



Desain Alat Monitoring Jarak Jauh Mesin Genset 300 kVA Berbasis IoT

Al Qurniafan Hadi Jaya^{1*}, Zakiyah Amalia²

¹⁻²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

*Korespondensi penulis: alqurniafan26@gmail.com

Abstract. A 300 kVA generator set is an important tool as a backup power source in many sectors. Manual monitoring of generator set performance is often inefficient and can cause delays in detecting problems. Various advances in Internet of Things (IoT) technology have enabled the design of remote monitoring systems to overcome these limitations. This study aims to develop an IoT-based monitoring tool capable of monitoring important generator set parameters such as voltage, current, power, and engine temperature in real-time. This will enhance generator set management efficiency and reduce the risk of damage. The method used is an experimental approach involving the creation of an IoT-based monitoring system prototype. Operational data from the generator set is collected using sensors and then transmitted to an IoT platform for analysis. This research uses PZEM-004T sensors to monitor parameters such as power, current, and voltage. RTD PT100 sensors monitor parameters such as engine temperature, oil temperature, and turbo temperature. Honeywell PX3 sensors monitor oil pressure. Honeywell 1GT101DC sensors monitor engine speed. The results of the study show that the device works well with an average error of 0.76% from the sensors used. The greater the distance between the Wi-Fi modem and the device, the slower the data response speed.

Keywords: Efficiency, IoT, Monitoring, Real-Time.

Abstrak. Generator set 300 kVA merupakan alat penting sebagai sumber daya listrik cadangan di banyak sektor. Pemantauan kinerja generator set secara manual sering kali tidak efisien dan dapat menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi masalah. Berbagai kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT), sistem pemantauan jarak jauh dapat dirancang untuk mengatasi keterbatasan ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pemantauan berbasis IoT yang mampu memantau parameter generator set yang penting seperti: tegangan, arus, daya, dan suhu mesin secara *real-time*. Ini akan meningkatkan efisiensi manajemen generator set dan mengurangi risiko kerusakan. Metode yang digunakan adalah pendekatan eksperimental dengan membuat prototipe sistem pemantauan berbasis IoT. Data operasional dari genset dikumpulkan menggunakan sensor dan kemudian dikirim ke platform IoT untuk dianalisa. Penelitian ini menggunakan sensor PZEM-004T parameter yang dimonitoring yaitu daya, arus, dan tegangan. Sensor RTD PT100 parameter yang dimonitoring yaitu *engine temperature*, *oil temperature*, dan *turbo temperature*. Sensor *Honeywell* PX3 parameter yang dimonitoring yaitu *oil pressure*. Sensor *Honeywell* 1GT101DC parameter yang dimonitoring yaitu *engine speed*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat dapat bekerja dengan baik dengan rata-rata *error* dari sensor yang digunakan yaitu 0,76%. Semakin besar jarak modem *wifi* terhadap alat menunjukkan kecepatan respon data yang semakin lambat.

Kata kunci: Efisiensi, IoT, Monitoring, Real-Time.

1. PENDAHULUAN

Era Revolusi Industri 4.0, implementasi teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai bidang, termasuk dalam monitoring mesin genset. Mesin genset merupakan salah satu komponen penting dalam industri yang membutuhkan pemantauan dan perawatan yang baik untuk menjaga kinerjanya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (A. Asriadi & T. S. Solli, 2020; A. G. Mohapatra et al., 2023; B. Septian et al., 2020) teknologi IoT telah digunakan dalam pengembangan sistem monitoring daya pada generator sinkron dan sistem monitoring daya pada mesin genset berbasis IoT.

Penelitian mengenai rancang bangun sistem monitoring daya pada generator sinkron menggunakan data logger berbasis Arduino menunjukkan bahwa implementasi IoT dalam monitoring mesin genset dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengukuran daya (A. Asriadi & T. S. Sollu, 2020). Hal ini sejalan dengan temuan (B. Septian et al., 2020) yang mengembangkan sistem monitoring daya pada mesin genset berbasis IoT. Mereka menemukan bahwa IoT dapat digunakan untuk memantau konsumsi daya mesin genset secara *real-time*, sehingga memungkinkan untuk melakukan perbaikan atau perawatan secara tepat waktu.

Penelitian lain yang dilakukan oleh (A. G. Mohapatra et al., 2023) mengenai implementasi Industri 4.0 dalam sistem monitoring kondisi dan perawatan prediktif berbasis IoT untuk mesin genset menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat digunakan untuk memprediksi kerusakan mesin genset sebelum terjadi. Dengan demikian, perawatan dapat dilakukan secara *preventif* sehingga mengurangi risiko kerusakan yang dapat mengganggu produktivitas industri.

Meskipun berbagai penelitian telah mengungkapkan potensi besar teknologi IoT dalam pemantauan dan perawatan mesin genset, masih terdapat beberapa kekurangan yang belum terjawab sepenuhnya. Salah satu kekurangan utama adalah tidak adanya sistem pemantauan berbasis IoT yang dirancang khusus untuk mesin genset dengan kapasitas tertentu, seperti genset 300 kVA, yang umum digunakan di industri menengah dan besar. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih fokus pada pengembangan sistem pemantauan daya secara umum, tanpa memperhatikan kebutuhan spesifik yang berkaitan dengan kapasitas genset atau karakteristik operasionalnya. Selain itu, kurangnya diskusi mengenai integrasi sistem pemantauan jarak jauh berbasis IoT dengan kemampuan prediktif untuk mendukung pengambilan keputusan perawatan berbasis data juga menjadi tantangan yang perlu diatasi.

