

Rancang Bangun Modul Akuisisi Data Getaran, Suhu, Suara, dan RPM Berbasis Transmisi Seluler 2G Tanpa Gateway untuk Monitoring Real-Time Motor Tiga Fasa.pdf

by kelompokhdujao@gmail.com kelompokhdujao@gmail.com

Submission date: 14-Apr-2026 07:40PM (UTC+0900)

Submission ID: 2870067658

File name:

Rancang_Bangun_Modul_Akuisisi_Data_Getaran_Suhu_Suara_dan_RPM_Berbasis_Transmisi_Seluler_2G_Tanpa_Gateway_untuk_Monitoring_Real-Time_Motor_Tiga_Fasa.pdf (786.01K)

Word count: 3485

Character count: 20756

Rancang Bangun Modul Akuisisi Data Getaran, Suhu, Suara, dan RPM Berbasis Transmisi Seluler 2G Tanpa Gateway untuk Monitoring Real-Time Motor Tiga Fasa

Dafit Ody Endriantono¹, Ahma Zen Ashari²

^{1,2}Departemen Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Jl. Raya ITS – Kampus PENS, Sukolilo, Surabaya

*E-mail: dafitody04@ee.student.pens.ac.id

Abstract

Industrial machine reliability is a cornerstone of productivity in Industry 4.0, where induction motor failure often leads to significant unplanned downtime. This research aims to develop and evaluate SIGIO (System for Industrial Grievance Investigation through Industrial Observation), an integrated portable device for real-time condition monitoring of three-phase industrial motors. The device utilizes an ESP32-S3 microcontroller to acquire data from four critical parameters: temperature (RTD PT100), rotation speed (E180-D80NK), vibration (GY-521), and acoustic signals (INMP441). Unlike conventional systems, SIGIO implements a gateway-less architecture using a 2G cellular network via SIM900A for direct-to-cloud transmission. Sensor validation tests showed average errors of 6.48% for temperature and 5.04% for RPM, along with consistent vibration and acoustic data acquisition stored on an SD Card. Operational testing demonstrated a battery life of 5 hours and 40 minutes and an average data latency of 2 seconds. The results indicate that SIGIO is an effective, portable, and cost-efficient solution for early fault detection. In conclusion, the device provides a reliable tool to support predictive maintenance strategies in smart manufacturing environments.

Kata kunci: Industrial Motors; Condition Monitoring; Internet of Things; Predictive Maintenance; Gateway-less

Abstrak

Keandalan mesin produksi merupakan pilar utama produktivitas di era Industri 4.0, di mana kegagalan motor induksi seringkali menyebabkan waktu henti (*unplanned downtime*) yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji SIGIO (*System for Industrial Grievance Investigation through Industrial Observation*), sebuah perangkat portabel terintegrasi untuk pemantauan kondisi motor industri tiga fasa secara *real-time*. Perangkat ini menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 untuk mengakuisisi data dari empat parameter kritis: suhu (RTD PT100), kecepatan putar (E180-D80NK), getaran (GY-521), dan sinyal akustik (INMP441). Berbeda dengan sistem konvensional, SIGIO mengimplementasikan arsitektur *gateway-less* menggunakan jaringan seluler 2G melalui SIM900A untuk transmisi *direct-to-cloud*. Hasil validasi sensor menunjukkan rata-rata error sebesar 6,48% untuk suhu dan 5,04% untuk RPM, serta akuisisi data getaran dan suara yang konsisten tersimpan pada SD Card. Pengujian operasional menunjukkan ketahanan baterai selama 5 jam 40 menit dan rata-rata latensi data sebesar 2 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SIGIO merupakan solusi yang efektif, portabel, dan efisien secara biaya untuk deteksi dini kerusakan mesin. Disimpulkan, perangkat ini menjadi instrumen yang reliabel untuk mendukung strategi pemeliharaan prediktif pada lingkungan manufaktur cerdas.

