

**RANCANG BANGUN ALAT MONITORING DAN
PENGONTROLAN SISTEM OPERASI MOTOR 1 FASA
INDUSTRI MENGGUNAKAN METODE LORA
(*LONG RANGE*)**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh:

FEBRIKA JUNIAR SYABILLA NIM:1052208

WAHYU NIM:1052214

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN ALAT MONITORING DAN PENGONTROLAN SISTEM OPERASI MOTOR 1 FASA INDUSTRI MENGGUNAKAN METODE LORA (LONG RANGE)

Oleh:

Febrika Juniar Syabilla/1052208

Wahyu/1052217

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Proyam Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung

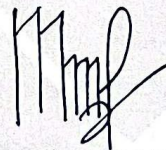
Mengetahui,

Pembimbing 1



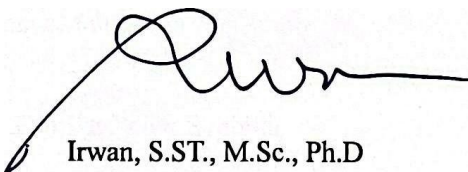
Zanu Saputra, M.Tr.T

Pembimbing 2



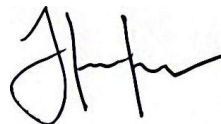
Mahmudin, s.P, M.Si

Penguji I



Irwan, S.ST., M.Sc., Ph.D

Penguji 2



Ali Rizki Maulana, S.Pi., M.Pi

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Febrika Juniar Syabilla NIM: 1052208

Nama Mahasiswa 2 : Wahyu NIM: 1052217

Dengan Judul : Rancang Bangun Alat Monitoring dan Pengontrolan Sistem Operasi Motor 1 Fasa Industri Menggunakan Metode LoRa (*Long Range*)

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 21 Juli 2025

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Febrika Juniar Syabilla

2. Wahyu

The block contains two handwritten signatures in black ink. The top signature is for Febrika Juniar Syabilla and the bottom signature is for Wahyu. Both signatures are stylized and written over a light blue rectangular background.

ABSTRAK

Motor 1 fasa industri memerlukan sistem monitoring dan pengontrolan yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan mencegah kerusakan. Penelitian ini mengembangkan sistem berbasis LoRa (*Long Range*) yang mampu memantau parameter operasional (suhu, getaran, kecepatan, tegangan, arus, dan frekuensi) serta mengontrol kecepatan motor menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD). Hasil pengujian menunjukkan: (1) komunikasi LoRa mencapai jarak 220 di area terbuka dan akurasi data sensor (*error* <2.1%), (2) Sistem terintegrasi dengan ThingSpeak untuk monitoring *real-time*, dan (3) Pengontrolan kecepatan melalui *Variable Frequency Drive* (VFD) berhasil diimplementasikan meski memerlukan optimasi lebih lanjut. Sistem ini menawarkan solusi praktis untuk aplikasi industri dengan keunggulan akurasi data tinggi, jangkauan yang cukup luas, dan kemampuan kontrol jarak jauh.

Kata kunci: Motor 1 Fasa , LoRa, VFD

ABSTRACT

Single-phase industrial motors require an effective monitoring and control system to improve efficiency and prevent damage. This research develops a LoRa (Long Range)-based system capable of monitoring operational parameters (temperature, vibration, speed, volt, current, and frequency) while controlling motor speed using Variable Frequency Drive (VFD). Test results show: (1) LoRa communication achieves 220m range in open areas with sensor data accuracy (error <2.1%), (2) System integration with ThingSpeak for real-time monitoring, and (3) Speed control via Variable Frequency Drive (VFD) was successfully implemented though requiring further optimization. This system offers a practical solution for industrial applications with advantages of high data accuracy, considerable range, and remote control capability.

Keywords: 1 Phase Motor , LoRa, VFD

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala karunia, rahmat, dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyusun laporan proyek akhir dengan judul “Alat Rancang Bangun Monitoring dan Pengontrolan Sistem Operasi Motor 1 Fasa Industri Menggunakan Metode Lora (*Long Range*)” dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta seluruh umatnya yang senantiasa berusaha mengamalkan syariat-syariat-Nya, Aamiin. Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Diploma IV Teknik Elektronika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta dan seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan moral maupun spiritual dengan ikhlas yang tak ternilai harganya,
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak memberikan kemudahan dalam menyelesaikan pendidikan,
3. Bapak Zanu Saputra , S.ST., M.Tr.T. selaku Ketua Jurusan Rekayasa Elektro dan Industri Pertanian Negeri Bangka Belitung sekaligus dosen pembimbing 1 yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi saran-saran dalam pembuatan dan penyusunan laporan proyek akhir ini,
4. Bapak Aan Febriansyah , S.ST., M.T. selaku Koordinator Program Studi D-IV Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung,
5. Bapak Mahmudin ,S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi saran-saran dalam pembuatan dan penyusunan laporan proyek akhir ini,
6. Dosen dan Staf Pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah mendidik, membina, dan memberikan pengetahuan tentang banyak hal yang sangat bermanfaat untuk menyelesaikan proyek akhir ini,

7. Teman-teman yang selalu memberikan support selama ini dan mitra kerja penulis selama mengerjakan proyek akhir ini yang selalu berjuang bersamasama,
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu saya untuk menyelesaikan penelitian,

Setelah melalui proses panjang yang penuh dengan tantangan, akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pembuatan alat dan laporan proyek akhir ini. Penulis menyadari bahwa laporan ini tentunya masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Namun demikian, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pembaca maupun khususnya bagi penulis sendiri . Semoga Allah SWT senantiasa memberikan taufiq dan hidayah-Nya kepada penulis dan semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam pembuatan alat dan penyusunan laporan proyek akhir ini. Wassalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Sungailiat, 21 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Proyek Akhir	3
BAB II. DASAR TEORI.....	4
2.1. Sistem Monitoring Motor 1 Fasa	4
2.2. LoRa sebagai Teknologi Komunikasi Jarak Jauh	5
2.3. Implementasi LoRa dalam Monitoring Motor 1 Fasa.....	6
2.3.1. Komponen dan Desain Sistem	6
2.3.1.1. Sensor	6
2.3.1.2. Mikrokontroler ESP32	7
2.3.1.3. Antarmuka Pengguna	7
2.3.2. Parameter yang Dimonitor dan Spesifikasi Teknis	8
2.4. Pengontrolan Motor 1 Fasa Menggunakan Variable Frequency Drive (VFD).....	8
2.4.1. Konsep Dasar VFD untuk Motor 1 Fasa.....	8
2.4.2. Komponen Utama VFD	10
2.4.3. Parameter Pengontrolan Variable Frequency Drive	

(VFD)	11
2.4.4. Tantangan dan Solusi	11
2.5. Power Suplai 5V 3A.....	12
BAB III. METODE PELAKSANAAN.....	13
3.1. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur.....	14
3.2. Perancangan Sistem dan Penentuan Komponen	14
3.2.1. Gambaran Umum Sistem	14
3.2.2. Perancangan Antarmuka.....	15
3.2.3. Rancangan Hardware	16
3.2.4. Rancangan Software.....	17
3.3. Pengujian Sistem.....	18
3.4. Penyusunan Laporan Proyek Akhir.....	18
BAB IV. PEMBAHASAN	19
4.1. Pengujian LoRa NRF24L01	19
4.2. Pengujian Sensor.....	21
4.2.1. Pengujian Sensor Suhu.....	22
4.2.2. Pengujian Sensor Getaran	24
4.2.3. Pengujian Sensor PZEM-004T	26
4.2.4. Pengujian Sensor Kecepatan.....	28
4.3. Pengontrolan Kecepatan Motor 1 Fasa.....	30
4.4. Integrasi Sistem Monitoring dengan Firebase	31
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	33
5.1. Kesimpulan.....	33
5.2. Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1. Hasil Pengujian Modul LoRa NRF24L01	20
4.2. Hasil Pengujian Sensor DS18B20.....	23
4.3. Hasil Pengujian Sensor Getaran SW-420.....	25
4.4. Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T	26
4.5. Hasil Pengujian Sensor Encoder Optocoupler	28



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. ESP 32 DEVKit v1	7
2.2. ThingSpeak	8
2.3. <i>Variable Frequency Drive</i> (VFD)	10
2.4. Power Suplai 5V 3A.....	12
3.1. <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian	13
3.2. Channel Monitoring	15
3.3. Tampilan Menu Monitoring	16
3.4. Rancangan Hardware	16
3.5. <i>Flowchart Software</i>	17
4.1. Diagram Pengujian LoRa NRF24L01.....	19
4.2. Ilustrasi Pengujian LoRa (<i>Long Range</i>).....	20
4.3. Tampilan Hasil Pembacaan Koneksi LoRa	20
4.4. Diagram Pengujian Sensor	22
4.5. Ilustrasi Pengujian Sensor	22
4.6. Tampilan Suhu ThingSpeak	23
4.7. Grafik Hasil Pengujian Sensor DS18B20	23
4.8. Tampilan Getaran ThingSpeak.....	25
4.9. Tampilan ThingSpeak Hasil Pembacaan Sensor PZEM-004T	26
4.10. Tampilan Kecepatan ThingSpeak.....	28
4.11. Grafik Hasil Pengujian Sensor Kecepatan Encoder Optocoupler.....	29
4.12. Diagram Pengontrolan Motor 1 Fasa	30
4.13. Tampilan Blynk Pengontrolan Motor 1 Fasa	31
4.14. Tampilan Data Monitoring Motor 1 Fasa pada Google Spreadsheet	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Riwayat Hidup Perorangan.....	36
Lampiran 2. Program Alat.....	38



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Motor 1 fasa industri adalah bagian penting pada sistem produksi industri. Motor 1 fasa ini biasanya digunakan untuk menggerakkan peralatan-peralatan industri, seperti pompa, konveyor dan kipas. Namun, motor 1 fasa masih mempunyai kelemahan, yaitu efisiensi energi yang rendah dan risiko kerusakan yang tinggi. Oleh karena itu, monitoring dan pengontrolan efektif dan efisien untuk motor 1 fasa sangat diperlukan untuk peningkatan produktivitas serta mengurangi biaya operasional. Salah satu solusi yang bisa dilakukan, yaitu penggunaan metode LoRa (*Long Range*) sebagai komunikasi nirkabel yang dapat mentransmisi data dengan jarak jauh.

Semtech telah mengembangkan beberapa teknik modulasi radio untuk komunikasi nirkabel, Salah satunya LoRa, teknologi yang memanfaatkan modulasi CSS (*Chirp Spread Spectrum*) dengan daya rendah untuk mentransmisikan data dalam jarak jauh melalui pita ISM (*Instrumentation Science and Medical*) dengan bebas lisensi (Putri, W.M. 2020). Beberapa penelitian telah mengkaji sistem monitoring untuk motor induksi 1 fasa. Salah satu penelitian terkait telah dilaksanakan oleh Nugrahanto, I. (2022) mengenai pengimplementasian *Variable Frequency Drive* (VFD) pada motor 1 fasa dengan metode *Sinusoida Pulse Width Modulation* (SPWM) melalui sistem mikrokontroler.

Pada penelitian tersebut, VFD digunakan sebagai pengontrol kecepatan motor, sistem kontrol ini memanfaatkan mikrokontroler ATmega 8535 sebagai generator sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) utama. Penelitian tersebut menggunakan sistem data base dari mikrokontroler yang bisa menghasilkan frekuensi antara 8Hz hingga 80Hz dengan tingkat *error* hampir mendekati 0%. Namun, penelitian ini belum bisa melakukan monitoring motor 1 fasa secara *real-time* karena mikrokontroler yang digunakan hanya untuk membangkitkan sinyal

Pulse Width Modulation (PWM) saja, sehingga *Variable Frequency Drive* (VFD) dapat beroperasi mengatur kecepatan motor tanpa dilengkapi sistem monitoring secara *real-time*.

Berdasarkan permasalahan tersebut, untuk mengatasi keterbatasan, penelitian ini bertujuan untuk peningkatan akurasi motor dengan cara monitoring dan mengontrol motor 1 fasa jarak jauh dengan menggunakan teknologi LoRa (*Long Range*) agar pada lingkup yang berbeda operator industri bisa melakukan pemantauan dan pengontrolan motor 1 fasa dengan jangkauan yang bisa berkisar dari beberapa hingga beberapa kilometer tanpa memerlukan koneksi internet yang kompleks (Adhika, A.S. 2025) .

Penelitian ini merancang dan mengembangkan “Rancang Bangun Alat Monitoring dan Pengontrolan Sistem Operasi Motor 1 Fasa Industri Menggunakan Metode LoRa (*Long Range*)”. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu peningkatan signifikan pada akurasi pemantauan, memperpanjang lifetime operasional motor, sekaligus meningkatkan efisiensi konsumsi energi di sektor industry.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah

1. Bagaimana melakukan monitoring motor industri 1 fasa secara *real-time* dengan parameter suhu, getaran, rpm, arus, tegangan dan frekuensi dari jarak jauh menggunakan komunikasi LoRa?
2. Bagaimana melakukan pengontrolan kecepatan motor industri 1 fasa menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD)?
3. Bagaimana cara menyimpan data yang didapatkan menggunakan Google Spreadsheet?