Penelitian ini memperkenalkan inovasi berupa pengembangan sistem pemantauan jarak jauh berbasis IoT yang di monitoring meliputi *engine temperature*, *oil pressure*, *oil temperature*, *engine speed*, *turbo temperature*, arus, tegangan, dan daya pada mesin genset 300 kVA. Sistem ini tidak hanya dapat memantau kinerja mesin genset secara *real-time*, tetapi juga dilengkapi dengan fitur prediktif yang dapat mendeteksi potensi kerusakan sebelum terjadi dengan cara penyimpanan data *history* pada genset. Dengan demikian, sistem ini berkontribusi pada pengambilan keputusan perawatan yang lebih efektif dan efisien. Selain itu, pendekatan yang diterapkan dalam penelitian ini diharapkan dapat mengatasi keterbatasan dari penelitian sebelumnya dengan menawarkan solusi yang lebih spesifik untuk kebutuhan

pemantauan genset berkapasitas besar, serta meningkatkan keandalan dan produktivitas operasional.

Berdasarkan konteks penelitian yang telah disebutkan di atas, Penelitian sebelumnya mengenai penerapan IoT dalam monitoring genset memiliki beberapa keterbatasan seperti kurang fokus pada kapasitas spesifik genset, terbatasnya parameter monitoring yang hanya mencakup daya listrik tanpa mempertimbangkan temperatur mesin, tekanan oli dan putaran mesin. dan integrasi minimal dengan sistem prediksi berdasarkan data *historis* untuk mendeteksi potensi kerusakan lebih dini. Selain itu, pemantauan jarak jauh juga belum optimal dengan sistem berbasis *web*. Aplikasi *cloud* atau *mobile*, serta kurangnya diskusi mengenai keamanan data dan keandalan sistem dalam menghadapi pemadaman jaringan atau serangan *cyber*. Dapat disimpulkan bahwa implementasi teknologi IoT dalam monitoring mesin genset memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keandalan dalam pengukuran daya serta memungkinkan untuk melakukan perawatan secara *prediktif*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring jarak jauh pada mesin genset 300 kVA berbasis IoT. Dengan adanya sistem monitoring jarak jauh ini, diharapkan dapat memudahkan pengguna dalam memantau kinerja mesin genset secara *real-time* dan melakukan tindakan perbaikan atau perawatan yang diperlukan dengan cepat dan tepat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Genset 300 kVA

Generator set merek perkins berkapasitas 300 kVA merupakan perangkat pembangkit listrik yang dapat menghasilkan daya sebesar 300 kVA. Genset ini sering dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik pada sektor industri skala menengah hingga besar, terutama sebagai sumber daya cadangan ketika terjadi pemadaman listrik. Dengan kapasitas 300 kVA, genset ini mampu mendukung pengoperasian berbagai peralatan listrik berdaya besar, sehingga memastikan kelancaran operasional bagi kegiatan industri.

Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler *board* yang dipilih untuk modul ini didasarkan pada ESP32. ESP32 adalah mikrokontroler *System on Chip* (SoC) yang terintegrasi dengan *WiFi* 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai periferal (A. Wagiyana, 2019). *Chip* ini menggunakan mikroprosesor inti ganda *Xtensa LX6* 32-bit. Ruang alamat untuk data dan instruksi adalah 4 GB dan ruang alamat periferal adalah 512 KB. Memori terdiri dari 448 KB ROM, 520 KB SRAM, dua memori RTC 8 KB, dan memori flash 4 MB. Chip ini memiliki 18 pin ADC (12-

bit), empat SPI dan dua I2C. Kelebihan utama mikrokontroler ini ialah relatif murah, mudah diprogram, memiliki jumlah pin I/O yang memadai, dan memiliki adaptor *WiFi* internal untuk mengakses jaringan internet. Beberapa board yang menggunakan ESP32 termasuk *NodeMCU-32S*, *Wemos LoLin32*, *DOIT ESP32*, *Sparkfun ESP32*, dan *AdafruitESP32* (M. Babiuch et al., 2019).

Teknologi *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang mengacu pada jaringan perangkat fisik yang terhubung dan saling berkomunikasi melalui internet tanpa memerlukan interaksi langsung antara manusia dengan manusia atau manusia dengan komputer (A. Kurniawan, 2018). Setiap perangkat dalam jaringan ini dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya yang memungkinkan pengumpulan dan pertukaran data secara otomatis. Ide dasar dari IoT adalah menghubungkan beberapa perangkat dan memungkinkan mereka bertukar data dalam satu jaringan (N. Zaini, 2024).

Blynk

Blynk adalah aplikasi yang dibuat sebagai layanan sistem *Internet of Things* (IoT) yang dapat digunakan dalam pemberitahuan, kontrol dan pemantauan aspberr, 4aspberry pi, ESP8266 dan perangkat serupa Sebanyak 4.444 lainnya menggunakan telepon pintar. *Blynk* dapat diinstal di telepon pintar secara gratis. Aplikasi ini memiliki banyak fitur. Aplikasi *Blynk* memungkinkan pengguna untuk pembuatan proyek seperti kontrol, pemberitahuan, pemantauan, tampilan grafis, dan lainnya (J. Kajian & T. Elektro, 2021).

Arduino IDE

Arduino IDE adalah *software* yang digunakan untuk membuat sketch pemrograman. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-upload ke board yang ditentukan, dan meng-coding program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan *library C/C++(wiring)*, yang membuat operasi *input/output* lebih mudah (U. Mahanin Tyas & A. Apri Buckhari, 2023).

Sensor PZEM 004T

PZEM-004T adalah sensor yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan rms, arus rms dan daya aktif yang dapat dihubungkan melalui arduino ataupun platform *open source* lainnya. Modul ini terutama digunakan untuk mengukur tegangan AC, arus, daya aktif,

frekuensi, faktor daya dan energi aktif, modul tanpa fungsi tampilan, data dibaca melalui *interface* TTL. *Interface* TTL dari modul ini adalah *interface* pasif, membutuhkan catu daya eksternal 5V, yang berarti ketika berkomunikasi, keempat *port* harus terhubung (5V, RX, TX, GND) jika tidak ia tidak dapat berkomunikasi (M. F. Pela & R. Pramudita, 2021).