Kata kunci: Motor Industri; Pemantauan Kondisi; Sistem Terkoneksi; Pemeliharaan Prediktif; Tanpa Gateway

1. Pendahuluan

Di era Industri 4.0, keandalan mesin produksi menjadi pilar utama dalam menjaga produktivitas dan efisiensi manufaktur [1]. Motor induksi tiga fasa merupakan komponen penggerak yang paling banyak digunakan di industri karena konstruksinya yang kokoh dan efisiensinya yang tinggi [2]. Namun, operasional motor yang terus-menerus dalam beban tinggi seringkali luput dari pemantauan berkala, yang berujung pada kerusakan fatal atau *unplanned downtime* [3]. Data industri menunjukkan bahwa kegagalan motor dapat menyebabkan kerugian finansial yang signifikan, di mana biaya perbaikan dan kehilangan waktu produksi bisa mencapai ribuan dolar per jam pada lini manufaktur skala besar [4].

Faktor utama kegagalan motor tiga fasa umumnya diawali oleh anomali pada parameter fisik seperti kenaikan suhu yang ekstrem, getaran (*vibration*) yang tidak normal, suara bising (*noise*), serta fluktuasi RPM yang tidak stabil [5]. Kegagalan mekanis seperti kerusakan bearing menyumbang sekitar 40% dari total kerusakan motor, yang biasanya dapat dideteksi lebih awal melalui analisis getaran dan suhu [6, 7]. Sayangnya, metode pemantauan konvensional masih

banyak bergantung pada inspeksi manual menggunakan alat ukur portabel yang rawan akan kesalahan manusia (*human error*) dan tidak mampu memberikan data secara *real-time* [8].

Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) hadir sebagai solusi untuk pemantauan kondisi mesin (*condition monitoring*) secara otomatis [9]. Meskipun penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi penggunaan sensor nirkabel, sebagian besar sistem masih bergantung pada infrastruktur *gateway* yang kompleks dan mahal, serta memerlukan jaringan *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) lokal yang seringkali tidak stabil di lingkungan pabrik yang luas [10, 11]. Tantangan integrasi ini seringkali menghambat adopsi teknologi IoT pada industri menengah.

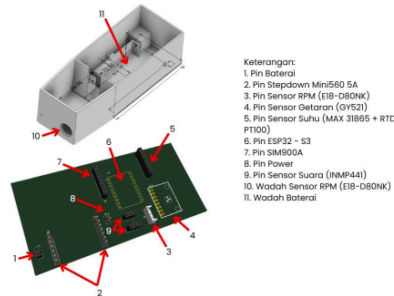
Guna mengatasi berbagai kendala tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan sebuah modul akuisisi data terintegrasi bernama SIGIIO (*System for Industrial Grievance Investigation through Industrial Observation*) yang mampu mendeteksi suhu, getaran, suara, dan RPM secara simultan. Inovasi utama dari sistem ini adalah arsitektur *gateway-less*, di mana data dikirimkan secara langsung (*direct transmission*) melalui jaringan seluler 2G ke *cloud server*. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan jangkauan transmisi yang luas dan kemudahan instalasi tanpa bergantung pada infrastruktur lokal perusahaan. Uji coba prototipe implementasi sistem ini dilakukan untuk memonitor performa motor tiga fasa pada lingkungan industri, sehingga potensi kerusakan dapat dideteksi lebih dini guna mendukung strategi *predictive maintenance* yang lebih efisien [12].

2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian ini meliputi proses perancangan desain fisik perangkat keras, penyusunan arsitektur sistem secara menyeluruh, serta pelaksanaan prosedur pengujian. Rangkaian tahapan ini dilakukan untuk memverifikasi dan memvalidasi keandalan fungsional dari modul SIGIIO yang dikembangkan.

2.1 Prototipe Perangkat SIGIIO

Modul SIGIIO dirancang menggunakan wadah berbahan plastik dengan bentuk geometri persegi panjang yang memiliki dimensi 19,5 cm x 6,8 cm x 6,2 cm. Seluruh komponen utama sistem diintegrasikan di dalam wadah tersebut, yang meliputi unit pemroses ESP32-S3, modul komunikasi SIM900A, serta sistem catu daya berupa dua unit baterai 18650 dan regulator tegangan *step-down* Mini560 5A. Untuk akuisisi data, sistem ini menyatukan berbagai sensor spesifik, yakni sensor suhu RTD PT100 (terintegrasi dengan MAX31865), akselerometer GY-521 untuk getaran, sensor suara INMP441, serta sensor kecepatan putar E18-D80NK. Visualisasi dari rancangan fisik perangkat SIGIIO ini disajikan pada Gambar 1.



