24	0,13	5,80
Aktif	2,48	2,56	0,08	3,13

TT = tidak terdefinisi karena nilai acuan nol.

Pada kondisi motor aktif, ADXL345 menghasilkan rerata galat relatif absolut sebesar 4,57% dan MAE sebesar 0,096 m/s². Pada kondisi motor tidak aktif, empat pasangan dengan nilai acuan bukan nol menghasilkan galat relatif absolut sebesar 100%, sedangkan pasangan dengan nilai sensor dan acuan sama-sama nol memiliki galat relatif yang tidak terdefinisi. MAE pada kondisi motor tidak aktif sebesar 0,114 m/s². Apabila sembilan pasangan pengukuran dengan nilai acuan bukan nol digabungkan, rerata galat relatif absolut mencapai 46,98%. Nilai tersebut dipengaruhi oleh pembacaan acuan yang mendekati nol sehingga dapat menghasilkan persentase galat relatif yang besar. Oleh karena itu, hasil evaluasi ADXL345 disajikan secara terpisah berdasarkan kondisi motor aktif dan tidak aktif untuk menghindari interpretasi yang kurang representatif terhadap kinerja sensor.

3.4. Perbandingan Sensor DS18B20

Tabel 7. Perbandingan Sensor DS18B20 dengan *Thermogun*

Kondisi Motor	**Sensor Suhu DS18B20 (℃)**	***Thermogun*** **(℃)**	**Selisih Absolut (℃)**	**Galat Relatif (%)**
Mati	27,5	28,4	0,9	3,17
Mati	27,4	28,7	1,3	4,53
Mati	27,4	27,8	0,4	1,44
Mati	27,2	27,6	0,4	1,45
Mati	27,1	27,3	0,2	0,73

Kondisi Motor	Sensor Suhu DS18B20 (℃)	*Thermogun* (℃)	Selisih Absolut (℃)	Galat Relatif (%)
Aktif	28,3	30,9	2,6	8,41
Aktif	31,5	31,2	0,3	0,96
Aktif	39,8	39,9	0,1	0,25
Aktif	46,7	46,4	0,3	0,65
Aktif	51,2	51,7	0,5	0,97

MAE DS18B20 terhadap *thermogun* adalah 0,7 °C untuk sepuluh pasangan. Selisih maksimum 2,6 °C terjadi pada pembacaan 28,3 °C dibandingkan 30,9 °C. Rerata galat relatif pada skala Celsius sebesar 2,26% hanya menjadi ukuran tambahan. Pembacaan suhu yang meningkat pada urutan data aktif tidak membuktikan laju kenaikan suhu karena waktu tiap pengamatan belum tercatat.

DS18B20 mengukur suhu melalui kontak termal, sedangkan thermogun mengukur radiasi permukaan. Perbedaan titik ukur, emisivitas, kontak termal, dan waktu respons dapat memengaruhi selisih. Data ini belum dapat memisahkan galat sensor dari perbedaan metode pengukuran. Uji lanjutan perlu menyeragamkan lokasi dan waktu pengukuran.

3.5. Perbandingan Sensor ACS712

Tabel 8. Perbandingan Sensor ACS712 dengan Tang Amper

Kondisi Motor	Sensor Arus ACS712 (A)	Tang Amper (A)	Selisih Absolut (A)	Galat Relatif (%)
Mati	0	0	0	TT
Mati	0	0	0	TT
Mati	0	0	0	TT
Mati	0	0	0	TT
Mati	0	0	0	TT
Aktif	0,55	0,5	0,05	10
Aktif	0,55	0,5	0,05	10
Aktif	0,55	0,5	0,05	10
Aktif	0,55	0,5	0,05	10
Aktif	0,56	0,5	0,06	12

TT = tidak terdefinisi karena nilai acuan nol.