1.3. Batasan Masalah

Untuk memfokuskan pembahasan, ditetapkan batasan masalah sebagai berikut :

1. Monitoring dapat dilakukan dengan jarak jangkauan hingga 220m menggunakan komunikasi LoRa dengan toleransi interferensi.
2. Sistem mampu memantau parameter suhu, getaran, RPM, arus, tegangan, dan frekuensi, kemudian mengirimkannya ke platform ThingSpeak.
3. Modul kontrol dapat melakukan pengontrolan kecepatan motor 1 fasa menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD).
4. Data hasil monitoring dapat tersimpan secara otomatis dalam Google Spreadsheet untuk keperluan pencatatan dan analisis.

1.4. Tujuan Proyek Akhir

Berdasarkan permasalahan yang diidentifikasi, penelitian ini bertujuan untuk

1. Merancang sistem monitoring real-time , yang mampu mengakuisisi enam parameter kritis motor 1 fasa industry, seperti parameter suhu, kecepatan, getaran, tegangan, arus, dan frekuensi.
2. Pengontrolan motor 1 fasa jarak jauh yang terintegrasi pada Blynk.
3. Membuat alat yang bisa melakukan pengontrolan kinerja motor untuk mengurangi risiko kerusakan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Sistem Monitoring Motor 1 Fasa

Motor 1 fasa industri banyak digunakan dalam aplikasi industri kecil dan menengah, seperti conveyor, pompa, kompresor, dan mesin pengolahan, namun rentan terhadap kerusakan akibat beban berlebih atau kegagalan komponen. Oleh karena itu, sistem monitoring untuk motor 1 fasa industri sangat diperlukan mejadi solusi karena mampu memberikan pemantauan secara real-time.

Penelitian terkait monitoring motor 1 fasa sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, Penelitian pertama oleh Bisri. M. Z dan Anzory. I. (2024) merancang alat monitoring getaran dan putaran motor listrik induksi 1 fasa berbasis IoT untuk mendeteksi kerusakan dini seperti kerusakan bearing, ketidakseimbangan beban, dan kegagalan isolasi. Alat ini menggunakan sensor ADXL 335 dan NodeMCU ESP8266 untuk mengirim data ke smartphone via WiFi. Hasil pengujian menunjukan sistem monitoring berbasis IoT ini efektif untuk deteksi dini keusakan motor 1 fasa, dengan keunggulan berupa akurasi yang sebanding dengan alat standar dan kemudahan pemantauan via smartphone. Pengembangan ke depan dapat fokus pada reduksi noise dan integrasi dengan sistem prediksi kerusakan berbasis AI.

Penelitian selanjutnya oleh Ihsan dan Lesmidayarti. D (2024), penelitian ini mengembangkan sistem monitoring dan kontrol motor induksi 1 phase berbasis IoT yang dikendalikan melalui Google Assistant. Sistem ini memanfaatkan NodeMCU, sensor suhu DHT11, sensor RPM, dan antarmuka Adafruit IO untuk memantau dan mengontrol dari jarak jauh via WiFi. Hasil pengujian menunjukan akurasi sensor yang diguanakn dengan jarak efektif kontrol hinggal 15 meter. Sistem ini berhasil mengintegrasikan kontrol berbasis suara (Google Assistant) dengan monitoring real-time parameter motor, menawarkan solusi efisien untuk operasi jarak jauh dan pemeliharaan preventif.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa Sistem monitoring motor 1 fasa berbasis IoT telah menunjukkan perkembangan

yang signifikan dalam hal akurasi sensor, kontrol jarak jauh, dan integrasi dengan platform digital. Namun, masih terdapat beberapa tantangan yang perlu diselesaikan, seperti keterbatasan jangkauan WiFi, reduksi noise pada sensor, serta perlunya sistem prediksi kerusakan yang lebih cerdas berbasis AI atau machine learning. Penelitian ini bertujuan untuk menyempurnakan sistem monitoring dengan mengintegrasikan multi-sensor (suhu, getaran, kecepatan, arus, tegangan, dan frekuensi) menggunakan metode LoRa (*Long Range*) untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi pemeliharaan motor. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya mampu mendeteksi kerusakan secara *real-time*, tetapi juga memberikan rekomendasi tindakan preventif, sehingga dapat mengurangi downtime dan meningkatkan produktivitas industri.

2.2. LoRa sebagai Teknologi Komunikasi Jarak Jauh

LoRa merupakan transceiver radio frekuensi 2,4 GHz berbasis chip Nordic Semiconductor yang banyak digunakan dalam sistem komunikasi nirkabel jarak dekat hingga menengah. Modul ini mendukung protokol SPI (Serial Peripheral Interface) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, atau STM32. Keunggulan utama NRF24L01 terletak pada konsumsi daya yang rendah (sekitar 12 mA dalam mode aktif) dan kemampuan transmisi data hingga 2 Mbps (Juliansyah. Y. 2022), menjadikannya cocok untuk aplikasi *real-time* seperti monitoring sensor dan kontrol perangkat.

Berdasarkan penelitian oleh Desnanjaya, I.G.M.N. (2020), penilaian ini membahas pengujian modul nRF24L01+ dalam jaringan *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk menentukan jarak efektif komunikasi pada kondisi *Line of Sight* (LOS) dan *Non-Line of Sight* (NLOS). Pengujian dilakukan di Pantai Kuta (LOS) dan Kampus STMIK STIKOM Indonesia (NLOS). Hasil menunjukkan bahwa pada kondisi LOS, jarak efektif mencapai 1000 meter dengan packet loss <15%, sedangkan pada NLOS, jarak efektif hanya 20 meter dengan packet loss mendekati 15%. Opsi bitrate 250 kbps optimal untuk jarak jauh, sementara 2 Mbps lebih baik untuk jarak pendek (<50 meter). Modul nRF24L01+ cocok untuk aplikasi WSN dan remote control dengan harga terjangkau, dengan kondisi LOS optimal untuk jarak

jauh (hingga 1000 meter) dengan bitrate 250 kbps dan NLOS efektif hanya untuk jarak pendek (20 meter) karena gangguan penghalang.

Dalam penelitian ini, penulis memilih LoRA sebagai solusi komunikasi nirkabel utama karena keunggulan-keunggulan utamanya yang sesuai dengan kebutuhan proyek. Modul ini dipilih karena konsumsi dayanya yang rendah (sekitar 12 mA) sehingga efisien untuk sistem berbasis baterai, serta kemampuan transmisi data hingga 2 Mbps yang memungkinkan pengiriman data sensor secara real-time. Selain itu, harganya yang terjangkau menjadikannya solusi *cost-effective* tanpa mengorbankan performa.

2.3. Implementasi LoRa dalam Monitoring Motor 1 Fasa

Berdasarkan studi terbaru oleh Achmad Ubaidillah et al. (2021) mengembangkan sistem monitoring motor AC 3 fasa secara real-time dan nirkabel menggunakan teknologi LoRa (*Long-Range*). Sistem ini dirancang untuk memantau parameter listrik (tegangan, arus, daya) dan kondisi motor (suhu, getaran) dengan bantuan sensor seperti *Current Transformer* (CT), *Step-down*, DS18B20 (suhu), dan *Vibration Sensor*. Data diproses oleh mikrokontroler Atmega2560 dan dikirim ke PC melalui LoRa untuk ditampilkan pada antarmuka grafis (GUI). Hasil pengujian menunjukkan akurasi pengukuran dengan error <10%, kemampuan LoRa dalam jarak ± 30 meter, serta deteksi abnormal (suhu >130°C atau getaran >11000 mm/s) yang memicu alarm. Sistem ini efektif untuk monitoring motor industri dengan keunggulan pemantauan *real-time* dan nirkabel, biaya rendah, deteksi dini kerusakan melalui parameter suhu dan getaran, cocok untuk skala kecil dengan jarak terbatas (± 30 meter).

2.3.1. Komponen dan Desain Sistem

Menurut Selvyalya (2024), sistem monitoring motor satu fasa terdiri dari sensor, mikrokontroler, dan antarmuka pengguna sebagai berikut:

2.3.1.1. Sensor

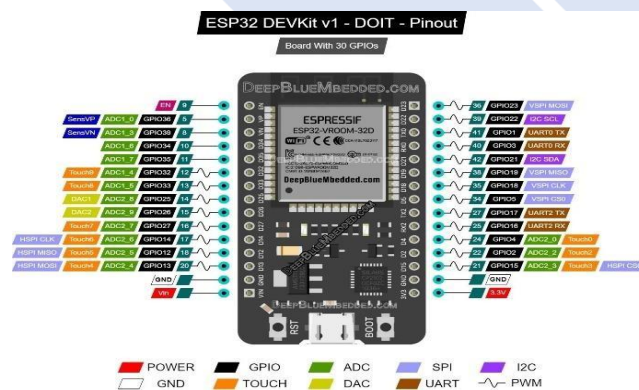
Sensor merupakan perangkat elektronik yang mendeteksi perubahan dalam lingkungan fisik atau kimia dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diukur atau diolah lebih lanjut. Sensor digunakan dalam berbagai aplikasi untuk

mendeteksi, mengukur, dan memantau sinyal atau fenomena tertentu. Beberapa contoh penerapan sensor meliputi deteksi gerakan, pengukuran suhu, pengukuran tekanan, pengukuran cahaya, pengukuran kelembapan, pengukuran jarak, pengukuran getaran, dan banyak lagi (Sanjaya,U. 2023). Adapun sensor yang digunakan pada penelitian ini:

- **DS18B20:** Mengukur suhu motor dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.
- **Vibration Sensor:** Mendeteksi getaran abnormal ($>11.000 \text{ mm/s}$).
- **Encoder Optocoupler :** Mendeteksi kecepatan rpm motor dengan resolusi mencapai 20 pulse per revolution (PPR).
- **PZEM-004T:** memantau parameter kelistrikan pada motor 1 fasa industri, seperti tegangan, arus, dan frekuensi.

2.3.1.2. Mikrokontroler ESP32

ESP32 DevKit V1 berfungsi sebagai pusat kendali utama dalam sistem monitoring dan pengontrolan motor 1 fasa industri berbasis LoRa ini. Mikrokontroler *dual-core* ini dipilih karena kemampuannya yang komprehensif dalam menangani berbagai tugas kritis secara simultan, mulai dari akuisisi data sensor, pemrosesan sinyal, hingga komunikasi nirkabel. Dengan arsitektur Xtensa LX6 berkecepatan 240MHz dan dukungan antarmuka peripheral yang lengkap, ESP32 menjadi solusi ideal untuk mengintegrasikan seluruh komponen sistem secara efisien (Builder Indonesia. 2023).



Gambar 2.1. ESP 32 DEVKit v1

2.3.1.3. Antarmuka Pengguna

Dengan berbagai fitur unggulan yang ditawarkan, ThingSpeak merupakan pilihan untuk antarmuka monitoring motor 1 fasa industri tidak hanya berfungsi

sebagai dashboard monitoring pasif, tetapi juga menjadi tulang punggung sistem pengambilan keputusan berbasis data dalam penelitian ini. Implementasinya yang sukses dalam proyek ini membuktikan bahwa solusi IoT berbasis cloud dapat diadopsi secara efektif untuk pemantauan peralatan industri skala kecil hingga menengah, sekaligus membuka peluang pengembangan sistem yang lebih canggih di masa depan. Kemudahan interaksi, keandalan, dan kemampuan analisis ThingSpeak menjadipilihan yang cocok untuk sistem monitoring motor 1 fasa berbasis LoRa.



Gambar 2.2. Thingspeak

2.3.2. Parameter yang Dimonitor dan Spesifikasi Teknis

Penelitian oleh Fajri, A.S. (2023) menunjukkan parameter yang berhasil dimonitor seperti: (1) Suhu, menggunakan sensor DS18B20 dimana hasil selisih pembacaan/error hingga $0,5^{\circ}\text{C}$, (2) Kecepatan motor, menunjukkan hasil selisih pembacaan/error sebesar 4.90%, (3) Getaran motor, Nilai rata-rata getaran yang di dapat dari pembacaan sensor ialah 0,63 mm/s dengan variasi nilai getaran dari yang terkecil 0,45 mm/s hingga terbesar 1,50.

2.4. Pengontrolan Motor 1 Fasa menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD)

2.4.1. Konsep Dasar VFD untuk Motor 1 Fasa

Variable Frequency Drive (VFD) untuk motor 1 fasa merupakan sistem pengontrolan canggih yang bekerja dengan memodifikasi frekuensi dan tegangan suplai listrik ke motor. Berdasarkan teori oleh Delta Mitra Solusindo (2023) prinsip kerja VFD mengikuti enam tahap konversi daya: (1) pengambilan daya AC dari

sumber listrik utama, (2) konversi daya AC menjadi daya DC, (3) inversi kembali ke AC dengan frekuensi variabel menggunakan inverter IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*), (4) pemberian tegangan yang diberikan ke motor, (5) pengiriman daya ke motor, (6) umpan balik dan pengendalian. Studi kasus oleh ABB (2023) pada industri pompa menunjukkan bahwa teknik Pulse Width Modulation (PWM) dengan carrier frequency 4-16 kHz mampu menghasilkan output sinusoidal berkualitas tinggi untuk motor 1 fasa.

Penelitian terkait oleh Johar et al. (2021) membahas rancangan *Variable Frequency Drive* (VFD) untuk mengatur kecepatan motor induksi 1 fase sebagai penggerak awal mobil listrik. VFD bekerja dengan mengubah frekuensi input motor melalui konversi AC-DC-AC menggunakan rectifier, inverter berbasis MOSFET, dan modulasi PWM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan frekuensi (11,9 Hz hingga 71,92 Hz) secara linear meningkatkan kecepatan motor (1675 RPM hingga 3421 RPM). Sistem ini masih menggunakan kontrol analog (resistor variabel), namun direkomendasikan untuk dikembangkan ke sistem digital guna meningkatkan presisi.