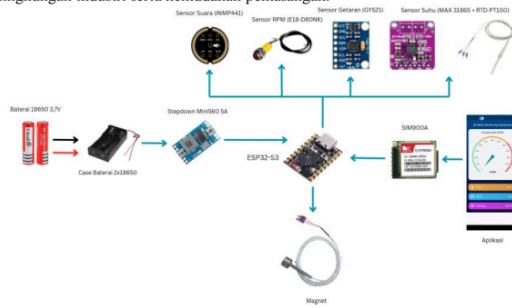
Gambar 1. Desain mekanik wadah (*enclosure*) dan tata letak komponen elektronik SIGIIO

2.2 Arsitektur dan Skema Perangkat SIGIIO

Pengembangan perangkat SIGIIO diarahkan untuk melakukan observasi parameter mekanis pada motor industri tiga fasa, meliputi akselerasi getaran, temperatur, sinyal suara, dan kecepatan putar secara *real-time*. Data tersebut dikumpulkan sebagai basis informasi bagi strategi pemeliharaan prediktif. Arsitektur sistem mengandalkan mikrokontroler ESP32-S3 sebagai otak pemrosesan pusat yang seluruh komponennya diintegrasikan ke dalam sebuah wadah ringkas (*portable*). Detail mengenai interkoneksi antar komponen disajikan melalui diagram skematik pada Gambar 2.

Instrumentasi sensor pada modul ini mencakup GY-521 untuk analisis vibrasi, E18-D80NK sebagai sensor kecepatan (*tachometer*), serta mikrofon MEMS INMP441 untuk menangkap profil akustik mesin. Guna menjamin presisi pada pengukuran suhu, sistem menggunakan sensor RTD PT100 yang dipadukan dengan modul konverter MAX31865. Seluruh jalur komunikasi data dari tiap-tiap sensor tersebut dihubungkan secara langsung menuju terminal *input-output* (I/O) pada ESP32-S3. Energi perangkat disuplai oleh dua buah baterai 18650 (3,7V) yang dirangkai dalam satu case, di mana tegangannya diturunkan menggunakan modul *step-down* Mini560 5A agar sesuai dengan kebutuhan level tegangan sistem. Untuk konektivitas, SIGIIO menggunakan modul SIM900A yang memungkinkan transmisi data

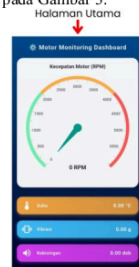
langsung ke *cloud server* melalui jaringan seluler 2G tanpa memerlukan infrastruktur *gateway* tambahan. Perangkat ini juga dilengkapi dengan magnet pada bagian bawah wadah untuk memastikan modul dapat terpasang dengan kuat dan stabil pada *casing* besi motor industri. Data yang telah dikirim kemudian ditampilkan pada aplikasi monitoring sebagai pusat informasi bagi pengguna. Semua komponen disusun secara sistematis dalam satu sistem tertutup yang dirancang untuk ketahanan di lingkungan industri serta kemudahan pemasangan.



Gambar 2. Arsitektur perangkat keras dan konektivitas SIGIIO

2.3 Perancangan Antarmuka Aplikasi SIGIIO

Guna memvisualisasikan hasil akuisisi data secara seketika (*real-time*), aplikasi SIGIIO dibangun menggunakan kerangka kerja (*framework*) Flutter. Tahap perancangan antarmuka dilakukan melalui Figma untuk menjamin tata letak yang ergonomis, responsif, serta intuitif bagi operator di sektor industri. Perangkat lunak ini mengintegrasikan monitoring parameter krusial motor tiga fasa, yang mencakup laju rotasi (RPM) melalui indikator gauge meter, serta pemantauan suhu, level getaran, dan intensitas kebisingan untuk mendukung efektivitas strategi *predictive maintenance*. Ilustrasi rancangan antarmuka aplikasi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Visualisasi rancangan antarmuka pada aplikasi pemantauan SIGIIO