Saat motor aktif, empat pembacaan 0,55 A terhadap acuan 0,50 A menghasilkan galat 10,00%, sedangkan pembacaan 0,56 A menghasilkan galat 12,00%. Rerata galat kondisi aktif adalah 10,40%, dengan MAE 0,052 A. Kelima pasangan saat motor tidak aktif memiliki selisih absolut 0 A dan galat relatif tidak terdefinisi. Nilai rerata 5,20%

sebelumnya berasal dari memasukkan lima pasangan acuan nol sebagai galat 0%, sehingga tidak tepat sebagai rerata galat relatif.

Galat positif pada seluruh data aktif menunjukkan sensor membaca lebih tinggi daripada tang ampere pada titik sekitar 0,50 A. Pemeriksaan offset, sensitivitas varian ACS712, konversi ADC, dan pengolahan RMS diperlukan. Karena semua nilai acuan aktif sama, hasil ini belum menunjukkan ketelitian pada rentang arus lain atau linearitas sensor.

3.6. Evaluasi Parameter Motor

Tabel 9. Spesifikasi Motor Yang Tercantum Pada Nameplate

Parameter	Nilai
Tipe	MW-125
Tegangan nominal	225 V
Frekuensi nominal	50 Hz
Kecepatan nominal	2800 rpm
Daya tercantum	125 W
Arus nominal	1 A
Kelas isolasi	B

Nameplate menunjukkan spesifikasi nominal, bukan hasil pengukuran pada setiap kondisi operasi (ABB, 2026). Kelas isolasi B menunjukkan kelas termal sistem isolasi dan bukan suhu lingkungan normal 130 °C. Kelas tersebut juga tidak membenarkan penggunaan batas 80 °C pada suhu permukaan tanpa dasar tambahan. Interpretasi daya 125 W perlu dikonfirmasi dari dokumentasi motor untuk memastikan apakah nilai tersebut menyatakan daya keluaran nominal.

$$n_s = 120f / p_k \quad (6)$$

$$n_s = 120 \times 50 / 2 = 3000\, rpm \quad (7)$$

$$s = (n_s - n_r) / n_s \quad (8)$$

n_s merupakan kecepatan sinkron, f frekuensi suplai, p_k jumlah kutub, n_r kecepatan rotor, dan s slip. Asumsi dua kutub perlu dikonfirmasi dari spesifikasi motor. Penggunaan kecepatan nominal 2800 rpm menghasilkan slip nominal ilustratif 6,67% terhadap 3000 rpm. Nilai ini bukan hasil pengukuran slip pada pengujian. Kecepatan rotor aktual memerlukan pengukuran tachometer pada kondisi operasi yang sama.

$$S = V_{rms} \times I_{rms} = 230 \times 0{,}5 = 115\, VA \quad (9)$$

$$P_{in} = V_{rms} \times I_{rms} \times PF = 115 \times PF\, W \quad (10)$$

Daya semu dan daya aktif merupakan besaran berbeda (Fluke, tanpa tahun). S menyatakan daya semu, P_{in} daya aktif masukan, dan PF faktor daya. Persamaan (9) menggunakan tegangan dan arus RMS yang tercantum pada ringkasan kondisi operasi. Pengukuran daya aktif membutuhkan faktor daya atau wattmeter. Daya mekanis keluaran memerlukan torsi serta kecepatan rotor atau efisiensi yang tervalidasi. Nilai 115 VA tidak dapat dibandingkan langsung dengan daya 125 W pada nameplate.