Sensor RTD PT 100

Sensor RTD PT 100 merupakan sensor untuk memonitor suhu suatu kondisi mesin atau peralatan yang suhunya dapat berubah-ubah. Pembacaan suhu oleh sensor RTD PT 100 langsung dianalisis untuk keperluan tertentu. Sensor RTD PT100 yang memiliki diameter 5,2mm dan panjang 35mm, serta jangkauan suhu operasi antara -200°C hingga 850°C (M. Sefriza et al., 2022).

Sensor Honeywell px3

Sensor seri *honeywell* PX3 adalah *transduser* tekanan industri yang menggunakan teknologi *piezoresistif* dan sirkuit terpadu untuk pengkondisian sinyal. Dirancang untuk aplikasi industri dan transportasi, sensor ini mengukur tekanan dalam rentang 1 bar hingga 46 bar dan dilengkapi dengan kompensasi suhu antara -40°C dan $+125^{\circ}\text{C}$.

Sensor Honeywell 1GT101DC

Sensor *honeywell* 1GT101DC adalah sensor efek *hall* yang dirancang untuk mendeteksi gigi roda, gigi dalam sistem pengapian mesin atau untuk mengukur kecepatan roda kendaraan. Sensor ini beroperasi dari 5 hingga 12 volt dan ideal untuk aplikasi seperti sistem pengapian poros engkol atau pemantauan kecepatan gigi pada transmisi kendaraan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan bagian dari jenis penelitian pengembangan atau penelitian eksperimen, yang bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat monitoring generator 300 kVA. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang sistem pemantauan generator yang efisien, sekaligus memvalidasi alat yang dikembangkan dengan membandingkan keandalannya dengan alat yang sudah ada. Tempat penelitian yaitu Di PT. Varindo Power Solution Perumahan Citra Sentosa Mandiri blok F-8, Sidomulyo Jambangan, Candi Sidoarjo 65111 dan waktu penelitiannya yaitu pada bulan Februari - April 2025.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil Desain Alat Monitoring Mesin Genset 300 kVA



Gambar 1. Hasil alat monitoring yang sudah dirakit

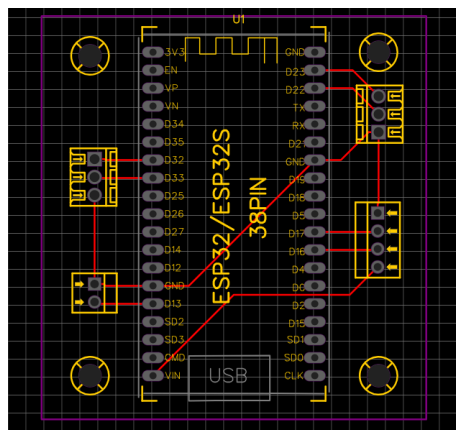
Gambar 1 menunjukkan rangkaian dari komponen alat monitoring genset 300 kVA secara keseluruhan yang sudah dirakit menjadi satu kesatuan. Gambar 1 menunjukkan sistem pemantauan jarak jauh berbasis IoT untuk generator set 300 kVA menggunakan aplikasi *blynk* dan esp 32. Sistem ini memantau parameter penting seperti suhu mesin, tekanan dan suhu oli, kecepatan mesin, suhu turbo, daya, arus, dan tegangan, dengan data sensor yang dikumpulkan oleh mikrokontroler esp 32 dan dikirim melalui modul *wifi* ke aplikasi *blynk* untuk pemantauan waktu nyata. Data disimpan dalam basis data untuk analisis selanjutnya. Dengan koneksi internet, operator dapat memantau kinerja generator set kapan saja, mendeteksi masalah sejak dini, dan memfasilitasi perencanaan pemeliharaan. Penggunaan IoT meningkatkan akurasi, efisiensi, dan optimalisasi pengoperasian generator.



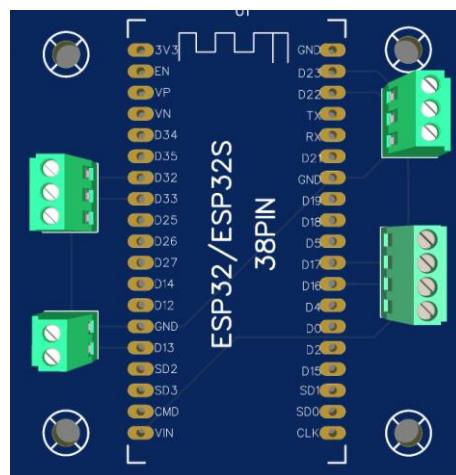
Gambar 5. Gambar 3D box

Gambar 5 menunjukkan *box* yang sudah jadi dari desain awal perancangan *box* yang akan digunakan. Gambar 3 sampai 5 menunjukkan desain *box* yang akan digunakan untuk tempat keseluruhan komponen monitoring genset 300 kVA.

Hasil Desain Pcb



Gambar 6. Scematic pcb



Gambar 7. Bentuk 3D dari pcb

Dalam skema yang ditampilkan pada gambar 6, sensor RTD PT100 3 pin pada pin 22, 23 dan pin GND berfungsi untuk mengukur suhu dan menghasilkan sinyal analog. Pada ESP32, beberapa pin ADC (*Analog to Digital Converter*) tersedia untuk membaca sinyal analog dari sensor ini, contohnya GPIO22 atau GPIO23. Sensor RTD PT100 biasanya beroperasi pada daya 3.3V atau 5V. Sensor *Honeywell* PX3 2 pin merupakan sensor tekanan yang menghasilkan sinyal analog. Keluaran dari sensor ini dapat diarahkan ke pin ADC ESP32, seperti GPIO13 dan pin GND. Untuk daya, sensor ini umumnya memerlukan 5V. Sementara itu, Sensor *Honeywell* 1GT101DC 3 pin memanfaatkan prinsip efek *hall* untuk mengetahui kecepatan atau posisi dan menghasilkan sinyal digital yang berupa *high* atau *low*. Sensor ini dapat dihubungkan ke salah satu pin digital di ESP32, seperti GPIO32 dan GPIO33. Sensor PZEM 004T 4 pin berfungsi untuk mengukur daya, arus, dan tegangan dengan memakai protokol komunikasi serial UART. Data dari sensor ini diteruskan melalui pin RX dan TX di ESP32, contohnya GPIO16 untuk RX dan GPIO17 untuk TX, menggunakan protokol modbus RTU.