Penelitian yang serupa oleh Laili et al. (2023) yang mengkaji terkait penggunaan *Variable Speed Drive* (VSD) untuk mengontrol kecepatan motor induksi 3 fasa dalam aplikasi industri. VSD bekerja dengan mengatur frekuensi dan tegangan input motor melalui teknik *Direct Torque Control* (DTC), memungkinkan penghematan energi hingga 65% dibandingkan operasi konvensional. Simulasi menggunakan MATLAB/Simulink menunjukkan bahwa VSD mampu mempertahankan kecepatan motor pada nilai referensi (± 1430 rpm) meskipun beban bervariasi (0–14,95 Nm), sekaligus mengurangi arus starting dari 75,41 A menjadi 36,82 A.

Namun dari dua penelitian tersebut, masih ada tantangan utama dalam penggunaan VFD untuk kendali motor 1 fasa seperti, kontrol analog yang tidak presisi, harmonik, arus start tinggi, dan desain inverter yang kompleks. Solusi potensial melibatkan digitalisasi kontrol, optimasi topologi inverter, dan integrasi sensor. Kedua jurnal mengungkapkan perlunya pengembangan lebih lanjut untuk

penggunaan VFD 1 fasa lebih efisien dan terjangkau, terutama untuk aplikasi *low-power* seperti mobil listrik dan peralatan rumah tangga.

Oleh sebab itu pada penelitian ini, penulis mengembangkan pengontrolan motor 1 fasa menggunakan VFD yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk.

2.4.2. Komponen Utama VFD

Variable Frequency Drive (VFD) untuk motor 1 fasa industri terdiri dari beberapa komponen kritis yang bekerja secara terintegrasi. Berdasarkan Hidayatullah (2023), komponen utama tersebut meliputi rectifier yang berfungsi mengubah tegangan AC dari sumber listrik menjadi DC menggunakan dioda atau SCR, dengan minimal 6 dioda untuk sistem tiga fase. Komponen kedua adalah DC bus yang berperan menyimpan dan meratakan daya DC sekaligus mengurangi ripple tegangan melalui kapasitor penyangga dan induktor. Bagian ketiga adalah inverter yang bertugas mengkonversi kembali daya DC menjadi AC dengan frekuensi dan tegangan variabel menggunakan komponen elektronik seperti IGBT dan teknik modulasi PWM. Komponen terakhir adalah control circuit yang mengatur keseluruhan sistem melalui mikroprosesor, memantau kecepatan motor melalui sensor umpan balik, dan mempertahankan rasio *voltage/frequency* (V/f) yang konstan. Keempat komponen ini bekerja secara berurutan mulai dari rectifier yang mengubah AC ke DC, DC bus yang memfilter dan menyimpan daya, inverter yang menghasilkan AC variabel, hingga control circuit yang mengatur seluruh proses, sehingga memungkinkan pengontrolan kecepatan motor yang presisi, penghematan energi, dan perlindungan sistem yang optimal.

STARPACK



Gambar 2.3. *Variable Frequency Drive* (VFD)

2.4.3. Parameter Pengontrolan *Variable Frequency Drive* (VFD)

Variable Frequency Drive (VFD) memiliki beberapa parameter kunci yang harus dikonfigurasi agar motor 1 fasa dapat beroperasi secara optimal. Frekuensi output merupakan parameter utama yang menentukan kecepatan putaran motor, di mana perubahan frekuensi (Hz) secara proporsional mempengaruhi RPM motor sesuai rumus $N_s = 120f/P$. Selain itu, *Voltage/Frequency Ratio* (V/f) harus diatur untuk mempertahankan torsi motor tetap stabil, terutama pada kecepatan rendah, dengan menjaga perbandingan tegangan dan frekuensi agar tidak terjadi saturasi atau overheating. Waktu akselerasi dan deselerasi juga perlu disesuaikan untuk menghindari lonjakan arus saat *start-up* dan pengereman, sehingga memperpanjang usia motor dan mengurangi stres mekanis. VFD juga dilengkapi dengan berbagai proteksi otomatis, seperti pembatasan arus (overcurrent), deteksi tegangan berlebih (overvoltage), dan pemantauan suhu (thermal overload), yang dapat mencegah kerusakan motor akibat kondisi abnormal. Dalam integrasinya dengan sistem Blynk, parameter-parameter ini dapat dipantau dan dikontrol *secara real-time*, memungkinkan pengguna melakukan penyesuaian jarak jauh berdasarkan data operasional yang dikirimkan melalui jaringan nirkabel. Dengan pengaturan yang tepat, VFD tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan.

2.4.4. Tantangan dan Solusi

Penggunaan *Variable Frequency Drive* (VFD) pada motor 1 fasa dalam sistem industri menghadapi beberapa tantangan teknis yang perlu diatasi untuk memastikan kinerja optimal. Harmonik elektrik menjadi masalah utama karena proses switching VFD menghasilkan noise frekuensi tinggi yang dapat mengganggu stabilitas jaringan listrik dan perangkat elektronik di sekitarnya. Solusi untuk masalah ini adalah dengan memasang filter harmonik pasif atau aktif serta menggunakan choke DC atau *line reactor* untuk meredam distorsi. Tantangan lain adalah kompatibilitas VFD dengan motor 1 fasa, karena sebagian besar VFD dirancang untuk motor 3 fasa. Untuk mengatasinya, dapat digunakan VFD khusus 1 fasa atau modifikasi rangkaian dengan kapasitor start/run agar sesuai dengan

karakteristik motor. Selain itu, pembatasan jarak komunikasi LoRa dalam lingkungan industri yang padat dengan interferensi dapat mempengaruhi keandalan transmisi data. Solusinya meliputi penggunaan repeater LoRa, optimasi posisi antenna, atau pemilihan frekuensi yang kurang padat untuk memastikan konektivitas yang stabil. Dengan menerapkan solusi-solusi ini, integrasi VFD dan LoRa dapat berfungsi secara efisien, mendukung sistem monitoring dan kontrol yang handal dalam aplikasi industri.

2.5. Power Suplai 5V 3A

Power suplai 5V 3A berfungsi sebagai sumber daya utama untuk seluruh komponen elektronik dalam sistem monitoring dan pengontrolan motor 1 fasa industri ini. Komponen ini mengubah tegangan AC dari sumber listrik menjadi tegangan DC stabil sebesar 5V dengan arus maksimal 3A (Link Sukses. 2023) , yang diperlukan untuk mengoperasikan sensor-sensor sehingga, mampu memenuhi kebutuhan daya seluruh komponen secara bersamaan tanpa mengalami penurunan performa. Selain itu, power suplai ini dilengkapi dengan proteksi terhadap *short circuit* dan *over-voltage* untuk mencegah kerusakan pada perangkat akibat fluktuasi tegangan.



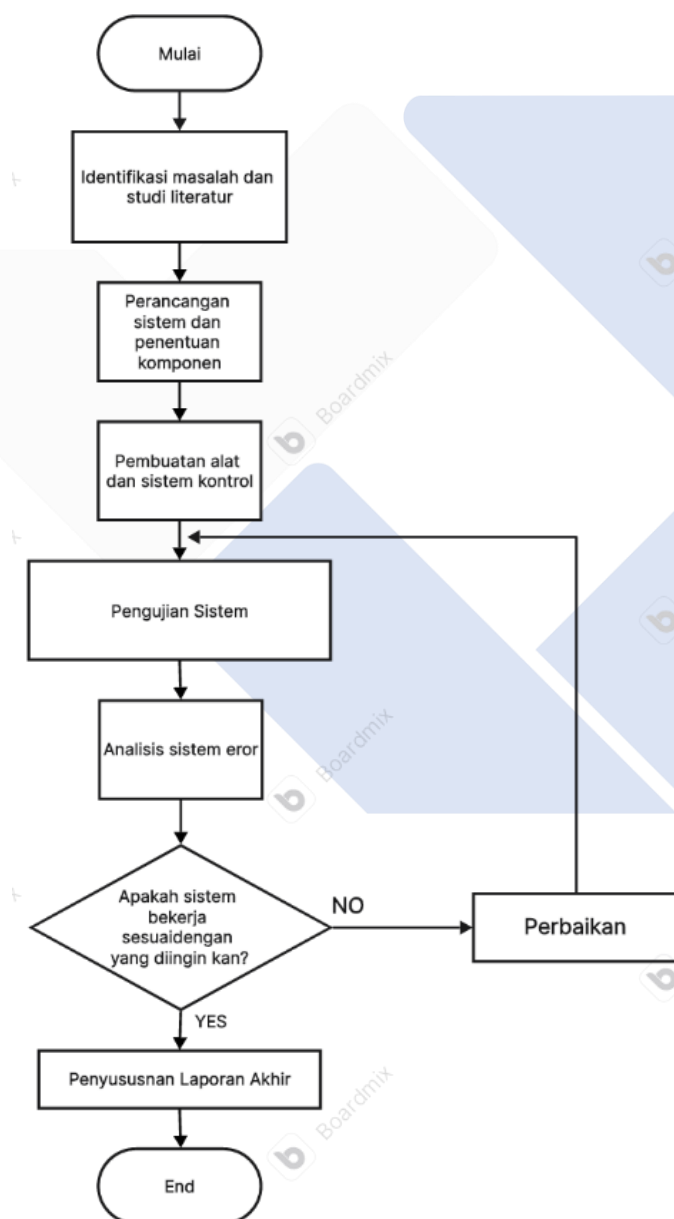
Gambar 2.4. Power Suplai 5V 3A

Gambar 2.4. Power Supply 5V 3A Pada penelitian sebelumnya oleh Arfianto, D. (2023), power adaptor 5 volt ini digunakan untuk memberikan supply tegangan DC 5 Volt kepada komponen komponen sistem kendali monitoring motor induksi 1 fasa berbasis IOT, seperti NodeMCU, solid state relay, AC light dimmer, dll. Dengan demikian, power suplai 5V 3A tidak hanya menjamin kelancaran operasional sistem tetapi juga meningkatkan daya tahan dan keandalan perangkat dalam jangka panjang.

BAB III

METODE PELAKSANAAN

Dalam proses pembuatan proyek akhir ini dilakukan dengan beberapa metode penelitian yang bertujuan untuk memudahkan dalam penyelesaian proyek akhir. Adapun metode penelitian yang diterapkan dalam pembuatan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. *Flowchart* Tahapan Penelitian

3.1. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Pada tahapan ini, penulis mengidentifikasi masalah yang melatarbelakangi perlunya pemantauan dan kontrol motor 1 fasa industri dengan metode LoRa (*Long Range*). Studi literatur dengan cara mengumpulkan informasi melalui kajian pustaka yang berkaitan dengan judul proyek akhir. Proses pencarian literatur dilaksanakan sebagai dasar pengerjaan proyek dengan tujuan memperoleh referensi dan informasi yang relevan guna mendukung perancangan dan pembuatan alat. Studi literatur berguna untuk memberikan gambaran terkait karakteristik motor 1 fasa industri, Teknologi LoRa (*Long Range*), Metode pengontrolan kecepatan motor menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) dan sensor-sensor pendukung. Hasil dari studi literatur digunakan untuk merumuskan solusi dan menentukan komponen yang akan digunakan.

3.2. Perancangan Sistem dan Penentuan Komponen

Pada tahapan ini, berdasarkan identifikasi masalah dilakukan analisis kebutuhan, kemudian merumuskan solusi teknis yang mencakup aspek gambaran umum sistem, perancangan antarmuka, hardware dan software. Sistem ini dirancang dengan tiga bagian utama: unit sensor sebagai input, unit pengolahan data berbasis ESP32, serta unit monitoring dan pengontrolan. Pemilihan komponen dilakukan melalui evaluasi menyeluruh berdasarkan teknis seperti akurasi sensor, konsumsi daya, dan biaya.

3.2.1. Gambaran Umum Sistem

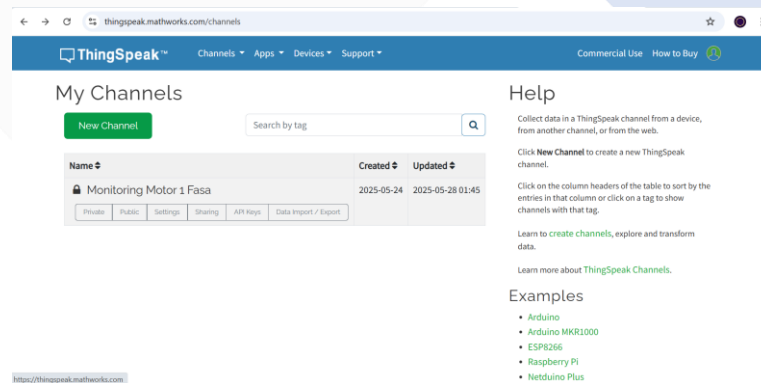
Rancang Bangun Alat Monitoring dan Pengontrolan Sistem Operasi Motor 1 Fasa Industri Menggunakan Metode LoRa (*Long Range*) ini menggunakan 4 buah sensor (DS18B20, Vibration SW-420, Encoder Optocoupler, dan PZEM-004T) sebagai input, ESP32 sebagai mikrokontroler, LoRa sebagai komunikasi nirkabel, VFD sebagai aktuator untuk mengontrol kecepatan motor, ThingSpeak sebagai platform monitoring, Google Spreadsheet sebagai penyimpanan data dan Blynk sebagai antarmuka kontrol.