Tabel 10. Status Parameter Pada Ringkasan Kondisi Operasi

Parameter	Nilai	Dasar dan Batas Interpretasi
Tegangan	230 V	Nilai dilaporkan; alat ukur dan log perlu dilengkapi
Frekuensi	50 Hz	Nilai dilaporkan; bukti pengukuran perlu dilengkapi
Arus acuan	0,50 A	Tercantum pada lima pasangan data aktif
Kecepatan sinkron	3000 rpm	Perhitungan dengan asumsi dua kutub
Kecepatan rotor aktual	Belum tersedia	Memerlukan tachometer
Daya semu	115 VA	Perhitungan dari 230 V dan 0,50 A
Daya aktif masukan	Belum tersedia	Memerlukan PF atau wattmeter
Suhu permukaan terukur	27,10–51,20 °C	Rentang seluruh pembacaan DS18B20
Ambang suhu 80 °C	Belum terverifikasi	Dasar teknis dan pengujian ambang belum tersedia

Arus acuan 0,50 A lebih rendah dari arus nominal 1 A, tetapi hubungan ini belum menjelaskan kondisi beban atau efisiensi. Perbedaan terhadap nameplate bukan otomatis galat karena nilai nominal dan nilai operasi memiliki konteks berbeda. Validasi kondisi motor membutuhkan dokumentasi beban, pengukuran simultan, dan kriteria penerimaan yang jelas.

3.7. Bukti komunikasi dan batas hasil

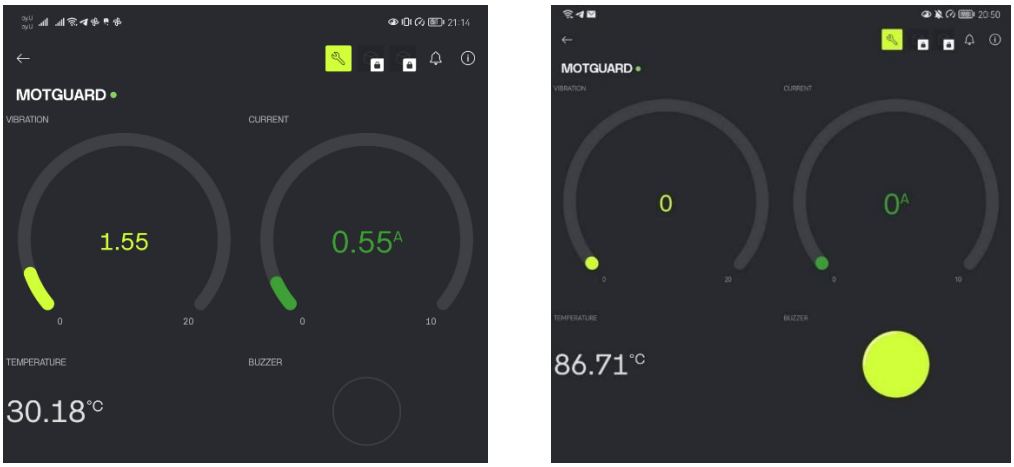
Pengujian integrasi menunjukkan bahwa data dapat ditampilkan pada LCD dan dashboard Blynk dalam sepuluh skenario yang terdokumentasi. Notifikasi Telegram tercatat terkirim pada empat skenario yang memiliki sedikitnya satu parameter berstatus abnormal, sedangkan enam skenario normal tidak menghasilkan notifikasi. Hasil ini menunjukkan fungsi pemantauan dan peringatan pada skenario yang diuji. Namun, karena pencatatan waktu pemicu, pengiriman, dan penerimaan belum dilakukan secara

tersinkronisasi, waktu respons dan tingkat keberhasilan komunikasi pada berbagai kondisi jaringan belum dapat dihitung secara kuantitatif.