Perancangan Monitoring Genset 300 kVA pada Aplikasi *Blynk*

Untuk memonitoring genset 300 kVA dengan menggunakan aplikasi *Blynk* dan Arduino, ada beberapa langkah yang perlu dilakukan, baik untuk pengaturan perangkat keras (*hardware*) maupun pengkodean (*coding*). Berikut adalah perancangan monitoring genset 300 kVA pada aplikasi *blynk*:

1) Mempersiapkan apa saja yang diperlukan

Sebelum masuk ke pengkodean, memastikan sudah menyiapkan perangkat yang dibutuhkan untuk menghubungkan genset dengan arduino dan aplikasi *blynk*.

a. Perangkat yang diperlukan:

- a) Arduino Uno untuk mengendalikan sensor dan komunikasi dengan ESP32.
- b) ESP32 digunakan sebagai *Wifi* module untuk menghubungkan Arduino Uno ke aplikasi *Blynk*.
- c) Sensor PZEM-004T parameter yang dimonitoring yaitu daya, arus, dan tegangan. Sensor RTD PT100 parameter yang dimonitoring yaitu *engine temperature*, *oil temperature*, dan *turbo temperature*. Sensor *Honeywell* PX3 parameter yang dimonitoring yaitu *oil pressure*. Sensor *Honeywell* 1GT101DC parameter yang dimonitoring yaitu *engine speed*.
- d) Modul *Blynk* untuk mengontrol dan memonitor genset melalui aplikasi.

- 2) Mempersiapkan aplikasi *blynk*
 - a. Membuat Proyek di *Blynk*:
 - a) *Install* aplikasi *blynk* di *smartphone* (tersedia di *Play Store* atau *App Store*).
 - b) Daftar atau masuk ke aplikasi *blynk*.
 - c) Buat proyek baru dan pilih board ESP32. Pilih koneksi *wifi* untuk menghubungkan ESP32 ke jaringan.
 - d) Setelah proyek dibuat, akan diberikan *Auth Token* yang digunakan untuk menghubungkan ESP32 dengan aplikasi *blynk*.
 - b. Desain Antarmuka (*UI*) di aplikasi *blynk*:
 - a) *Widget value display* untuk menampilkan nilai-nilai sensor seperti suhu, tegangan, arus, daya, dll.
 - b) *Widget gauge* untuk visualisasi data analog seperti suhu, arus, dll.
 - c) *Widget graph* untuk memvisualisasikan pola data dalam waktu tertentu (misalnya, *Load Interval* atau energi yang digunakan).
 - d) *Widget button* untuk mengontrol tombol seperti *Engine Start* atau *Reset Alarm*.
 - c. Penempatan Widget:
 - a) Tombol untuk mengontrol mode genset, start engine, dan reset alarm.
 - b) *Value display* menampilkan data seperti suhu mesin, tekanan oli, tegangan, arus, daya, dll.
 - c) *Graph* untuk menampilkan perubahan data seperti beban atau energi yang digunakan.
 - d) *Gauge* untuk menampilkan pembacaan suhu mesin dan suhu panel.
- 3) Pengkodean Arduino (ESP32)

Arduino Uno akan menghubungkan sensor dan ESP32 untuk mengirimkan data ke aplikasi *Blynk*. ESP32 digunakan untuk komunikasi *wifi*, sedangkan Arduino Uno mengontrol sensor dan mengirimkan data ke ESP32.
- 4) Menyesuaikan tampilan di aplikasi *blynk*
 - A. Tampilan awal dengan kontrol umum
 - a. Fitur Utama:
 - a) PLN, GENSET, GAGAL *START*, ATSMF/GEN *ALARM* ini sebagai indikator status untuk sumber daya (PLN), genset, kegagalan *start*, dan *alarm* terkait dengan genset.

- b) *AUTO MODE*, *TRIGGER* tombol untuk mengatur mode operasi genset dan untuk memicu *alarm* atau *reset*.
 - c) *ENGINE START*, *RESET ALARM* tombol untuk menghidupkan mesin dan mereset *alarm*.
 - d) *ENGINE BATTERY*, *PANEL TEMP* menampilkan data tentang tegangan baterai mesin dan suhu panel.
 - e) Pembacaan sensor meliputi pembacaan suhu mesin, tekanan oli, suhu oli, suhu turbo, dan kecepatan mesin (RPM).
- b. Langkah Implementasi:
- a) Menggunakan *widget led* atau *value display* untuk indikator PLN, GENSET, GAGAL *START*, dan *ALARM* yang terhubung dengan pin atau kondisi logika pada Arduino.
 - b) Menggunakan *widget button* untuk tombol *AUTO MODE*, *TRIGGER*, *ENGINE START*, dan *RESET ALARM*.
 - c) Menggunakan *widget value display* untuk *ENGINE BATTERY* dan *PANEL TEMP* untuk menampilkan tegangan baterai dan suhu panel.
 - d) Menggunakan *widget value display* untuk menampilkan pembacaan suhu mesin, tekanan oli, suhu oli, suhu turbo, dan kecepatan mesin.
- c. Kode Arduino untuk Tampilan ini:
- a) Menggunakan modul *wifi* ESP32 untuk menghubungkan arduino ke aplikasi *blynk*.
 - b) Mengatur logika untuk memonitor status genset dan membaca sensor.
 - c) Mengirim data ke aplikasi *Blynk* menggunakan *Blynk.virtualWrite(Vx, value)* untuk memperbarui status yang ditampilkan pada aplikasi.
 - d) Menggunakan sensor suhu untuk membaca suhu mesin, suhu oli, dan suhu turbo serta sensor tekanan oli untuk membaca tekanan oli.
 - e) Menggunakan sensor RPM untuk membaca kecepatan mesin (RPM).
 - f) Mengirim nilai-nilai sensor ke aplikasi *blynk* menggunakan *Blynk.virtualWrite(Vx, value)*.