Terdapat dua boks utama, dimana boks pertama terdapat sensor-sensor yang akan diletakkan diluar boks dan ditempelkan pada motor 1 fasa, modul kontroler

untuk LoRa NRF24L01 (Transmitter), Sensor, ESP32 serta VFD yang berfungsi untuk pengaturan kecepatan motor 1 fasa apabila kecepatan berlebih agar sesuai dengan kebutuhan output. Boks kedua terdapat LoRa NRF24L01 (Receiver) yang berfungsi untuk menerima data dari Transmitter, data tersebut akan ditampilkan ke sebuah website untuk dilakukan monitoring dan ke Spreadsheet untuk dilakukan penyimpanan data yang didapatkan sesuai dengan kinerja dari motor, sehingga dapat dilakukan analisa terhadap performa motor 1 fase dalam menjaga keandalan motor.

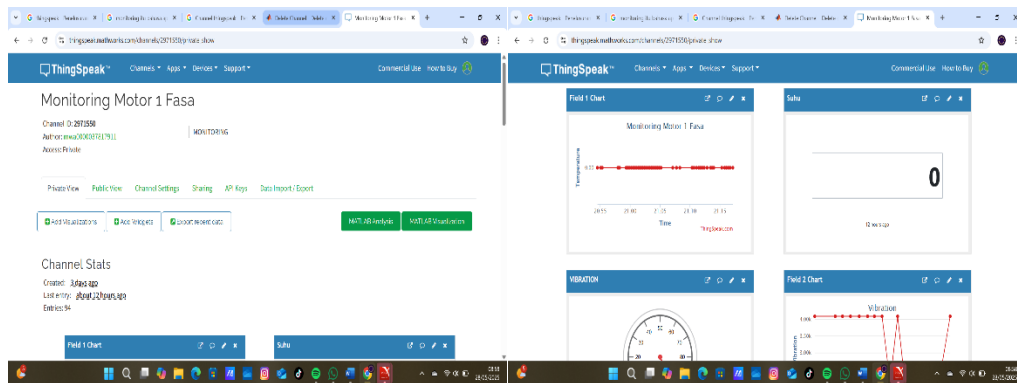
3.2.2. Perancangan Antarmuka

Antarmuka pemantauan motor 1 fasa dikembangkan dengan memanfaatkan sebuah platform analitik IoT (*Internet of Things*) yaitu ThingSpeak. Channel yang selesai dirancang dapat diakses melalui peramban web di laptop. Berikut adalah tampilan channel pemantauan yang telah dirancang.



Gambar 3.2. Channel Monitoring

Gambar diatas adalah channel yang berfungsi untuk menyimpan dan mengakses erbagai jenis data . Setiap channel memiliki dua mode, yaitu channel pribadi dan channel publik. Channel pribadi hanya bisa diakses setelah login ke ThingSpeak.com, sementara channel publik dapat dilihat oleh semua pengunjung yang membuka channel tersebut. Untuk berpindah ke menu pemantauan, pengguna tinggal mengklik judul channel atau tampilan yang tersedia. Setelah diklik anda akan diarahkan ke menu monitoring. Berikut ini tampilan menu monitoring yang dibuat.

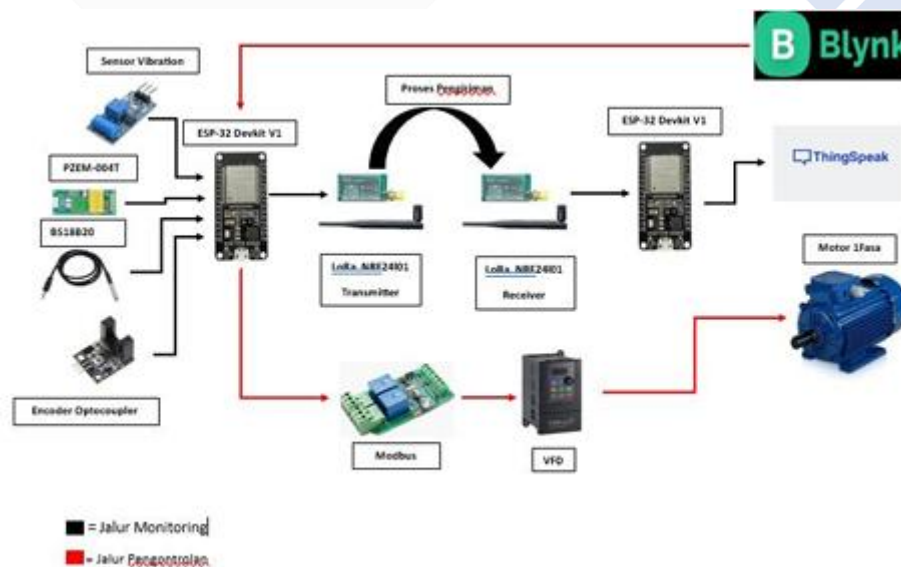


Gambar 3.3. Tampilan Menu Monitoring

Gambar 3.3. merupakan channel publik, yang menampilkan hasil pengukuran suhu, kecepatan, getaran, arus, tegangan, dan frekuensi. Setiap parameter ditampilkan secara visual melalui berbagai bentuk grafik dan elemen tampilan pendukung.

3.2.3. Rancangan Hardware

Berikut merupakan rancangan hardware proyek akhir yang digunakan penulis.



Gambar 3.4. Rancangan Hardware

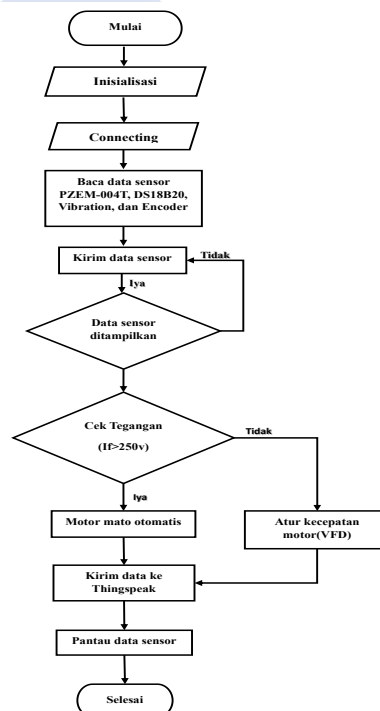
Rancangan ini terbagi menjadi dua jalur yaitu rancangan monitoring yang ditandai dengan “Jalur Monitoring (Hitam)” dan rancangan kontrol yang ditandai dengan “Jalur Pengontrolan (Merah)”. Rancangan monitoring terdiri dari bagian input, proses dan output. Bagian input terdiri dari beberapa sensor, seperti sensor

getaran SW-420, sensor PZEM-004T, ensor DS18B20, dan sensor Encoder Optocoupler yang berfungsi untuk mendeteksi parameter operasional motor 1 fasa , meliputi suhu, rpm, getaran, frekuensi, arus, dan tegangan. Pada bagian pemrosesan, ESP32 Devkit V1 bekerjasama dengan modul LoRa NRF24L01 (Transreceiver) untuk menerima data dari sensor. Setelah informasi diperoleh, ESP32 mengirimkan perintah kepada modul LoRa untuk transmisi data. Selanjutnya, LoRa mengirimkan output kembali ke ESP32 sebelum diteruskan ke bagian keluaran.

Sebagai antarmuka monitorng, terdapat platform ThingSpeak yang digunakan untuk menampilkan data secara *real-time*, memvisualisasikan kondisi operasional motor 1 fasa. Sementara itu, pada sisi kontrol, perintah dari aplikasi Blynk dikirimkan kembali ke modul ESP32. Setelah menerima sinyal, ESP32 meneruskannya melalui protokol Modbus RTU RS485 menuju *Variable Frequency Drive* (VFD), yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor 1 fasa berdasarkan input yang diberikan.

3.2.4 Rancangan Software

Proyek ini mengikuti alur kerja sistem seperti digambarkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 3.5. *Flowchart Software*

Gambar 3.5 merupakan diagram alir sistem untuk platform ThingSpeak, proses diawali dengan inisialisasi sistem, dilanjutkan dengan pembacaan data dari sensor, yaitu sensor PZEM-004T (pengukur parameter listrik), DS18B20 (pengukur suhu), getaran SW-420 (mendeteksi getaran) dan Encoder Optocoupler (pengukuran kecepatan motor). Data yang diperoleh kemudian ditampilkan secara real-time pada antarmuka ThingSpeak. Selanjutnya, sistem melakukan pemantauan tegangan untuk memastikan operasi dalam batas yang aman. Jika tegangan melebihi 250 , sistem akan mematikan motor secara otomatis dan mengirimkannya ke Blynk, jika tegangan dibawah 250, kecepatan motor dapat diatur secara dinamis melalui Blynk menggunakan *Variable Frequency Drive (VFD)*, sehingga motor beroperasi sesuai setpoint kecepatan yang ditentukan.

3.3. Pengujian Sistem

Pada tahapan ini, dilakukan pengujian komponen dan sistem untuk memastikan bahwa komponen dan sistem yang akan digunakan berfungsi sesuai kebutuhan. Adapun beberapa pengujian yang dilakukan pada alat:

1. Pengujian LoRa NRF24L01
2. Pengujian Sensor meliputi (Sensor suhu, getaran, kecepatan dan PZEM-004T).
3. Pengontrolan Kecepatan Motor 1 Fasa.
4. Integrasi Sistem Monitoring dengan Google Spreadsheet.

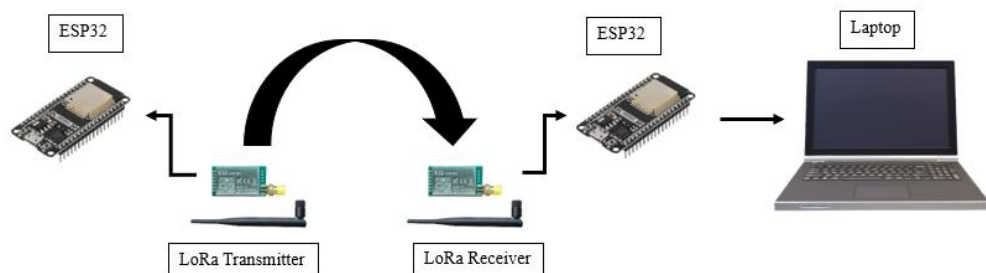
3.4. Penyusunan Laporan Proyek Akhir

Tahapan ini merupakan tahapan terakhir dalam penyelesaian proyek akhir yang bertujuan untuk merangkum seluruh proses dalam pembuatan proyek akhir.

BAB IV PEMBAHASAN

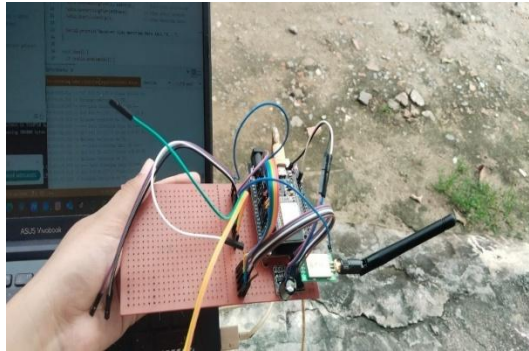
4.1. Pengujian LoRa NRF24L01

Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis performa modul NRF24L01 sebagai perangkat komunikasi nirkabel pada sistem monitoring dan kontrol motor 1 fasa industri, sekaligus mengidentifikasi jarak transmisi maksimum yang mampu diraih oleh modul NRF24L01. Metode pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan modul LoRa NRF24L01 ke mikrokontroler ESP32, dimana data yang diterima oleh ESP32 selanjutnya akan ditampilkan pada serial monitor. Sebagai indikator keberhasilan transmisi data, buzzer akan mengeluarkan suku ketika modul NRF24L01 transmitter berhasil mengirimkan data ke receiver NRF24L01.



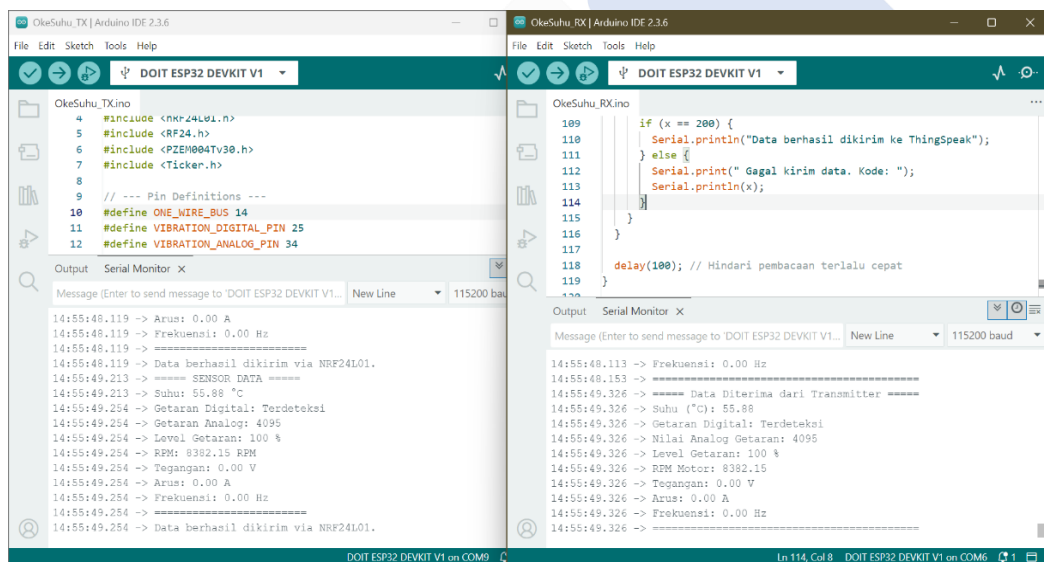
4.1. Diagram Pengujian LoRa NRF24L01

Penelitian kinerja LoRa dilakukan melalui pengujian dengan memvariasikan jarak antara modul transmitter dan receiver pada beberapa kondisi lingkungan, meliputi area *outdoor*, area indoor, dan lokasi dengan potensi interferensi. Gambar 4.2 menampilkan skema pengujian yang dilakukan.