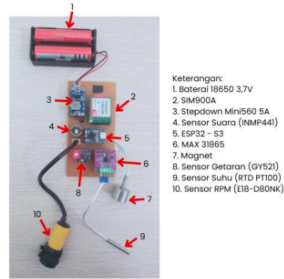
2.4 Alat Pendukung Pengujian

Prosedur verifikasi keandalan SIGIIO dilakukan melalui pendekatan komparatif, di mana hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan instrumen referensi standar untuk memastikan akurasi sistem. Sensor DHT11 digunakan sebagai pembanding untuk memvalidasi hasil pembacaan suhu dari sensor RTD PT100 dengan MAX31865. Untuk validasi kecepatan putar, sensor TCRT5000 digunakan sebagai pembanding terhadap hasil pembacaan sensor E18-D80NK guna memverifikasi akurasi nilai RPM motor. Pada parameter getaran, sensor ADXL dimanfaatkan untuk membandingkan tingkat presisi deteksi vibrasi terhadap sensor GY-521. Selain itu, modul SD Card digunakan untuk menyimpan data rekaman dari sensor suara INMP441 guna diverifikasi kualitas audionya melalui perangkat laptop. Perangkat Android juga digunakan untuk memverifikasi pengiriman data seluler dan memantau tampilan parameter pada aplikasi secara *real-time*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil perancangan perangkat keras (*hardware*) SIGIIO dengan menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 secara keseluruhan pada bagian *Printed Circuit Board* (PCB) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Representasi tata letak *Printed Circuit Board* (PCB) pada sistem SIGIHO

Arsitektur elektronik SIGIHO dibangun melalui integrasi fungsional berbagai komponen sensorik dan unit kendali. Pusat pemrosesan data menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 yang mensinkronisasi input dari sensor suhu RTD PT100 (via konverter MAX31865), akselerometer GY-521 untuk getaran, sensor akustik INMP441, serta sensor kecepatan E18-D80NK. Untuk mendukung mobilitas dan transmisi data, sistem ini dilengkapi modul seluler SIM900A serta manajemen daya yang terdiri dari sepasang baterai 18650 (3,7V) dan regulator *step-down* Mini560 5A. Rangkaian ini dikonfigurasi agar mampu beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada infrastruktur *gateway* tambahan.

Seluruh rangkaian komponen tersebut diatur secara terstruktur di dalam sebuah selubung pelindung (*casing*) yang diproduksi menggunakan teknologi cetak tiga dimensi (*3D printing*) dengan dimensi fisik 19,5 cm x 6,8 cm x 6,2 cm, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil perancangan wadah (*enclosure*) modul: (a) Tampak depan, (b) Tampak dalam (unit elektronik), (c) Tampak bawah, (d) Sisi dalam bagian belakang.

Sistem perangkat keras tersebut disinergikan dengan aplikasi SIGIHO, sebuah perangkat lunak yang dirancang berbasis *framework* Flutter melalui *Integrated Development Environment* (IDE) Visual Studio Code. Aplikasi ini berfungsi sebagai pusat monitoring yang menyajikan informasi secara *real-time* terkait kecepatan putar motor (RPM), suhu operasional, tingkat vibrasi, dan intensitas kebisingan mesin, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan akhir aplikasi SIGIHO

Aplikasi SIGIO dirancang dengan antarmuka yang intuitif di mana pengguna dapat memantau empat parameter kritis secara simultan melalui satu dashboard utama. Data yang dikirimkan oleh modul melalui jaringan seluler 2G akan langsung divisualisasikan dalam bentuk angka digital dan gauge meter untuk memudahkan *engineer* dalam melakukan analisis kondisi mesin.

Setelah seluruh sistem terintegrasi, perangkat diuji coba melalui proses implementasi langsung pada unit mesin di lapangan. Ilustrasi pemasangan perangkat SIGIO pada unit motor industri tiga fasa disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Ilustrasi pemasangan SIGIO dalam motor industri 3 fasa

3.2 Evaluasi Kinerja Perangkat SIGIO

Rangkaian uji fungsionalitas diimplementasikan guna mengevaluasi performa setiap modul elektronik maupun integrasi sistem SIGIO secara menyeluruh, dengan rincian sebagai berikut:

3.2.1 Verifikasi Ketelitian Sensor

Validasi terhadap sensor merupakan langkah fundamental dalam menjamin integritas data yang diakuisisi oleh modul SIGIO. Prosedur ini dijalankan dengan mengomparasikan keluaran data dari tiap sensor pada perangkat terhadap instrumen ukur standar yang berfungsi sebagai referensi (*kalibrator*). Guna memperoleh tingkat presisi dan reliabilitas yang tinggi, setiap parameter diuji melalui 15 kali pengulangan dalam kondisi operasional nyata. Data hasil perbandingan untuk variabel suhu (RTD PT100) serta kecepatan rotasi motor (E180-D80NK) dirangkum dalam Tabel 1. Sementara itu, karakteristik getaran pada sensor GY-521 dan ADXL dalam skenario tanpa beban dapat dicermati pada Tabel 2.