Tabel 11. Pengujian Sistem MOTGUARD

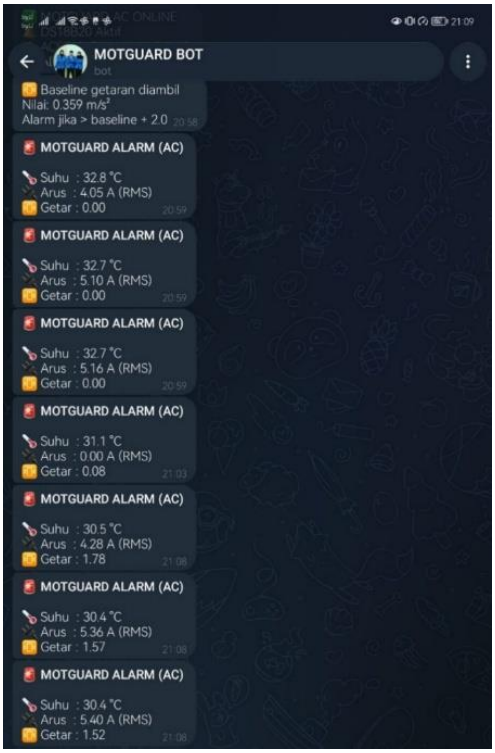
No	Parameter						LCD	Blynk	Telegram	Buzzer	
	Suhu (°C) Hasil Uji	Kondisi	Arus (A) Hasil Uji	Kondisi	Getaran (m/s^2) Hasil Uji	Kondisi				ON	OFF
1	96,6	Abnormal	5,44	Abnormal	2,11	Abnormal	Tampil	Tampil	Terkirim	✓	
2	83,71	Abnormal	4,56	Abnormal	1,92	Normal	Tampil	Tampil	Terkirim	✓	
3	30,21	Normal	2,76	Normal	0,56	Normal	Tampil	Tampil	Tidak Terkirim		✓
4	18,35	Normal	3,65	Normal	1,14	Normal	Tampil	Tampil	Tidak Terkirim		✓
5	79,03	Normal	1,01	Normal	6,61	Abnormal	Tampil	Tampil	Terkirim	✓	
6	30,05	Normal	3,29	Normal	0,78	Normal	Tampil	Tampil	Tidak Terkirim		✓
7	59,36	Normal	6,13	Abnormal	2,48	Abnormal	Tampil	Tampil	Terkirim	✓	
8	27,9	Normal	0,56	Normal	1,72	Normal	Tampil	Tampil	Tidak Terkirim		✓
9	60,45	Normal	2,69	Normal	1,65	Normal	Tampil	Tampil	Tidak Terkirim		✓
10	52,68	Normal	2,74	Normal	1,45	Normal	Tampil	Tampil	Tidak Terkirim		✓

Dokumentasi pengujian juga mencakup tampilan Blynk dan notifikasi Telegram ketika terjadi kondisi suhu, arus, atau getaran abnormal, serta pengujian fungsi buzzer sebagai peringatan lokal. Namun, data yang tersedia belum mencakup pencatatan waktu pemicu, pengiriman, dan penerimaan pesan secara tersinkronisasi. Oleh karena itu, waktu respons komunikasi belum dapat dihitung secara kuantitatif dan keandalan komunikasi pada seluruh kondisi jaringan belum dapat disimpulkan.



(a) (b)

Gambar 4. (a) Tampilan Blynk saat Kondisi Normal dan (b) Tampilan Blynk saat Kondisi Abnormal



Gambar 5. Notifikasi Telegram saat Arus Abnormal

Evaluasi penelitian ini terbatas pada satu motor induksi satu fasa dan sepuluh pasangan pembacaan untuk setiap sensor. Dokumentasi mengenai pengulangan independen, variasi beban, ketidakpastian alat acuan, dan pengujian gangguan terkontrol belum tersedia secara lengkap. Dengan demikian, hasil penelitian mendukung karakterisasi awal prototipe pada kondisi pengujian yang dilaporkan, tetapi belum membuktikan kemampuan diagnosis kerusakan, efektivitas deteksi dini, atau keandalan pemantauan pada