Gambar 4.2. Ilustrasi Pengujian LoRa (Long Range)

Gambar 4.3 memperlihatkan output serial monitor ARDUINO IDE yang menampilkan hasil uji koneksi antara transmitter dan receiver.



Gambar 4.3. Tampilan Hasil Pembacaan Koneksi LoRa

Hasil pengujian jarak modul NRF24L01 bisa dilihat pada table 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Modul LoRa NRF24L01

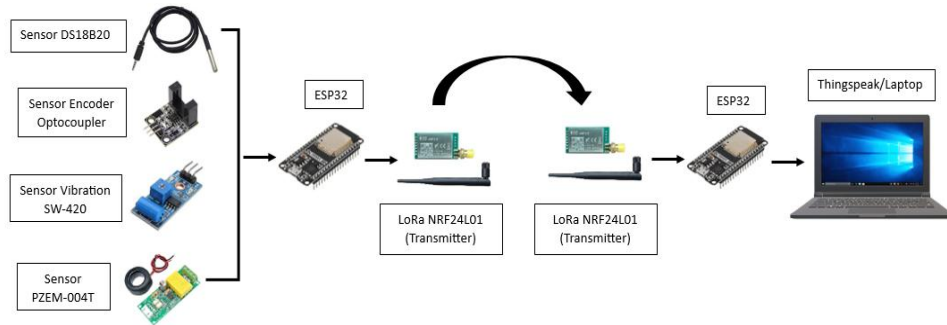
Lingkungan	Penghalang	Jarak yang didapatkan
Ruang terbuka	Gedung, Sinyal Radio (wifi), pohon	220
Ruang tertutup	Gedung, Pohon	60
Ruang (terbuka dan tertutup)	Gedung, pohon	118

Berdasarkan data pengujian jarak modul NRF24L01 yang disajikan dalam tabel, dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran di lapangan menunjukkan perbedaan dengan spesifikasi teknis modul. Hasil pengujian yang dilakukan penulis memperlihatkan bahwa jarak operasional efektif modul ini mencapai 118 meter pada kondisi (terbuka dan tertutup) dan 220 meter pada kondisi terbuka, diaman terdapat penghalang seperti gedung, pohon, dan sinyal WiFi. Hal ini membuktikan bahwa dalam pengujiannya, jangkauan LoRa dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, hambatan fisik, serta potensi interferensi sinyal frekuensi. Temuan ini membuktikan bahwa performa aktual modul LoRa, khususnya tipe NRF24L01, tidak selalu mencapai spesifikasi teknis maksimal dalam penerapan lapangan. Berdasarkan analisis penulis, meskipun memiliki keterbatasan jangkauan dibandingkan modul berbasis chip SX1278, modul NRF24L01 tetap memenuhi persyaratan fungsional sebagai sistem komunikasi jarak jauh untuk monitoring motor 1-fase. Hasil ini memperkuat kelayakan LoRa sebagai solusi komunikasi nirkabel independen (tanpa internet) di lingkungan industri. amun demikian, untuk aplikasi yang memerlukan performa lebih tinggi, penggunaan modul LoRa dengan chipset SX1278 dapat dipertimbangkan guna memperoleh jangkauan komunikasi yang lebih luas. Berdasarkan analisis tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa implementasi LoRa - khususnya menggunakan modul NRF24L01 - tetap feasible pada industri skala kecil hingga menengah, dengan catatan perlu memperhatikan, batasan karakteristik lingkungan operasional dan optimalisasi konfigurasi dan penempatan perangkat.

4.2. Pengujian Sensor

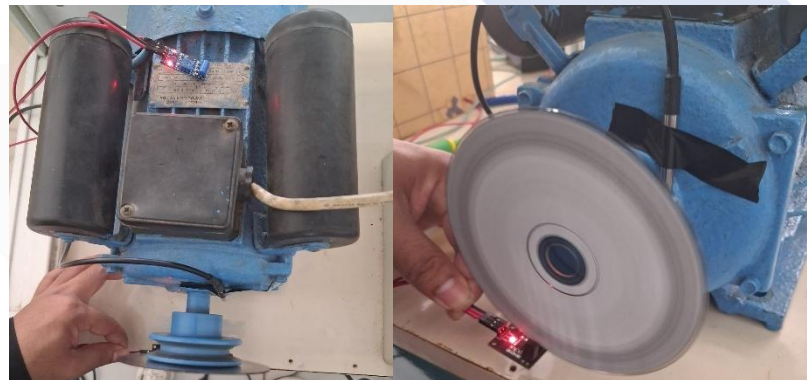
Pengujian sensor dilakukan terhadap empat jenis sensor - DS18B20 (suhu), sensor PZEM-004T (parameter listrik), sensor SW-420 (getaran), dan sensor Encoder Optocoupler untuk memverifikasi kinerja dan akurasi sebelum diaplikasikan dalam sistem. Pengujian dilakukan dengan memberikan input motor 1-fasa pada setiap sensor guna memastikan tiga aspek utama: kemampuan bekerja optimal, ketepatan pembacaan data, serta responsivitas terhadap perubahan kondisi. Hasil pengujian ini tidak hanya menentukan kelayakan penggunaan

sensor-sensor tersebut, tetapi juga mengidentifikasi kebutuhan kalibrasi lebih lanjut guna meningkatkan presisi dan keandalan data yang dihasilkan dalam operasional sistem secara menyeluruh.



Gambar 4.4. Diagram Pengujian Sensor

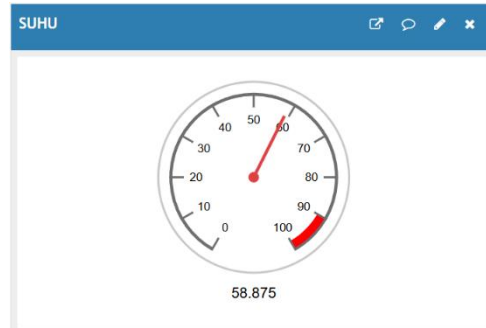
Gambar 4.4. merupakan ilustrasi pengujian sensor sebagai berikut.



Gambar 4.5. Ilustrasi Pengujian Sensor

4.2.1. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian pada sensor suhu DS18B20 dilakukan untuk memverifikasi kinerja dan akurasi pengukuran suhu pada motor 1 fasa. Tujuan dari pengujian ini adalah memastikan sensor berfungsi optimal, memberikan pembacaan yang tepat, serta memiliki keandalan dalam aplikasi sistem monitoring yang membutuhkan presisi tinggi. Dalam pelaksanaannya, sensor suhu dihubungkan ke modul ESP32 yang kemudian mengirimkan data hasil pengukuran ke platform ThingSpeak untuk pemantauan secara *real-time*. Untuk memvalidasi keakuratan pembacaan sensor, penulis menggunakan alat ukur suhu standar sebagai referensi pembanding. Hasil pengujian yang menampilkan grafik pembacaan suhu dapat dilihat secara visual pada Gambar 4.6.



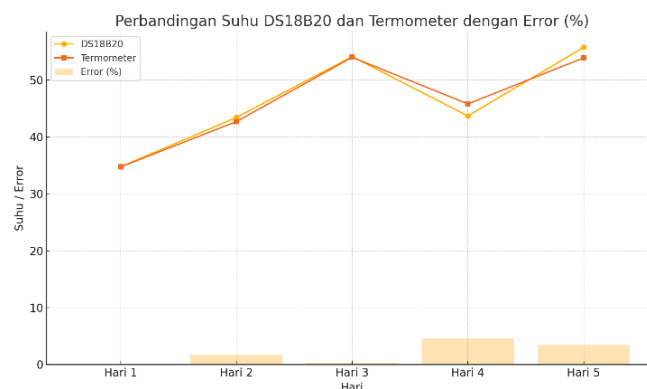
Gambar 4.6. Tampilan Suhu Thingspeak

Gambar 4.6 merupakan hasil visualisasi parameter suhu pada ThingSpeak. Data hasil pengukuran sensor suhu DS18B20 disajikan secara lengkap dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Sensor DS18B20

Hari Ke-	DS18B20	Temperature Humidity	Error(%)
1	34,75	34,73	0.06%
2	43.43	42,7	1.71%
3	54,12	54,0	0.22%
4	43,69	45,8	4.61%
5	55,75	53,9	3.43%
<i>Error Rata-Rata</i>			2.01%

Berikut ini merupakan grafik hasil pengujian sensor DS18B20.



Gambar 4.7. Grafik Hasil Pengujian Sensor DS18B20

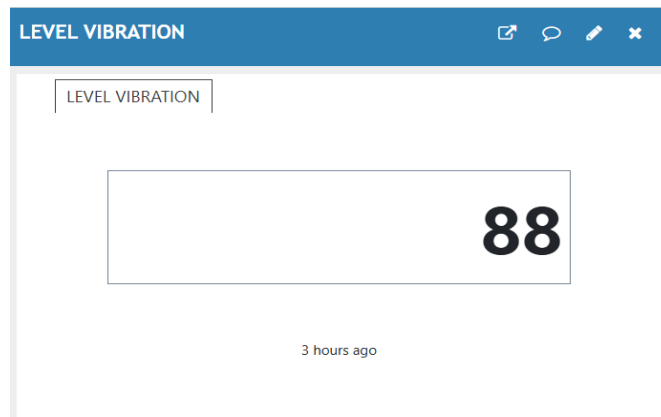
Hasil evaluasi kinerja sensor DS18B20 selama periode pengujian lima hari menunjukkan tingkat akurasi yang baik, dengan persentase *error* rata-rata sebesar 2,01% ketika dibandingkan dengan pembacaan dari *Temperature Humidity Meter* sebagai standar referensi. Perhitungan rata-rata persentase *error* sebagai berikut.

$$\text{Error Rata – Rata (\%)} = \frac{\text{Total Error semua hari}}{\text{Jumlah hari}}$$

Nilai *error* membuktikan bahwa sensor DS18B20 mempunyai tingkat akurasi yang cukup baik untuk aplikasi monitoring suhu pada kondisi umum. Pada hari pertama dan ketiga, *error* yang didapatkan sangat kecil (di bawah 0,25%), menunjukkan kalau sensor DS18B20 mampu menghasilkan pembacaan suhu yang sangat mendekati nilai aktual, membuktikan tingkat akurasinya yang baik. Namun demikian, teramati adanya deviasi yang relatif signifikan di hari keempat dan ke-lima dengan tingkat *error* masing-masing mencapai angka 4,61% dan 3,43%. Analisis menunjukkan bahwa penyimpangan ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor seperti kondisi lingkungan yang berubah, penempatan sensor yang kurang optimal, atau proses kalibrasi yang belum sempurna. Secara menyeluruh, dengan mempertimbangkan margin *error* yang terjadi, sensor DS18B20 tetap dapat direkomendasikan untuk aplikasi pengukuran suhu non-kritis yang tidak membutuhkan tingkat presisi sangat tinggi.

4.2.2. Pengujian Sensor Getaran

Proses pengujian sensor getaran SW420 dilakukan dengan menerapkan stimulus getaran langsung dari motor 1 fasa sebagai sumber input. Dalam implementasinya, sensor getaran diintegrasikan dengan modul ESP32 yang berfungsi sebagai pengolah data utama, dimana data vibrasi yang terdeteksi kemudian dikirimkan melalui modul komunikasi LoRa. Selanjutnya, data tersebut diproses dan ditampilkan secara *real-time* pada platform ThingSpeak untuk keperluan pemantauan dan analisis getaran motor. Visualisasi hasil pengukuran getaran yang tercatat pada sistem ThingSpeak dapat diamati lebih detail melalui Gambar 4.8 yang disertakan.