Tabel 1. Data komparatif validasi sensor suhu dan rotasi motor (RPM)

No.	Sensor Suhu RTD PT100 dengan MAX31865 (°C)	DHT 11 (°C)	Error (°C)	No	Sensor RPM E180- D80NK (RPM)	TCRT5000 (RPM)	Error (RPM)
1.	24,52	25,8	1,28	1.	1622,18	1544,25	77,93
2.	24,52	25,9	1,38	2.	1614,42	1423,76	190,66
3.	24,48	25,9	1,42	3.	1609,37	1485,44	123,93
4.	24,52	26,1	1,58	4.	1466,09	1525,54	59,45
5.	24,52	26,1	1,58	5.	1512,96	1551,6	38,64
6.	24,52	26,2	1,68	6.	1403,42	1428,54	25,12
7.	24,55	26,2	1,65	7.	1472,23	1488,55	16,32
8.	24,55	26,2	1,65	8.	1376,95	1527,56	150,61
9.	24,55	26,2	1,65	9.	1315,02	1412,91	97,89
10.	24,52	26,2	1,68	10.	1554,76	1478,39	76,37
11.	24,52	26,2	1,68	11.	1430,59	1520,96	90,37
12.	24,55	26,2	1,65	12.	1629,89	1548,62	81,27
13.	24,55	26,2	1,65	13.	1479,43	1426,6	52,83
14.	24,58	26,2	1,62	14.	1521,63	1487,29	34,34
15.	24,55	26,2	1,65	15.	1549,06	1526,74	22,32
Rata-rata	24,53	26,12	1,59	-	1505,89	1494,65	75,87

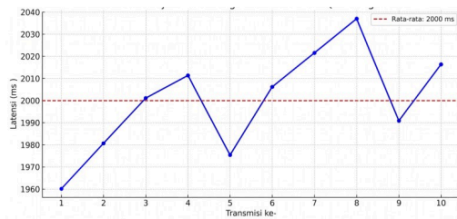
Tabel 2. Hasil pengujian validasi sensor getaran pada kondisi tanpa getaran dan ada getaran

No.	Sensor Getaran GY-521 (Tidak Ada Getaran)	ADXL (Tidak Ada Getaran)	Error	No	Sensor Getaran GY-521 (Jika Ada Getaran)	ADXL (Jika Ada Getaran)	Error
1.	0,0087	0,0033	0,0054	1.	0,2895	0,3375	0,0480
2.	0,0038	0,0054	0,0016	2.	0,2628	0,4412	0,1784
3.	0,0087	0,0058	0,0029	3.	0,2934	0,4855	0,1921
4.	0,0052	0,0056	0,0004	4.	0,1563	0,3485	0,1922
5.	0,0052	0,0045	0,0007	5.	0,2057	1,551,6	0,1354
6.	0,0039	0,0044	0,0005	6.	0,1737	0,3411	0,2494
7.	0,0038	0,0055	0,0017	7.	0,2717	0,4231	0,0958
8.	0,0028	0,0012	0,0016	8.	0,2918	0,1759	0,3524
9.	0,0061	0,0073	0,0012	9.	0,2877	0,6442	0,1409
10.	0,0071	0,0012	0,0059	10.	0,1873	0,1468	0,3385
11.	0,0034	0,0056	0,0022	11.	0,2199	0,5258	0,0175
12.	0,0046	0,0033	0,0013	12.	0,1573	0,2374	0,3256
13.	0,0092	0,0065	0,0027	13.	0,4127	0,4829	0,0599
14.	0,0036	0,0034	0,0002	14.	0,3026	0,3528	0,0145
15.	0,0038	0,0032	0,0006	15.	0,2311	0,2881	0,4795
Rata-rata	0,0053	0,0044	0,0019	-	0,2496	0,3961	0,1880

Berdasarkan data yang disajikan, seluruh instrumen sensor pada modul SIGIIO menunjukkan deviasi yang minimal. Parameter suhu mencatatkan rata-rata penyimpangan sebesar 1,59 °C (6,4%), sementara pengukuran kecepatan putar memiliki tingkat galat rata-rata 5,04% atau setara 75,87 RPM. Terkait analisis getaran, sistem menunjukkan stabilitas tinggi dengan selisih hanya 0,0019 pada keadaan statis, yang kemudian bergeser menjadi 0,1880 saat unit motor beroperasi. Perolehan data ini mengonfirmasi bahwa perangkat yang dikembangkan memenuhi standar akurasi serta presisi yang diperlukan untuk aplikasi pemantauan kondisi (*condition monitoring*) di lingkungan industri.