B. Grafik interval beban

- a. Fitur Utama:
 - a) *Load interval* menampilkan pola beban genset dalam interval waktu.
 - b) *Reading KVA balance* menampilkan representasi visual dari nilai KVA beban.

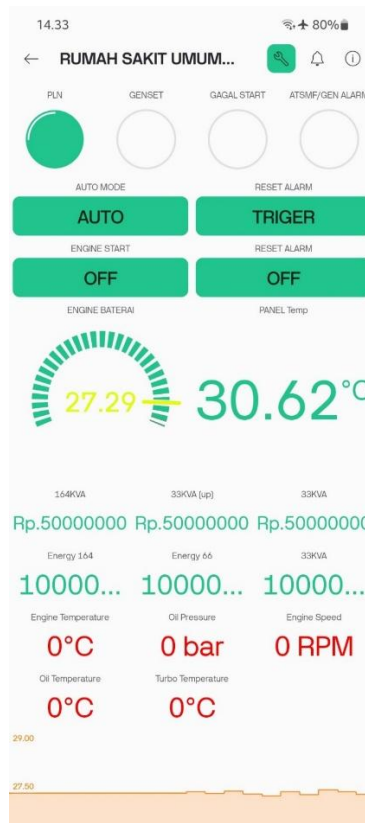
- b. Langkah Implementasi:
 - a) Menggunakan *widget graph* di *blynk* untuk memvisualisasikan pola beban seperti *load interval*.
 - b) Menggunakan *widget gauge* untuk menampilkan pembacaan KVA seperti 164 KVA, 33 KVA, dan saldo beban lainnya.
- c. Kode arduino untuk tampilan ini:
 - a) Menggunakan sensor PZEM-004T untuk mengukur nilai daya (tegangan, arus, daya, energi) dan mengirim nilai-nilai ini ke aplikasi *Blynk*.
 - b) Mengupdate nilai-nilai grafik dan *gauge* secara berkala menggunakan *Blynk.virtualWrite(Vx, value)*.

C. Pembacaan sensor detail

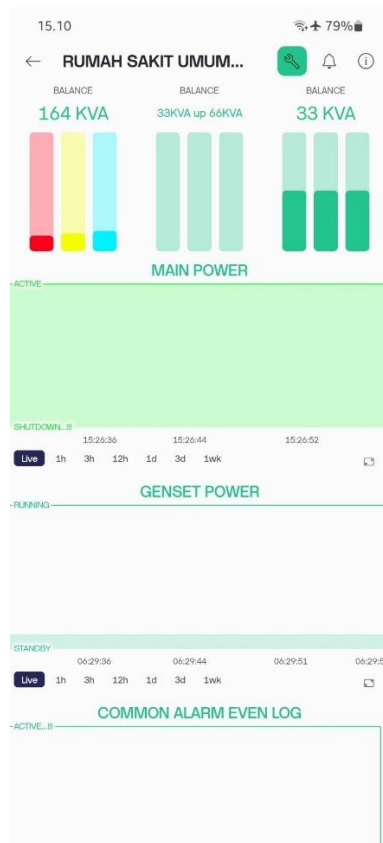
- a. Fitur Utama:
 - a) Pembacaan arus untuk setiap fase (IT 164, IS 164, dll.).
 - b) Pembacaan tegangan (RS1, S1, dll.).
 - c) Daya total, kVA, dan frekuensi ditampilkan untuk memonitor kinerja keseluruhan genset.
- b. Langkah Implementasi:
 - a) Menggunakan *widget value display* untuk menampilkan pembacaan arus, tegangan, daya, dan kVA.
 - b) Menggunakan *widget gauge* untuk menampilkan pembacaan arus atau tegangan untuk setiap fase.
- c. Kode Arduino untuk Tampilan ini:
 - a) Menggunakan sensor PZEM-004T untuk mengukur arus, tegangan, daya, dan frekuensi.
 - b) Mengirim data ke aplikasi *blynk* secara berkala untuk memperbarui tampilan dengan menggunakan *Blynk.virtualWrite(Vx, value)*.

Untuk mencapai tampilan seperti yang diinginkan di aplikasi *blynk*, perlu menggunakan kombinasi berbagai *widget* seperti *Value Display*, *LED*, *Graph*, *Gauge*, dan *Button*. Arduino dengan *wifi* module ESP32 digunakan untuk menghubungkan perangkat keras (sensor dan modul) ke aplikasi *blynk*, serta mengirimkan data secara berkala untuk memperbarui tampilan di aplikasi. Setiap bagian di aplikasi *Blynk* harus dikendalikan oleh kode yang menghubungkan sensor - sensor fisik dengan tampilan antarmuka pengguna.