Gambar 4.8. Tampilan Getaran ThingSpeak

Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Sensor Getaran SW-420

Hari Ke-	Sensor Vibration SW420
1	100%
2	100%
3	99%
4	100%
5	100%

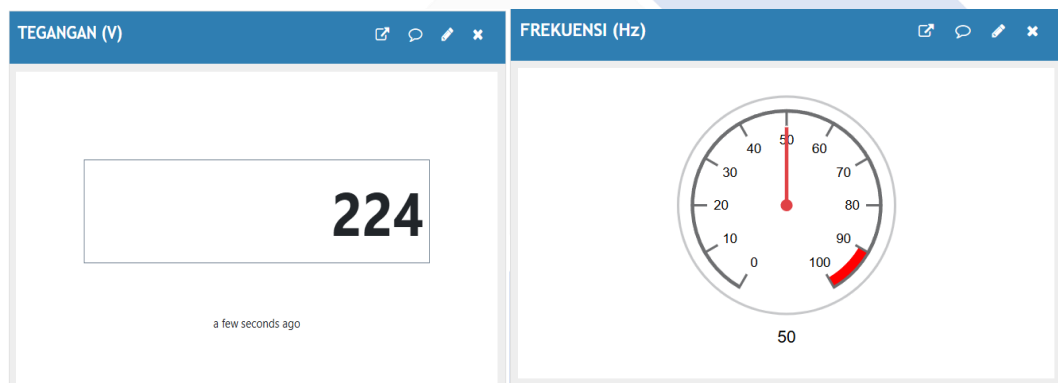
Hasil pengujian selama lima hari menunjukkan performa yang stabil dalam mendeteksi getaran motor 1 fasa. Data menunjukkan konsistensi pembacaan dengan empat hari mencapai deteksi sempurna 100%, sementara pada hari ketiga tercatat penurunan sebesar 1% menjadi 99%. Fluktuasi minor ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor teknis, meliputi: (1) kebutuhan kalibrasi sensor yang lebih optimal, (2) gangguan noise elektromagnetik dari lingkungan sekitar, serta (3) karakteristik sensor SW420 yang bekerja berdasarkan prinsip threshold dengan tingkat presisi terbatas. Meskipun terdapat variasi kecil, secara keseluruhan sensor ini terbukti handal untuk aplikasi monitoring getaran. Peningkatan performa yang teramati mungkin berasal dari beberapa perbaikan selama pengujian, seperti penyesuaian posisi sensor, stabilisasi putaran motor, atau adaptasi sistem akuisisi data. Dengan integrasi yang baik antara ESP32, modul

LoRa, dan platform ThingSpeak, sensor SW420 dapat diandalkan sebagai solusi monitoring getaran motor 1 fasa untuk aplikasi industri skala kecil hingga menengah.

4.2.3. Pengujian Sensor PZEM-004T

Pengujian ini dilaksanakan melalui pemberian input sumber AC yang didapatkan dari motor 1 fasa . Proses pengujian dilakukan dengan mengintegrasikan sensor PZEM-004T ke modul ESP32, kemudian data yang diperoleh dikirimkan melalui modul LoRa sebagai media transmisi nirkabel. Data yang didapatkan seperti arus, tegangan dan frekuensi akan divisualisasikan pada ThingSpeak .

Hasil pengukuran sensor PZEM-004T dapat dilihat melalui ThingSpeak seperti Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Tampilan ThingSpeak Hasil Pembacaan Sensor PZEM-004T

Hasil pengujian sensor PZEM-004T dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T

Hari Ke-	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Frekuensi (Hz)
1	201.10	0.03	49.90
2	202.00	0.03	49.90
3	202.60	0.03	49.90
4	202.80	0.03	50.00
5	202.50	0.03	50.10

Berdasarkan data yang didapatkan, sensor PZEM-004T memperlihatkan performa yang stabil dalam pemantauan parameter listrik. Namun, terdapat beberapa fluktuasi kecil yang masih berada pada batas normal. Tegangan listrik mengalami peningkatan secara bertahap dari 201,10V menjadi 202,80V, meskipun terjadi sedikit penurunan di hari ke-lima yaitu 202,50V. Fluktuasi yang terjadi masih berada pada rentang toleransi standar listrik PLN di Indonesia ($220V \pm 10\%$) (PT. PLN (Persero), 1995), sehingga bisa disebutkan dalam kondisi normal. Kenaikan tegangan ini disebabkan oleh variasi pasokan listrik dari grid, pengaruh lingkungan seperti suhu, atau noise elektrik yang memengaruhi pembacaan sensor.

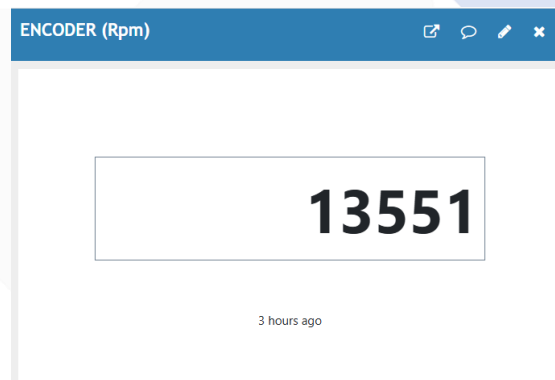
Pengukuran arus listrik yang dilakukan selama lima hari pengujian menunjukkan nilai stabil sebesar 0,03 mA, mengindikasikan konsumsi daya yang sangat rendah pada motor 1 fasa tersebut. Hal tersebut menunjukkan bahwa motor hanya menarik arus magnetisasi untuk mempertahankan magnet di stator, tanpa melakukan kerja mekanis. Hasil pengujian menunjukkan karakteristik yang wajar mengingat pengukuran dilakukan dalam kondisi tanpa beban, di mana sensor hanya menangkap noise atau offset kecil. Namun, apabila tidak terdeteksi arus sama sekali, diperlukan verifikasi menyeluruh terhadap koneksi sistem dan proses kalibrasi sensor untuk memastikan akurasi pengukuran. Dalam pengukuran frekuensi, diamati pola perubahan dari 49,90 Hz yang stabil setelah itu meningkat menjadi 50,00 Hz pada hari ke-empat dan 50,10 Hz di hari ke-lima. Meskipun nilai ideal frekuensi sistem seharusnya konstan di 50,00 Hz, deviasi kecil ini berada dalam batas toleransi yang dapat diterima, hal ini bisa diduga dari errornya pembacaan sensor mengingat akurasi PZEM-004T biasanya memiliki margin $\pm 0,1$ Hz.

Secara umum, sensor PZEM-004T telah membuktikan reliabilitasnya dalam pengukuran tegangan dan frekuensi, walaupun pembacaan arus yang didapatkan sangat rendah memerlukan investigasi lebih mendalam. Untuk memvalidasi performa sensor secara komprehensif, disarankan tiga langkah: (1) melakukan pengujian dengan beban aktif, (2) memantau frekuensi dalam durasi lebih panjang, dan (3) mengkomparasi hasil dengan alat ukur referensi seperti multimeter. Khusus untuk fluktuasi frekuensi yang konsisten di atas 50,00 Hz,

perlu diwaspadai sebagai indikasi *overfrequency* yang dapat mengganggu peralatan listrik. Dengan demikian, sensor ini tetap memadai untuk monitoring dasar, namun verifikasi berkala dan pengujian tambahan diperlukan untuk memastikan integritas sistem dan akurasi sensor secara berkelanjutan.

4.2.4. Pengujian Sensor Kecepatan

Pengujian ini dilakukan dengan cara pemberian berupa *input* putaran torsi motor 1 fasa. Pengujian ini menghubungkan sensor Encoder Optocoupler ke ESP32 kemudian data yang dtelah iterima ESP32 dikirim melalui modul LoRa, kemudian divisualisasikan secara real-time pada platform ThingSpeak untuk pemantauan. Sebagai pembanding validasi, digunakan tachometer sebagai alat ukur referensi. Hasil pengukuran lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.10 yang menampilkan grafik kecepatan motor pada antarmuka ThingSpeak.



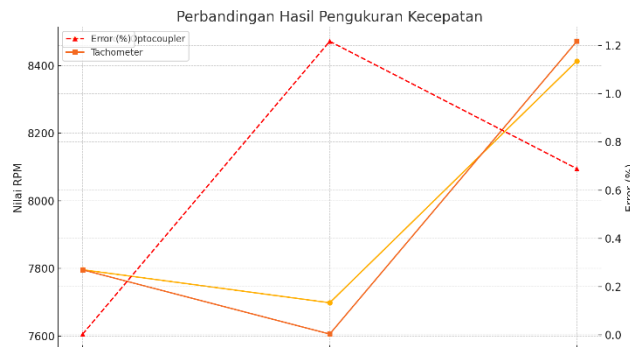
Gambar 4.10. Tampilan Kecepatan ThingSpeak

Tabel 4.5 berikut merupakan hasil pengujian sensor kecepatan Encoder Optocoupler

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Sensor Encoder Optocoupler

Hari Ke-	Encoder Optocoupler	Tachometer	<i>Error</i> (%)
1	7796.25	7796	0.0032%
2	7698.60	7606	1.217%
3	8413.65	8472	0.689%
4	8055	8100	0.556%
5	7950.02	8001	0.641%
<i>Error rata-rata</i>			0.621%

Berikut ini grafik hasil pengujian sensor kecepatan Encoder Optocoupler.



Gambar 4.11. Grafik Hasil Pengujian Sensor Kecepatan Encoder Optocoupler

Hasil evaluasi selama lima hari pengujian membuktikan bahwa sensor kecepatan Encoder Optocoupler mampu memberikan pembacaan kecepatan motor 1 fasa dengan akurasi tinggi dengan *error* sebesar 0,0032% (hari 1), 1,217% (hari 2), 0,689% (hari 3), 0,556% (hari 4), dan 0,641% (hari 5) yang dibandingkan dengan alat ukur tachometer. Hasil analisis data menunjukkan tingkat *error* rata-rata sebesar 0,621%, mengindikasikan bahwa sensor Encoder Optocoupler memiliki stabilitas pengukuran yang baik dalam mengukur kecepatan motor 1 fasa. Perhitungan nilai rata-rata persentase *error* sebagai berikut.

$$\text{Error Rata - Rata (\%)} = \frac{\text{Total Error semua hari}}{\text{Jumlah hari}}$$

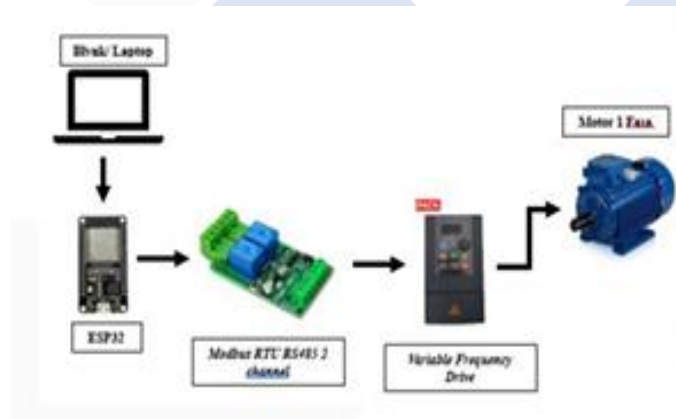
Secara prinsip kerja, sensor encoder optocoupler mengandalkan mekanisme interupsi cahaya dimana putaran objek akan memutus sinar optik sehingga menghasilkan pulsa digital. Pulsa-pulsa ini kemudian dihitung dan dikonversi menjadi nilai kecepatan dalam satuan RPM. Tingkat akurasi sensor ini ditentukan oleh tiga faktor utama: (1) kerapatan slot pada disk encoder, (2) kualitas komponen optoelektronik yang digunakan, dan (3) stabilitas proses akuisisi sinyal oleh mikrokontroler. Karena karakteristiknya yang presisi, sensor ini banyak diaplikasikan dalam sistem kendali motor, robotika, serta berbagai kebutuhan pengukuran kecepatan yang membutuhkan ketelitian tinggi.

Berdasarkan hasil pengujian, bisa disimpulkan sensor kecepatan Encoder Optocoupler sangat sesuai untuk diimplementasikan pada sistem monitoring kecepatan motor 1 fasa industri berbasis ESP32 dan LoRa. *Error* pengukuran yang

rendah membuktikan keandalan sensor dalam menyediakan data yang akurat untuk aplikasi industri. Konsistensi performa selama periode pengujian juga mengkonfirmasi efektivitas sensor pada sistem monitoring *real-time* melalui ThingSpeak. Dengan integrasi yang baik, sensor ini mampu memberikan solusi monitoring otomatis yang presisi, menggantikan metode pengukuran manual sekaligus meningkatkan efisiensi pemantauan kinerja motor.

4.3. Pengontrolan Kecepatan Motor 1 Fasa

Sistem pengontrolan motor 1 fasa dalam penelitian ini mengimplementasikan VFD (*Variable Frequency Drive*) sebagai komponen utama. Menurut Mustachim et al. (2023), rangkaian VFD mempunyai kemampuan dapat menerima input tegangan AC 220V dan menghasilkan output tegangan AC dengan frekuensi yang bisa diatur secara variabel. Dalam konfigurasi sistem, VFD terhubung langsung ke motor 1 fasa dan dikendalikan secara nirkabel melalui aplikasi Blynk yang diintegrasikan dengan modul ESP32. Mekanisme pengontrolan ini memungkinkan pengaturan kecepatan motor secara fleksibel dan presisi. Untuk gambaran lebih jelas mengenai konfigurasi sistem kontrol tersebut, dapat dilihat pada diagram yang disajikan dalam Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Diagram Kontrol Motor 1 Fasa

Tampilan kontrol motor 1 fasa pada Blynk dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.13. Tampilan Blynk Pengontrolan Motor 1 Fasa

Gambar 4.13. adalah tampilan kontrol, terdapat kontrol panel untuk pengontrolan kecepatan motor 1 fasa dan menampilkan hasil frekuensi yang sudah di kontrol. Pada penelitian ini sistem mampu membaca parameter kecepatan dari Blynk.

4.4. Integrasi Sistem Monitoring dengan Google Spreadsheet

Sistem monitoring ini dikembangkan agar mampu mengirimkan berbagai parameter operasional secara otomatis ke cloud Google Spreadsheet melalui modul ESP32. Data yang mencakup 6 parameter yaitu getaran, suhu, kecepatan (RPM), tegangan, frekuensi dan arus ditransmisikan secara nirkabel melalui modul NRF24L01. Proses transmisi data ini memanfaatkan protokol HTTP menuju Web App yang dibangun dengan Google Apps Script, dimana Google Spreadsheet berperan sebagai database sederhana namun efisien untuk pemantauan kondisi motor baik secara real-time maupun historis.