3.2.2 Evaluasi Transmisi Data melalui Aplikasi

Evaluasi stabilitas koneksi dan kecepatan transmisi SIGIIO melalui jaringan 2G (SIM900A) menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman data ke *broker Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) sebesar 100% tanpa adanya *packet loss*. Pengukuran latensi dari ESP32-S3 ke server pada sepuluh kali percobaan menghasilkan waktu tunda yang stabil dalam rentang 1960 ms hingga 2037 ms, dengan rata-rata berada pada kisaran 2000 ms (2 detik). Sebaran detail data tunda transmisi, mulai dari pengujian pertama (1960 ms) hingga kesepuluh (2016 ms), disajikan secara visual pada Gambar 8 yang mengonfirmasi responsivitas sistem untuk kebutuhan pemantauan industri secara *real-time*.



Gambar 8. Karakteristik latensi pengiriman data berbasis MQTT menggunakan jaringan 2G

Seperti yang disajikan pada Gambar 8, latensi pengiriman data melalui jaringan 2G tersebut memiliki nilai rata-rata yang stabil sebesar 2000 ms (2 detik). Meskipun kecepatan transmisi ini masih dapat diterima untuk pemantauan kondisi motor industri, hasil pengujian menunjukkan adanya potensi keterlambatan (*delay*) yang dipengaruhi oleh fluktuasi stabilitas sinyal seluler di lingkungan pabrik. Penggunaan teknologi 2G terbukti dapat digunakan untuk pengiriman data sensor ke server, namun keterbatasan pada stabilitas koneksi ini menjadi masukan penting untuk pengembangan berikutnya. Disarankan untuk meningkatkan infrastruktur komunikasi ke teknologi 3G atau 4G guna menjamin pengiriman data yang lebih cepat, stabil, dan meminimalkan risiko *latency* yang lebih tinggi di masa mendatang.

3.3 Diskusi

Validasi sensor SIGIO menunjukkan akurasi standar industri dengan rata-rata *error* sebesar 6,48% (1,59 °C) untuk suhu dan 5,04% (75,87 RPM) untuk kecepatan putar. Pada parameter getaran, sistem sangat konsisten dengan selisih rata-rata 0,0019 (tanpa beban) dan 0,1880 (saat beroperasi), didukung akuisisi suara jernih via sensor INMP441 tanpa distorsi. Hasil ini membuktikan arsitektur elektronik yang dirancang mampu mengolah data multi-parameter secara efektif dan simultan dalam batas toleransi operasional.

Secara operasional, SIGIO memiliki ketahanan lapangan yang solid dengan durasi aktif hingga 5 jam 40 menit menggunakan baterai internal. Walaupun mengandalkan jaringan 2G melalui modul SIM900A, sistem mampu menjaga stabilitas pengiriman data dengan rata-rata latensi hanya 2 detik. Capaian ini mengonfirmasi bahwa metode transmisi *direct-to-cloud* yang diterapkan sangat responsif untuk mendukung kebutuhan pemantauan kondisi motor industri secara *real-time*.

Ditinjau dari aspek kelayakan finansial, SIGIO memiliki daya saing yang tinggi dengan Harga Pokok Produksi (HPP) senilai Rp 500.000 dan proyeksi harga pasar sebesar Rp 1.000.000. Sebagai perangkat terpadu (*all-in-one*), sistem ini menawarkan efisiensi biaya yang lebih unggul dibandingkan pengadaan berbagai instrumen ukur mandiri secara terpisah. Sinergi antara biaya manufaktur yang ekonomis serta aksesibilitas pemantauan berbasis ponsel pintar menjadikan SIGIO sebagai solusi transformatif untuk mengakselerasi penerapan pemeliharaan prediktif (*predictive maintenance*) di sektor industri.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi modul SIGIO telah berhasil memenuhi standar presisi dalam pemantauan parameter krusial motor induksi secara *real-time*. Keandalan data sensor divalidasi melalui deviasi yang rendah, yakni 6,48% pada suhu dan 5,04% pada RPM, sementara parameter vibrasi serta akustik menunjukkan konsistensi tinggi sesuai dengan kebutuhan diagnostik mesin. Dari aspek transmisi, pemanfaatan jaringan seluler 2G terbukti mumpuni dengan rata-rata waktu tunda hanya 2 detik dan dukungan daya operasional baterai hingga 5 jam 40 menit. Secara ekonomi, efisiensi biaya produksi (Rp 500.000) menjadikan perangkat ini solusi *all-in-one* yang kompetitif dibandingkan instrumen konvensional, sekaligus memperkuat strategi *predictive maintenance* yang lebih aksesibel bagi ekosistem industri cerdas.