Hasil Monitoring Genset 300 kVA pada Aplikasi *Blynk*



Gambar 8. Hasil monitoring pada aplikasi *blynk*



Gambar 9. Hasil monitoring pada aplikasi *blynk* dalam bentuk grafik



Gambar 10. Hasil monitoring pada aplikasi *blynk* dalam bentuk satuan angka

Gambar 8 sampai 10 menunjukkan antarmuka aplikasi *blynk* untuk memonitoring genset 300 kVA secara *real-time*. Gambar 8 terdapat indikator yang menunjukkan status sumber daya listrik, apakah berasal dari PLN yang ditunjukkan dengan lingkaran hijau, atau genset yang aktif. Jika indikator ini menyala, berarti genset sedang berfungsi untuk menyediakan daya. Gambar 8 menunjukkan beberapa kontrol penting, seperti mode otomatis (*auto mode*) yang memungkinkan genset beroperasi secara otomatis, serta tombol untuk mengatur alarm dan memulai atau menghentikan mesin genset (*engine start*). Terdapat juga informasi tentang status baterai mesin dan suhu panel, yang penting untuk memastikan kestabilan operasi genset. Beberapa parameter yang dipantau, seperti temperatur mesin, tekanan oli, kecepatan mesin (RPM), temperatur oli, dan temperatur turbo, semua menunjukkan nilai 0. Ini menandakan bahwa sistem saat ini tidak aktif atau dalam keadaan mati, sehingga data dari sensor tidak bisa terbaca.

Gambar 9 menunjukkan grafik yang memperlihatkan distribusi daya yang digunakan oleh genset dalam periode waktu tertentu. Grafik tersebut menunjukkan status beban yang dibagi dalam tiga unit kapasitas genset yaitu 164 KVA, 33 KVA *up* (untuk kapasitas

tambahan), dan 33 KVA lainnya. Indikator beban ini menampilkan kapasitas masing-masing unit genset, yang menunjukkan beban seimbang di seluruh kapasitas genset, yang sangat penting untuk memastikan genset beroperasi dengan efisien. Status *standby* pada bagian bawah menunjukkan bahwa genset tidak beroperasi penuh dan dalam status siaga. Ada juga penunjuk terkait alarm (*common alarm even log*), yang menunjukkan bahwa saat itu tidak ada masalah atau alarm yang tercatat, memastikan bahwa genset berfungsi dengan baik tanpa gangguan.

Gambar 10 menunjukkan hasil monitoring bahwa genset dalam kondisi mati (tidak aktif), terlihat dari arus yang terdeteksi pada masing-masing saluran (IR 66, IS 66, IT 66) yang tercatat 0 A, menandakan tidak ada aliran listrik yang dihasilkan oleh genset. Tegangan yang tercatat juga menunjukkan angka yang stabil meskipun tidak ada daya yang disuplai oleh genset, seperti pada saluran R1 dengan tegangan 239.4V dan RS1 420.1V. Sistem kelistrikan saat ini sepenuhnya bergantung pada PLN, dengan frekuensi dan faktor daya yang tetap stabil. Gambar 10 memberikan gambaran bahwa meskipun genset tidak beroperasi, monitoring tetap berjalan untuk memastikan kestabilan daya yang disuplai oleh PLN.

Hasil Respon Kecepatan Data Terhadap Jarak Wifi

Adapun hasil data yang telah didapatkan dalam penelitian ini, untuk mendapatkan hasil data dari pengaruh jarak *wifi* terhadap respon kecepatan data pada penelitian ini menggunakan modem *wifi* yang divariasikan jaraknya dari 2 meter, 7 meter, dan 10 meter dari jarak alat monitoringnya. Dan dilakukan perhitungan waktunya menggunakan stopwatch. Berikut adalah tabel data hasil penelitian yang telah dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap jaraknya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil penelitian pengaruh jarak *wifi* terhadap respon kecepatan data

NO	JARAK WIFI (m)	PENGUJIAN	RESPON KECEPATAN DATA (s)			Rata - Rata
1	2 meter	1	0,75 s	0,78 s	0,78 s	0,77 s
		2	0,76 s	0,77 s	0,79 s	0,77 s
		3	0,76 s	0,78 s	0,80 s	0,78 s
2	7 meter	1	0,91 s	0,93 s	0,93 s	0,92 s
		2	0,91 s	0,94 s	0,94 s	0,93 s
		3	0,92 s	0,93 s	0,93 s	0,93 s
3	10 meter	1	1 s	1 s	1,01 s	1 s
		2	1,01 s	1,02 s	1,02 s	1,01 s
		3	1,02 s	1,03 s	1,01 s	1,02 s

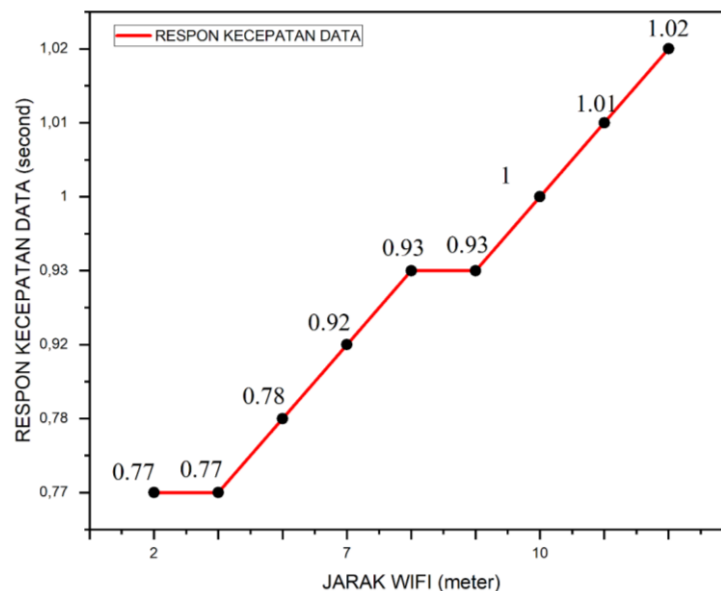
Pembahasan

Pembahasan Data Respon Kecepatan Data Terhadap Jarak Wifi

Setelah mendapatkan hasil data respon kecepatan data pada jarak *wifi* yang telah ditentukan pada jarak 2 m, 7 m, 10 m, maka dilakukan pengolahan data hasil akhir pada respon kecepatan data terhadap jarak *wifi* yang telah ditentukan.