Dalam implementasinya, sistem sempat mengalami beberapa kendala teknis seperti masalah konfigurasi parameter URL dan delay dalam pengiriman data. Namun, setelah melalui serangkaian penyesuaian dan optimasi, sistem akhirnya dapat beroperasi dengan stabil dan berhasil merekam seluruh data pengukuran secara lengkap. Penyempurnaan ini memastikan reliabilitas sistem dalam mendokumentasikan setiap parameter operasional motor secara akurat dan konsisten.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Timestamp	suhu	getaran	rpm	tegangan	arus	frekuensi					
189	28/06/2025 18:01	25.25	7	0.00	0.00	0.00	0.00					
196	28/06/2025 18:01	25.31	19	0.00	0.00	0.00	0.00					
199	28/06/2025 18:01	25.31	42	0.00	0.00	0.00	0.00					
190	28/06/2025 18:01	25.31	19	0.00	0.00	0.00	0.00					
194	28/06/2025 18:01	25.37	30	0.00	0.00	0.00	0.00					
192	28/06/2025 18:01	25.44	85	0.00	0.00	0.00	0.00					
193	28/06/2025 18:01	25.50	88	0.00	0.00	0.00	0.00					
194	28/06/2025 18:01	25.50	88	0.00	0.00	0.00	0.00					
195	28/06/2025 18:01	25.50	100	0.00	0.00	0.00	0.00					
196	28/06/2025 18:01	25.55	85	0.00	0.00	0.00	0.00					
197	28/06/2025 18:01	25.55	53	0.00	0.00	0.00	0.00					
198	28/06/2025 18:01	25.19	65	0.00	0.00	0.00	0.00					
199	28/06/2025 18:01	25.81	100	0.00	0.00	0.00	0.00					
196	28/06/2025 18:01	25.58	100	0.00	0.00	0.00	0.00					
197	28/06/2025 18:01	25.19	100	0.00	0.00	0.00	0.00					
199	28/06/2025 18:01	25.30	100	0.00	0.00	0.00	0.00					

Gambar 4.14. Tampilan Data Monitoring Motor 1 Fasa pada Google Spreadsheet

Gambar tersebut menampilkan rekaman data otomatis dari sistem monitoring motor 1 fasa yang tersimpan pada Google Spreadsheet. Proses pengiriman data dilakukan secara periodik oleh mikrokontroler ESP32 melalui jaringan Wi-Fi, kemudian direkam oleh aplikasi web yang dikembangkan menggunakan Google Apps Script. Dari hasil yang terlihat, parameter suhu dan getaran berhasil terekam dengan sempurna, sementara parameter lainnya masih menunjukkan nilai nol. Kondisi ini terjadi karena dalam pengujian tersebut hanya dua sensor (suhu dan getaran) yang diaktifkan dan beroperasi, sedangkan sensor-sensor lainnya belum difungsikan selama proses pengujian berlangsung.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan seluruh rangkaian pengujian yang telah dilakukan pada proyek akhir ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama:

1. Sistem dapat memantau secara *real-time* kondisi motor 1 fasa industri dengan akurasi yang dapat diandalkan, jangkauan komunikasi yang memadai, dan antarmuka yang mudah diakses melalui ThingSpeak. Namun, optimasi seperti kalibrasi ulang sensor dan peningkatan jangkauan LoRa dapat dilakukan untuk meningkatkan performa lebih lanjut.
2. Implementasi modul LoRa NRF24L01 telah berhasil diaplikasikan sebagai solusi komunikasi nirkabel untuk sistem monitoring dan kontrol motor 1 fasa industri. Namun demikian, capaian jarak transmisi optimal belum sepenuhnya tercapai karena adanya hambatan fisik dan gangguan elektromagnetik.
3. Sistem pengontrolan kecepatan motor 1 fasa telah berhasil diimplementasikan dengan memanfaatkan VFD (*Variable Frequency Drive*) yang terintegrasi melalui platform Blynk.

5.2. Saran

1. Penggunaan chip SX1278 pada modul LoRa disarankan untuk memperluas jangkauan komunikasi sistem secara signifikan.
2. Perlu dikembangkan aplikasi yang khusus untuk proses monitoring dan kontrol sistem..
3. Konfigurasi VFD perlu disempurnakan dengan cara setting parameter dasar (*control mode*) dan komparasi performa menggunakan motor 3 fasa sebagai pembanding.
4. Melakukan kalibrasi ulang sensor, terutama sensor PZEM-004T dan encoder optocoupler, untuk memastikan akurasi data yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhika, A.S, “Kenali Apa itu LoRa dan Fungsi Menguntungkan!” synapsis.id. [Online]. Available: <https://synapsis.id/blog/lora-dan-segudang-fitur-menguntungkan>. Diakses tanggal 30 Juni 2025.
- Arfianto, D. 2023. Sistem Kendali Dan Monitoring Motor Induksi Satu Fase Berbasis *Internet of Things* (IoT). *Proyek Akhir*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Bisri. M. Z dan Anzory. I. 2024. Alat Monitoring Getaran Motor Listrik Induksi 1 Phase Berbasis Internet of Think (IoT). *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*. 3(2): 1-6.
- Builder Indonesia. 2023. ”ESP32 Generasi Masa Depan Mikrokontroller,” builder.id [Online] . Available: <https://www.builder.id/esp32-generasi-masa-depan-mikrokontroller/> . Diakses tanggal 14 Juli 2025.
- Delta Mitra Solusindo (2023). Mengenal Prinsip Kerja dan Komponen Utama VFD Inverter. Url: <https://deltamitrasolusindo.com/2023/10/16/mengenal-prinsip-kerja-dan-komponen-utama-vfd-inverter/>. Diakses tanggal 18 Juli 2023.
- Desnanjaya, I.G.M.N. (2020). Pengiriman Data NRF24L01+ Dengan Kondisi Line Of Sight Dan Non Line Of Sight. *Jurnal RESISTOR*. 3(2). Doi: <https://doi.org/10.31598>.
- Fajri, A.S. 2023. Monitoring Temperature, Getaran, dan Kecepatan Motor Induksi 1 Phase Berbasis Website. *Proyek Akhir*. Universitas Bhayangkara Surabaya.
- Hidayatullah, A. I., Widana, I.N.E., Asrulang,S. 2023. Variable Frequency Drive (VFD). *Makalah Elektronika Daya*. Universitas Tadulako.
- Ihsan dan Lesmideyarti, D. 2024. Penerapan Smart Sistem Monitoring dan Kontrol Motor 1 Phasa Menggunakan Google Assistant. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*. 8(1):7-13.
- Johar, L.W., Djufri, S.U dan Matalata, H. 2021. Perancangan VFD Motor Induksi 1 Phase Untuk Pengaturan Awal Kecepatan Mobil Listrik. *Journal of Electrical Power Control and Automation*. 4(2):47-50.
- Juliansyah, Y. 2022. “ Cara Menggunakan Modul WiFi NRF24L01 ” Ruang Teknisi. Available: <https://www.ruangteknisi.com/modul-wifi-nrf24l01/> . Diakses tanggal 18 Juli 2025.

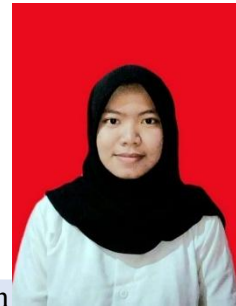
- Laili, M.N., Bagaskoro, M.C., Gumilar, L., Faiz, M.R.F dan Aripriharta. 2023. Perancangan Kendali Motor Induksi Menggunakan Variable Speed Drive. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*. 8(1):2502-8464.
- Link Sukses. 2023. "Cara Kerja Rangkaian Power Supply Dc 5 Volt Dan 12 Volt Stabil,"linksukses.com.Available:<https://www.linksukses.com/2023/09/cara-kerja-rangkaian-powersupply.html#:~:text=Power%20supply%20linear%20menggunakan%20transformator%20stepdown%20dan%20IC,dibutuhkan%2C%20maka%20ukuran%20fisik%20trafo%20akan%20semakin%20besar>. Diakses tanggal 14 Juli 2025.
- Nugrahanto, I. 2022. Perancangan Variable Frequency Drive (Vfd) Satu Phasa dengan Menggunakan Metode Sinusoida Pulse Width Modulation Berbasis Mikrokontroler. *E-Link J. Tek. Elektro dan Inform*. 17(2): 32. doi: 10.30587/e-link.v17i2.4497.
- Putri, W.M. 2020. *Apa itu LoRa? Telkom University*. URL: <https://nesr.labs.telkomuniversity.ac.id/apa-itu-lora/>. Diakses tanggal 25 April 2025.
- Sanjaya, U. 2023. *Sensor: "Penjelasan, Cara Kerja, Jenis, dan Penerapannya," kmtech.id* [Online]. Available: <https://www.kmtech.id/post/sensor-penjelasan-cara-kerja-jenis-dan-penerapannya>. Diakses tanggal 16 Juli 2024.
- Selvyalya. 2024. "Sistem Kontrol dan Monitoring," Blogspot.com. Available: <https://congwing.blogspot.com/2024/10/sistem-kontrol-dan-monitoring.html> . Diakses tanggal 18 Juli 2024.
- Ubaidillah, A., Mahmudi, M.I., Alfita, R., S,Kurniawan. A., dan P, Nelpa. D. 2021. Sistem Monitoring Uji Kondisi Motor AC 3 Fasa Menggunakan LoRa. *J-Eltrik*. 3(2) E-ISSN: 2656-9396; P-ISSN: 2656-9388.

Lampiran 1. Riwayat Hidup Perorangan

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Febrika Juniar Syabilla
Tempat, Tanggal Lahir : Air Lintang, 18 Juni 2024
Alamat Rumah : Air Lintang, Tempilang
No. HP : 085268343687
Email : febrikajnrSyabilla681@gmailcom
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

- | | |
|---|---------------|
| 1. SD Negeri 1 Sengayam | Lulus 2016 |
| 2. SMP Negeri 1 Tempilang | Lulus 2019 |
| 3. SMA Negeri 1 Tempilang | Lulus 2022 |
| 4. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung | 2022-Sekarang |

3. Pengalaman Kerja

Praktik Kerja Lapangan di PT.PLN ULP Sungailiat Bangka Belitung

Sungailiat, 03 Juli 2025

Febrika Juniar Syabilla

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Wahyu
Tempat, Tanggal Lahir : Sempan, 06 Januari 2002
Alamat Rumah : Jl. Sinar Raya Sempan,
Desa Sempan
No. HP : 082279490706
Email : w06.wahyu@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

1. SD Negeri 4 Sempan	Lulus 2014
2. SMP Negeri 3 Pemali	Lulus 2017
3. SMK Negeri 2 Sungailiat	Lulus 2020
4. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2022-Sekarang

3. Pengalaman Kerja

- Praktik Kerja Lapangan di PT. PLN ULP Toboali Bangka Belitung
- Praktik Kerja Lapangan di Departemen Pabrikasi Industri, PT Bukit Asam

Sungailiat, 03 Juli 2025

Wahyu

Lampiran 2. Program Alat Penelitian

1. Program Sensor yang Terhubung dengan Transimttter LoRa NRF24L01

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <PZEM004Tv30.h>
#include <OneWire.h>
#include <math.h>

// ===== Pin Definitions =====
#define ONE_WIRE_BUS 14
#define VIBRATION_DIGITAL_PIN 32
#define VIBRATION_ANALOG_PIN 34
#define ENCODER_PIN 35
#define RELAY_PIN 27
#define PZEM_RX_PIN 25
#define PZEM_TX_PIN 26

// ===== Sensor & Komunikasi =====
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DeviceAddress tempDeviceAddress;
RF24 radio(22, 21);
const byte address[6] = "00001";
HardwareSerial pzemSerial(2);
PZEM004Tv30 pzem(pzemSerial, PZEM_RX_PIN, PZEM_TX_PIN);

// ===== Encoder / RPM =====
volatile unsigned long pulseCount = 0;
float motorSpeedRPM = 0.0f;
float lastRPM = 0.0f;
const int PPR = 20;
const float calibrationFactor = 1.05f;
Ticker rpmTimer;
const unsigned int timeoutLimit = 2;
unsigned int timeoutCounter = timeoutLimit;

// ===== Vibration Analog (Moving Average) =====
const int vibSampleSize = 10;
int vibAnalogSamples[vibSampleSize];
int vibSampleIndex = 0;
unsigned long lastVibrationAnalogTime = 0;
```

```

int lastVibrationLevel = 0;
#define VIBRATION_ANALOG_THRESHOLD 550

// ===== Vibration Digital (Debounce + Timeout) =====
unsigned long lastVibrationTime = 0;
unsigned long lastVibrationDigitalTime = 0;
bool vibrationDetected = false;
int lastVibrationDigital = 0;
const unsigned long debounceDelay = 100;
const unsigned long vibrationTimeout = 2000;

// ===== Proteksi Listrik =====
const float overVoltageThreshold = 240.0f;
const float overCurrentThreshold = 6.0f;

// ===== Struktur Data =====
struct SensorData {
    float temperature;
    int vibrationDigital;
    int vibrationAnalog;
    int vibrationLevel;
    float motorSpeed;
    float voltage;
    float current;
    float frequency;
};