seluruh kondisi operasi. Pengujian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi aspek tersebut melalui variasi kondisi operasi dan pencatatan hasil yang terukur.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan prototipe sistem akuisisi getaran, suhu, dan arus pada motor induksi satu fasa menggunakan sensor ADXL345, DS18B20, ACS712, dan ESP32 yang terintegrasi dengan LCD, Blynk, Telegram, serta buzzer. Pada kondisi motor aktif, ADXL345 menghasilkan rerata galat relatif absolut sebesar 4,57% dengan MAE 0,096 m/s², sedangkan ACS712 menghasilkan rerata galat relatif absolut sebesar 10,40% dengan MAE 0,052 A. DS18B20 memiliki MAE sebesar 0,70 °C terhadap thermogun. Evaluasi parameter motor menunjukkan bahwa 3.000 rpm merupakan kecepatan sinkron berdasarkan asumsi dua kutub, sedangkan 115 VA merupakan daya semu berdasarkan tegangan 230 V dan arus 0,50 A. Kecepatan rotor aktual dan daya aktif belum terverifikasi melalui pengukuran langsung. Bukti pengujian menunjukkan fungsi pemantauan dan notifikasi pada skenario yang terdokumentasi, tetapi belum cukup untuk menentukan waktu respons, keandalan komunikasi jaringan secara kuantitatif, atau kemampuan diagnosis kerusakan motor. Dengan demikian, hasil penelitian merupakan karakterisasi awal prototipe pada kondisi pengujian yang dilaporkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

ABB. (2026). How To Read A NEMA Motor Nameplate. https://new.abb.com/news/detail/132261/how-to-read-a-nema-motor-nameplate

Allegro MicroSystems. (2017). ACS712: Fully Integrated, Hall-Effect-Based Linear Current Sensor IC (Rev. 16) [Datasheet]. https://www.allegromicro.com/-/media/Files/Datasheets/ACS712-Datasheet.ashx

Analog Devices. (2015). ADXL345: 3-Axis, ±2 g / ±4 g / ±8 g / ±16 g Digital Accelerometer (Rev. G) [Datasheet]. https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/adxl345.pdf

Bisri, M. Z., & Anzhory, I. (2024). Alat Monitoring Getaran Motor Listrik Induksi 1 Phase Berbasis Internet of Things (IoT). *Innovative Technologica: Methodical Research Journal, 3*(2), 1–6. https://doi.org/10.47134/innovative.v3i2.100

Fluke. (n.d.). Fluke 43B Applications Manual. https://media.fluke.com/16ed2e6a-cae4-4d6a-ad56-b10800c1cc90_original%20file.pdf

Maxim Integrated. (2019). DS18B20: Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer (Rev. 6) [Datasheet]. https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ds18b20.pdf

Meidiasha, D., Rif'an, M., & Subekti, M. (2020). Alat Pengukur Getaran, Suara Dan Suhu Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Indikasi Kerusakan Motor Induksi Berbasis Arduino. *Journal of Electrical Vocational Education and Technology, 5*(1). 27-31. https://doi.org/10.21009/JEVET.0051.05

Putri, S. L., Cahyono, B. D., & Tirtayasa, S. A. (2024). Monitoring Suhu, Getaran, Dan Arus Pada Motor Induksi Menggunakan SKF Quick Collect Sensor di PT Satya Raya Keramindoindah. *Journal of Global and Multidisciplinary, 2*(3), 1413–1419. https://journal.institercom-edu.org/index.php/multiple/article/view/313

Setiady, W., Nugroho, O. A., Susanto, J., Adittya, E., Wijayanti, S. H., & Karimayanti, A. (2024). Perancangan Dan Pembuatan Alat Monitoring Getaran Dan Suhu Mesin Nirkabel Untuk Mempermudah Pekerjaan Maintenance di PT Tata Metal Lestari. *Jurnal Elementer (Elektro dan Mesin Terapan), 10*(2), 30–40. https://doi.org/10.35143/elementer.v10i2.6453

Yusro, I., Setiawan, A., & Samodro, N. U. (2025). Desain Sistem Monitoring Gangguan Motor Induksi Berdasarkan Nilai Suhu, Getaran, dan Konsumsi Arus. Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung, 6(1S1), 207–216. https://doi.org/10.23960/jpi.v6n2.213.