Berikut adalah bentuk tabel dan grafik hasil data respon kecepatan data yang telah didapatkan terhadap jarak *wifi* yang telah ditentukan:

- 1) Data hasil respon kecepatan data pada jarak *wifi* yang telah ditentukan dapat dilihat pada tabel 1.
- 2) Grafik hasil keseluruhan respon kecepatan data pada jarak *wifi* yang telah ditentukan dapat dilihat pada gambar 11.



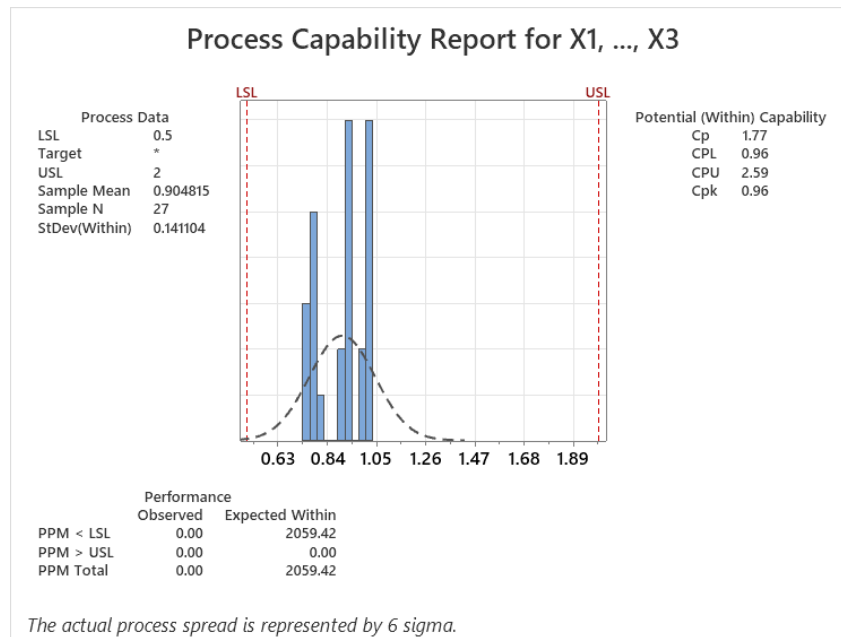
Gambar 11. Grafik hasil keseluruhan respon kecepatan data pada jarak *wifi* yang telah ditentukan

Berdasarkan uraian grafik keseleruhan diatas pada gambar 4.14 dapat disimpulkan bahwa semakin besar jarak modem *wifi* terhadap alat menunjukkan kecepatan respon data yang semakin lambat.

Analisis Data CP Respon Kecepatan Data Terhadap Jarak Wifi

Analisa data menggunakan Cp (*Process Capability*) dilakukan agar mengetahui apakah alat yang di buat sudah memenuhi spesifikasi atau tidak. Proses menganalisa data pada penelitian ini menggunakan aplikasi *mini tab* untuk mengetahui normalitas dari data yang

diteliti. Berikut adalah data dari uji normalitas dari jarak *wifi* berpengaruh terhadap respon kecepatan data yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Data uji normalitas jarak *wifi* terhadap respon kecepatan data

Keterangan:

- 1) LSL (*Lower Specification Limit*) adalah nilai terkecil yang diperbolehkan untuk parameter yang diukur.
- 2) USL (*Upper Specification Limit*) adalah nilai tertinggi yang diperbolehkan untuk parameter yang diukur.
- 3) *Sample Mean* menunjukkan nilai rata-rata dari data yang diukur.
- 4) *Sample N* adalah Jumlah sampel yang digunakan untuk analisis.
- 5) StDev (*Within*) menunjukkan seberapa tersebar nilai data di sekitar rata-rata.
- 6) Histogram dan Kurva Normal: Grafik histogram menunjukkan distribusi data, sedangkan kurva hitam putus-putus menggambarkan distribusi normal yang diharapkan.
- 7) Cp (*Process Capability*) menunjukkan potensi kemampuan proses untuk memenuhi batas spesifikasi. Semakin besar nilai Cp, semakin baik proses dalam memenuhi spesifikasi.
- 8) CPL (*Lower Capability Index*) menunjukkan kemampuan proses untuk memenuhi batas spesifikasi bawah.
- 9) CPU (*Upper Capability Index*) menunjukkan kemampuan proses untuk memenuhi batas spesifikasi atas.

10) Cpk (*Process Capability Index*) mengindikasikan sejauh mana distribusi data berada di dalam batas spesifikasi.

Berdasarkan uji normalitas dari grafik yang terlihat distribusi frekuensi dari data yang diuji, dengan batasan LSL (*Lower Specification Limit*) di 0.5 dan USL (*Upper Specification Limit*) di 2. Grafik ini menggambarkan histogram yang menunjukkan bagaimana nilai kecepatan data terbagi dalam rentang nilai yang berbeda. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa sebagian besar data terdistribusi di sekitar nilai 0.84 hingga 1.05, dengan sedikit data yang melampaui batas USL. Dengan nilai Cp sebesar 1.77, yang menunjukkan kemampuan potensial dari proses untuk memenuhi batasan, meskipun nilai Cpk yang lebih rendah, yaitu 0.96, menunjukkan bahwa proses ini lebih dekat dengan batasan tertentu (misalnya, batas bawah LSL). Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun ada beberapa variabilitas dalam kecepatan data yang terukur, proses ini umumnya cukup dapat diterima dalam hal kemampuan menghasilkan nilai yang sesuai dengan batasan yang ditentukan. Adapun data PPM (*Parts Per Million*), yang menunjukkan bahwa tidak ada data yang melampaui batasan yang ditetapkan ($PPM < LSL$ dan $PPM > USL$ keduanya 0.00), menunjukkan bahwa proses ini cenderung stabil dan tidak menghasilkan data yang di luar spesifikasi. Secara keseluruhan, meskipun nilai Cp cukup baik (1.77), nilai Cpk yang lebih rendah menunjukkan adanya kemungkinan untuk produk yang tidak memenuhi spesifikasi. Namun, proses secara keseluruhan menunjukkan kinerja yang cukup baik dalam memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan rumusan masalah serta pembahasan mengenai hubungan pengaruh jarak *WiFi* terhadap respon kecepatan data, dapat disimpulkan bahwa desain alat *monitoring* genset 300 kVA perlu memperhatikan beberapa aspek teknis, seperti integrasi sensor untuk memantau kinerja genset secara *real-time*, serta kemampuan sistem untuk mengirimkan data secara akurat melalui jaringan *WiFi*. Desain ini harus memastikan kemudahan akses data, akurasi pengukuran, dan ketahanan sistem dalam berbagai kondisi operasional genset. Hasil kalibrasi sensor menunjukkan tingkat kesalahan rata-rata yang sangat rendah, yakni 0% untuk sensor suhu mesin (*engine temperature*), tekanan oli (*oil pressure*), kecepatan mesin (*engine speed*), suhu oli (*oil temperature*), dan suhu turbo (*turbo temperature*), serta sebesar 0,76% untuk sensor *PZEM-004T*. Selain itu, ditemukan bahwa semakin besar jarak antara modem *WiFi* dengan alat *monitoring*, maka semakin lambat respon kecepatan pengiriman data yang terjadi.