// ===== Helper Function =====
int normalizeVibration(int analogValue, int threshold) {
    const int maxAnalog = 4095;
    if (analogValue < threshold) return 0;
    int norm = map(analogValue, threshold, maxAnalog, 0, 100);
    return constrain(norm, 0, 100);
}

void IRAM_ATTR countPulse() {
    pulseCount++;
}

void calculateRPM() {
    noInterrupts();
    unsigned long pulses = pulseCount;
    pulseCount = 0;
    interrupts();
    if (pulses > 0) {
        motorSpeedRPM = ((float)pulses / PPR) * 60.0f * calibrationFactor;
        timeoutCounter = timeoutLimit;
    }
}

```

```

    } else if (timeoutCounter > 0) {
        timeoutCounter--;
        motorSpeedRPM = lastRPM;
    } else {
        motorSpeedRPM = 0.0f;
    }
    lastRPM = motorSpeedRPM;
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    sensors.begin();
    sensors.setResolution(12);
    if (!sensors.getAddress(tempDeviceAddress, 0)) {
        Serial.println("Suhu tidak terdeteksi!");
    }

    pinMode(VIBRATION_DIGITAL_PIN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(VIBRATION_ANALOG_PIN, INPUT);
    pinMode(ENCODER_PIN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(ENCODER_PIN), countPulse, RISING);
    radio.begin();
    radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH);
    radio.setDataRate(RF24_1MBPS);
    radio.openWritingPipe(address);
    radio.stopListening();
    pzemSerial.begin(9600, SERIAL_8N1, PZEM_RX_PIN, PZEM_TX_PIN);
    rpmTimer.attach(1.0, calculateRPM);
    for (int i = 0; i < vibSampleSize; i++) vibAnalogSamples[i] = 0;
    lastVibrationAnalogTime = millis() - vibrationTimeout;
    lastVibrationDigitalTime = millis() - vibrationTimeout;
}

void loop()
    SensorData data;
    unsigned long now = millis();
    sensors.requestTemperatures();
    float tC = sensors.getTempC(tempDeviceAddress);
    data.temperature = (tC != DEVICE_DISCONNECTED_C) ? tC - 5.0f : 0.0f;
    int rawA = analogRead(VIBRATION_ANALOG_PIN);
    vibAnalogSamples[vibSampleIndex] = rawA;
    vibSampleIndex = (vibSampleIndex + 1) % vibSampleSize;
    long sum = 0;
    for (int i = 0; i < vibSampleSize; i++) sum += vibAnalogSamples[i];

```

```

int avgA = sum / vibSampleSize;
int vibLvNow = normalizeVibration(avgA,
VIBRATION_ANALOG_THRESHOLD);
if (vibLvNow > 0) {
lastVibrationAnalogTime = now;
lastVibrationLevel = vibLvNow;
}

if (now - lastVibrationAnalogTime > vibrationTimeout) {
data.vibrationAnalog = 0;
data.vibrationLevel = 0;
} else {
data.vibrationAnalog = avgA;
data.vibrationLevel = lastVibrationLevel;
}

int vibDRead = digitalRead(VIBRATION_DIGITAL_PIN);
if (vibDRead == LOW && (now - lastVibrationTime) > debounceDelay) {
vibrationDetected = true;
lastVibrationTime = lastVibrationDigitalTime = now;
lastVibrationDigital = 1;
} else if (vibDRead == HIGH && vibrationDetected) {
vibrationDetected = false;
lastVibrationDigital = 0;
}

if (now - lastVibrationDigitalTime > vibrationTimeout) {
data.vibrationDigital = 0;
} else {
data.vibrationDigital = lastVibrationDigital;
}
data.motorSpeed = motorSpeedRPM;
data.voltage = isnan(pzem.voltage()) ? 0.0f : pzem.voltage();

float iM = isnan(pzem.current()) ? 0.0f : pzem.current();
float pf = isnan(pzem.pf()) ? 1.0f : pzem.pf();
float powr = isnan(pzem.power()) ? 0.0f : pzem.power();
if (iM == 0.0f && data.voltage > 0.0f && pf > 0.0f) {
iM = powr / (data.voltage * pf);
}

data.current = iM;
data.frequency = isnan(pzem.frequency()) ? 0.0f : pzem.frequency();
bool overV = data.voltage > overVoltageThreshold;
bool overI = data.current > overCurrentThreshold;
digitalWrite(RELAY_PIN, (overV || overI) ? HIGH : LOW);

```

```

Serial.println(F("===== SENSOR DATA ====="));
Serial.println(F("===== TUGAS AKHIR FEBRIKA DAN WAHYU====="));
Serial.printf("Suhu : %.2f °C\n", data.temperature);
Serial.printf("Getaran Analog : %d, Level: %d%%\n", data.vibrationAnalog,
data.vibrationLevel);
Serial.printf("Getaran Digital : %s\n", data.vibrationDigital ? "Terdeteksi" :
"Tidak");
Serial.printf("RPM : %.2f RPM\n", data.motorSpeed);
Serial.printf("Tegangan : %.2f V\n", data.voltage);
Serial.printf("Arus : %.2f A\n", data.current);
Serial.printf("Frekuensi : %.2f Hz\n", data.frequency);
Serial.printf("Proteksi : %s\n", (overV || overI) ? "AKTIF (Relay OFF)" :
"Normal");
Serial.println(F("====="));
bool ok = radio.write(&data, sizeof(data));
Serial.println(ok ? "Data terkirim via NRF24L01." : "Gagal kirim data!");
delay(1000);
}

```

2. Program Receiver LoRa NRF24L01 yang Terhubung ke Thingspeak dan Google Sheet

```

#include <WiFiClientSecure.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <WiFi.h>
#include "ThingSpeak.h"

// Ganti URL berikut dengan URL Google Web App milikmu
const String SHEET_URL =
"https://script.google.com/macros/s/AKfycbwMU1HoKJ2JLIJdg2ZD_W47Zh1u
mcbY__i2-egCGfWQkZ9Nis25McU6yB6ZLXnTE8erXA/exec";

// Definisi pin
#define CE_PIN 22
#define CSN_PIN 21
#define BUZZER_PIN 2

// Informasi WiFi dan ThingSpeak
const char* ssid = "Galaxy A26 5G 9348";
const char* password = "abcdEFGH";
unsigned long channelID = 2971550;
const char* writeAPIKey = "7PY2YDRUENPL9NNV";

```

```

// Inisialisasi WiFiClient dan NRF24
WiFiClient client;
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);
const byte address[6] = "00001";

// Struktur data sesuai dengan transmitter
#pragma pack(1)
struct SensorData {
float temperature;
int vibrationDigital;
int vibrationAnalog;
int vibrationLevel;
float motorSpeed;
float voltage;
float current;
float frequency;
};
#pragma pack()

// Interval pengiriman data ke ThingSpeak
unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 20000; // 20 detik
void kirimKeSpreadsheet(const SensorData& d) {
if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
Serial.println("WiFi OFF – skip kirim sheet");
return;
}

String url = SHEET_URL +
"?suhu=" + String(d.temperature, 2) +
"&getaran=" + String(d.vibrationLevel) +
"&rpm=" + String(d.motorSpeed, 2) +
"&tegangan=" + String(d.voltage, 2) +
"&arus=" + String(d.current, 2) +
"&frekuensi=" + String(d.frequency, 2);
Serial.println("➡ URL: " + url);

// — inisialisasi client HTTPS —————
WiFiClientSecure client;
client.setInsecure(); // abaikan sertifikat Google
HTTPClient https;
https.begin(client, url); // pakai client HTTPS
int code = https.GET();
Serial.printf("⬅ HTTP code: %d\n", code);
if (code > 0) {
Serial.println("Resp: " + https.getString()); // biasanya “OK”
}
}

```

```

} else {
Serial.println("Gagal request (error koneksi)");
}
https.end();
}

void setup() {
Serial.begin(115200);
pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
// Koneksi WiFi
Serial.print("Menghubungkan ke WiFi");
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
delay(500);
Serial.print(".");
}
Serial.println("\nTerhubung ke WiFi");

// Inisialisasi ThingSpeak
ThingSpeak.begin(client);

// Inisialisasi NRF24L01
radio.begin();
radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH);
radio.setDataRate(RF24_1MBPS);
radio.openReadingPipe(1, address);
radio.startListening();
}

void loop() {
// Reconnect WiFi jika terputus
if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
Serial.println("WiFi terputus. Mencoba reconnect...");
WiFi.begin(ssid, password);
delay(5000);
}
if (radio.available()) {
SensorData data;
radio.read(&data, sizeof(data));

// Tampilkan data
Serial.println("==== Data Diterima dari Transmitter =====");
Serial.printf("Suhu (°C): %.2f\n", data.temperature);
Serial.print("Getaran Digital: ");
Serial.println(data.vibrationDigital == 1 ? "Terdeteksi" : "Tidak Terdeteksi");
}
}

```

```

Serial.printf("Nilai Analog Getaran: %d\n", data.vibrationAnalog);
Serial.printf("Level Getaran: %d %%\n", data.vibrationLevel);
Serial.printf("RPM Motor: %.2f\n", data.motorSpeed);
Serial.printf("Tegangan: %.2f V\n", data.voltage);
Serial.printf("Arus: %.2f A\n", data.current);
Serial.printf("Frekuensi: %.2f Hz\n", data.frequency);
Serial.println("=====");

// Aktifkan buzzer singkat sebagai notifikasi
digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

// Kirim data ke ThingSpeak setiap 20 detik
unsigned long currentMillis = millis();
if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
    previousMillis = currentMillis;
    ThingSpeak.setField(1, data.temperature);
    ThingSpeak.setField(2, data.vibrationLevel);
    ThingSpeak.setField(3, data.motorSpeed);
    ThingSpeak.setField(4, data.voltage);
    ThingSpeak.setField(5, data.current);
    ThingSpeak.setField(6, data.frequency);
    int x = ThingSpeak.writeFields(channelID, writeAPIKey);
    if (x == 200) {
        Serial.println("Data berhasil dikirim ke ThingSpeak");
    } else {
        Serial.print("Gagal kirim data. Kode: ");
        Serial.println(x);
    }
}

// Tambahan: Kirim juga ke Google Spreadsheet
kirimKeSpreadsheet(data);
}
delay(100); // Hindari pembacaan terlalu cepat
}

```

3. Program Pengontrolan Motor 1 Fasa menggunakan Blynk

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6J9gIxHPQ"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Kontrol VFD"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "j2OUGlA16EBh-I0qjbixjuKNkt7Kvq3K"
#include <WiFi.h>
#include <ModbusMaster.h>
#include <HardwareSerial.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

// ===== Konfigurasi WiFi =====
char ssid[] = "Redmi Note 13";
char pass[] = "11111111";

// ===== Konfigurasi RS485 dan VFD =====
#define MAX485_DE_RE 4 // Pin kontrol arah RS485
#define RXD2 16 // Pin RX untuk komunikasi serial VFD
#define TXD2 17 // Pin TX untuk komunikasi serial VFD

HardwareSerial VFDSerial(1); // Gunakan Serial1 (UART1) di ESP32
ModbusMaster node; // Objek komunikasi Modbus RTU

// Fungsi untuk mengatur arah transmisi RS485
void preTransmission() { digitalWrite(MAX485_DE_RE, HIGH); }
void postTransmission() { digitalWrite(MAX485_DE_RE, LOW); }

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(1000);
  // Inisialisasi pin DE/RE untuk RS485
  pinMode(MAX485_DE_RE, OUTPUT);
  digitalWrite(MAX485_DE_RE, LOW);

  // Inisialisasi komunikasi serial dengan VFD
  VFDSerial.begin(9600, SERIAL_8E1, RXD2, TXD2); // Gunakan Even parity
  node.begin(1, VFDSerial); // ID slave VFD = 1
  node.preTransmission(preTransmission);
  node.postTransmission(postTransmission);

  // Koneksi ke WiFi
  Serial.print("Menghubungkan ke WiFi...");
  WiFi.begin(ssid, pass);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
}
```

```

Serial.println("\nWiFi Terhubung.");
// Koneksi ke Blynk
Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);
Serial.println("Koneksi Blynk Sukses. Setup selesai.");
}

// =====
// Blynk Virtual Pin Handlers
// =====

// Mengatur frekuensi (V0 - Slider atau input frekuensi dalam Hz)
BLYNK_WRITE(V0) {
int freq = param.asInt();          // Ambil nilai frekuensi dari aplikasi
uint16_t scaled = freq * 100;      // Skala sesuai 0.01 Hz = 1

uint8_t result = node.writeSingleRegister(0x0000, freq * 100); // 40001;

if (result == node.ku8MBSuccess) {
Serial.printf("[OK] Set frekuensi: %d Hz (0x%04X)\n", freq, scaled);
} else {
Serial.printf("[ERR] Gagal set frekuensi ke %d Hz\n", freq);
}
}

// Tombol START motor (V1)
BLYNK_WRITE(V1) {
if (param.asInt()) {
uint8_t result = node.writeSingleRegister(0x0001, 0x0010); // 0x0010 = RUN
forward
Serial.println(result == node.ku8MBSuccess ? "[OK] Motor START" : "[ERR]
Gagal START");
}
}

// Tombol STOP motor (V2)
BLYNK_WRITE(V2) {
if (param.asInt()) {
uint8_t result = node.writeSingleRegister(0x0001, 0x0000); // 0x0001 = STOP
Serial.println(result == node.ku8MBSuccess ? "[OK] Motor STOP" : "[ERR]
Gagal STOP");
}
}

void loop() {
Blynk.run();
}

```