Daftar Pustaka

- [1] D. Ramanujan, W. Z. Bernstein, N. Diaz-Elsayed, and K. R. Haapala. 2023. "The Role of Industry 4.0 Technologies in Manufacturing Sustainability Assessment," *ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering*. 145(1): p. 010801. <https://doi.org/10.1115/1.4055661>
- [2] V. G. d. Araújo, et al. 2024. "Monitoring and Diagnosing Faults in Induction Motors' Three-Phase Systems Using NARX Neural Network," *Energies*. 17(18): p. 4609. <https://doi.org/10.3390/en17184609>
- [3] J. C. O. Ojeda, et al. 2025. "Application of a Predictive Model to Reduce Unplanned Downtime in Automotive Industry Production Processes: A Sustainability Perspective," *Sustainability*. 17(9): p. 3926. <https://doi.org/10.3390/su17093926>
- [4] M. Achouch, et al. 2022. "On Predictive Maintenance in Industry 4.0: Overview, Models, and Challenges," *Applied Sciences*. 12(16): p. 8081. <https://doi.org/10.3390/app12168081>
- [5] D. Long, H. Zheng, and F. Hong. 2020. "Condition Monitoring of Industrial Equipment Based on Multi-Variables State Estimate Technique," *Applied Sciences*. 10(16): p. 5637. <https://doi.org/10.3390/app10165637>
- [6] K. Hamani, M. Kuchar, M. Kubatko, and S. Kirschner. 2025. "Advancements in Induction Motor Fault Diagnosis and Condition Monitoring: A Comprehensive Review," *Sensors*. 25(19): p. 5942. <https://doi.org/10.3390/s25195942>
- [7] L. Martiri, P. Esmaili, A. Moschetti, and L. Cristaldi. 2025. "Deep-Learning-Based Bearing Fault Classification Using Vibration Signals Under Variable-Speed Conditions," *Instruments*. 9(4): p. 33. <https://doi.org/10.3390/instruments9040033>
- [8] S. H. Abdullhussain, et al. 2025. "A Comprehensive Review of Sensor Technologies in IoT: Technical Aspects, Challenges, and Future Directions," *Computers*. 14(8): p. 342. <https://doi.org/10.3390/computers14080342>
- [9] T. Bányai and Á. Bányai. 2025. "Real-Time Maintenance Optimization with Industrial Internet of Things," *Applied Sciences*. 15(10): p. 5640. <https://doi.org/10.3390/app15105640>
- [10] D. Kandris and E. Anastasiadis. 2024. "Advanced Wireless Sensor Networks: Applications, Challenges and Research Trends," *Electronics*. 13(12): p. 2268. <https://doi.org/10.3390/electronics13122268>
- [11] G. Beniwal and Anita Singhrova. 2022. "A systematic literature review on IoT gateways," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. 34(10): pp. 9541-9563. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.11.007>
- [12] B. K. Ram, N. Sharma, A. S. Joshi, and A. Vermani. 2024. "Predictive Maintenance and Production Analysis in Smart Manufacturing," *Lecture Notes in Networks and Systems*. 1027: pp. 245-258. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61891-8_23

Rancang Bangun Modul Akuisisi Data Getaran, Suhu, Suara, dan RPM Berbasis Transmisi Seluler 2G Tanpa Gateway untuk Monitoring Real-Time Motor Tiga Fasa.pdf

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to King Fahd University for
Petroleum and Minerals

Student Paper

3%

2

ejournal.undip.ac.id

Internet Source

2%

3

www.gaus.no

Internet Source

1%

4

repository.pnj.ac.id

Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude bibliography On

Exclude matches Off