Berdasarkan hasil penelitian dan simpulan yang telah dipaparkan, maka diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan di masa mendatang. Untuk itu, beberapa saran yang dapat diberikan antara lain: pentingnya memperhatikan aspek keamanan data dalam sistem *IoT* dengan mengintegrasikan *enkripsi* dan *otentikasi* yang kuat guna mencegah akses tidak sah dan melindungi data genset; penggunaan *router WiFi* dengan sinyal kuat dan jangkauan luas agar pengiriman data tetap cepat dan stabil meskipun jarak perangkat cukup jauh; pemilihan sensor yang akurat dan tahan lama untuk menjaga keakuratan data dan kinerja alat dalam berbagai kondisi genset. Selain itu, disarankan menggunakan sistem pengolahan data yang efisien seperti *platform cloud* untuk mempercepat dan meningkatkan akurasi proses data dari alat *monitoring*. Penelitian juga menyarankan penyediaan alternatif jaringan, seperti koneksi *seluler* atau kabel, sebagai cadangan jika jaringan *WiFi* bermasalah, sehingga proses pemantauan tetap berjalan. Alat *monitoring* juga sebaiknya dilengkapi dengan sistem peringatan atau *alarm* apabila terjadi masalah pada genset, agar operator dapat segera mengambil tindakan. Terakhir, kalibrasi alat dan sensor harus dilakukan secara berkala agar data yang dihasilkan tetap akurat dan dapat diandalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, S., & Ramadhan, G. (2022). Perawatan genset 2000 kVA di gedung apartement T.P. dengan metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal ISMETEK*, 13(1).
- Asriadi, A., & Solli, T. S. (2020). Rancang bangun sistem monitoring daya pada generator sinkron menggunakan data logger berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Foristek*, 10(1). <https://doi.org/10.54757/fs.v10i1.54>
- Babiuch, M., Foltynek, P., & Smutny, P. (2019). Using the ESP32 microcontroller for data processing. In *Proceedings of the 2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765944>
- Buana Surabaya, A., & Dewi, S. N. (2023). Design of genset monitoring & recording equipment with the concept of Internet of Things (IoT) based on Arduino Uno. *Journal of Applied Electrical*, 5(1).
- Dwinanto, B., & Yulianto, B. (2024). Rancang bangun repeater LoRa RFM95 dengan frekuensi 915 MHz berbasis ESP32. *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 4(2), 109–125. <https://doi.org/10.59141/cerdika.v4i2.752>
- Fibriani, I., Bayu, A., & Ciptaning, P. (2020). Analisa sistem monitoring greenhouse berbasis Internet of Things (IoT) pada jaringan 4G LTE. *Seminar Nasional Fortei Regional*, 7.

- Kajian, J., & Teknik Elektro, T. (2021). Rancang bangun sistem pengaman pintu gudang berbasis Internet of Things (IoT) dan sensor fingerprint. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 6(2).
- Kurniawan, A. (2018). Sejarah, cara kerja dan manfaat Internet of Things.
- Mahanin Tyas, U., Buckhari, A. A., Studi Pendidikan Teknologi Informasi, P., & Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, P. (2023). Implementasi aplikasi Arduino IDE pada mata kuliah sistem digital.
- Mohapatra, A. G., et al. (2023). An Industry 4.0 implementation of a condition monitoring system and IoT-enabled predictive maintenance scheme for diesel generators. *Alexandria Engineering Journal*, 76, 525–541. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.06.026>
- Pela, M. F., & Pramudita, R. (2021). Sistem monitoring penggunaan daya listrik berbasis Internet of Things pada rumah dengan menggunakan aplikasi Blynk. *Infotech: Journal of Technology Information*, 7(1), 47–54. <https://doi.org/10.37365/jti.v7i1.106>
- Sefriza, M., Hidayat, T., & Kurniawan, W. D. (2022). Analisa perbandingan sistem kontrol berbasis Arduino dan PLC pada pengendalian suhu.
- Septian, B., Rakesh, P., & Dhora, S. R. (2020). IoT based power monitoring system for diesel generator. In *2020 5th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ICRAIE51050.2020.9358316>
- Wagyana, A., Teknik Elektro, J., Negeri Jakarta, P., Siwabessy, J. G., & Depok, K. U. (2019). Prototipe modul praktik untuk pengembangan aplikasi Internet of Things (IoT). *Jurnal Ilmiah Setrum*, 8(2), 238–247.
- Zaini, N. (2024). Implementasi Internet of Things (IoT) pada teknologi pendidikan 5.0: Menghubungkan peserta didik dan lingkungan pembelajaran.