

Sistem Monitoring Kebocoran Gas SF₆ Pada Sistem GIS menggunakan Modul LoRa Berbasis IoT

Muhammad Kealvin Al Akbary ¹⁾, Muhammad Afif Hendrawan ²⁾

^{1,2,3} Teknik Informatika, Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141

Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang, 65141

¹⁾ muhammadkealvin@gmail.com

²⁾ afif.hendrawan@gmail.com

Abstract

The research introduces a Gas Insulating Substation (GIS) Monitoring System for SF₆ gas leakage, aiming to mitigate the risk of significant gas leaks. The GIS, comprising three phases (R, S, T), utilizes SF₆ gas with protective alarms and leakage indicators on each phase. However, the current practice of sequentially checking leak points among phases poses challenges, such as potential damage to the SF₆ gas refill valve, leading to larger leaks. In response, a Monitoring System using LoRa-based IoT modules was developed. The research methodology involved checking electrical flow through voltage sensors and pressure sensors on the nonferrous tubes of the three phases to identify leakage points. The results indicated that the implemented SF₆ Gas Leakage Monitoring System using LoRa-based IoT Modules effectively assists High Voltage Substation operators in reducing valve damage caused by mishandling SF₆ gas leaks. Operators can monitor leaky tubes through a web interface and receive Telegram notifications, expediting response times. Additionally, the system proves cost-effective, requiring only around 1 million rupiahs compared to the conventional cable installation costing approximately 5 million rupiahs, without necessitating modifications to the existing Substation system.

Keywords: Monitoring, gas insulated switchgear, LoRa, substation

1. Pendahuluan

GIS (Gas Insulating Substation) yaitu Gardu Induk yang berisolasi gas SF₆. Gas SF₆ adalah gas yang digunakan dalam peralatan daya listrik. Gas SF₆ tidak berwarna, tidak berbau, tidak mudah terbakar, dan stabil secara kimiawi. Ini berarti bahwa pada suhu kamar tidak bereaksi dengan zat lain. Stabilitas berasal dari pengaturan simetris dari enam partikel fluor di sekitar molekul sulfur pusat. Dan stabilitas inilah yang membuat gas berguna dalam peralatan listrik. SF₆ adalah isolator listrik yang sangat baik dan secara efektif dapat memadamkan busur, yang membuat aparatus tegangan tinggi dan sedang diisi dengan SF₆ yang sangat populer. SF₆ dapat ditemukan di jutaan peralatan listrik di seluruh dunia, peralatan listrik yang mengandung SF₆ adalah pemutus busur di electrical switch.

Gas SF₆ dibentuk oleh reaksi kimia antara belerang cair dan fluor. Fluor diperoleh dengan elektrolisis asam hidrofluorat (HF). Gas SF₆ murni tidak beracun. Gas tidak berbahaya untuk dihirup, asalkan kandungan oksigennya cukup tinggi. Pada prinsipnya kita dapat menghirup campuran 20% oksigen dan 80% SF₆ tanpa bahaya. SF₆ sekitar 6 kali lebih berat dari udara. Itu berarti dapat terkumpul di saluran kabel atau di bagian bawah tangki. Gas tidak berbahaya untuk dihirup tetapi jika terakumulasi di tempat orang bekerja, ada risiko mati lemas karena kekurangan oksigen. SF₆ adalah

gas yang tidak mudah terbakar yang digunakan dalam peralatan listrik. SF₆ tidak beracun.

Penggunaan SF₆ umum untuk SF₆, baik domestik maupun internasional, adalah sebagai isolator listrik pada peralatan bertegangan tinggi yang mentransmisikan dan mendistribusikan listrik. Sejak 1990-an, industri tenaga listrik di ASIA telah menggunakan SF₆ secara luas dalam pemutus sirkuit, gardu gas yang diinsulasi, dan switchgear lain yang digunakan dalam sistem transmisi untuk mengelola tegangan tinggi yang diangkut antara stasiun pembangkit dan pusat beban pelanggan.

Beberapa faktor memengaruhi emisi SF₆ dari sistem tenaga listrik, seperti jenis dan usia peralatan yang mengandung SF₆ (misalnya, pemutus sirkuit yang lebih tua dapat memuat hingga 2.000 pon SF₆, sementara pemutus present day biasanya mengandung kurang dari 100 pon), dan penanganan serta prosedur perawatan dipraktekkan oleh utilitas listrik. Karena masa pakainya yang panjang dan potensi GWP yang tinggi.

Pengurangan Emisi SF₆ adalah salah satu program industri sukarela EPA yang bertujuan mengurangi emisi gas rumah kaca. Tujuan utamanya adalah untuk mengurangi emisi SF₆ melalui teknologi dan praktik yang hemat biaya. Melalui peningkatan tingkat kebocoran peralatan baru, perbaikan peralatan yang lebih tua, dan penggunaan teknik operasi dan pemeliharaan yang lebih efisien, utilitas sering menemukan solusi ekonomis untuk mengurangi emisi SF₆.

Di dalam sebuah molekul SF₆, molecule sulfurnya terdapat pada daerah valensi tertinggi dari daerah valensi molekulnya. Sedangkan keenam ikatan molekulnya ialah kovalen, yang mana ini merupakan kelebihan dari molekul ini yang stabil. Susunan molekul dari SF₆ merupakan bidang delapan yang pada keenam sudutnya ditempati particle fluoride. SF₆ adalah gas yang tidak mempunyai sifat kimia yang aktif sampai di atas 1500C dan tidak akan merusak logam, plastik dan bahan lain yang biasa digunakan pada komponen pemutus tenaga. Hal ini dapat dibuktikan dengan memanaskan gas tersebut sampai 5000C tanpa terjadi penguraian. Pada temperatur tinggi yang disebabkan oleh busur programming interface listrik, gas akan terurai dalam beberapa unsur, yaitu SF₂ dan SF₄ dalam jumlah yang kecil dan unsur S₂, F₂, S, F. Bila unsur SF₂ ini bereaksi dengan air, akan membentuk unsur hydrogen fluoride yang mempunyai sifat korosif terhadap porcelain. Semua unsur yang terurai akan berkombinasi kembali menjadi unsur SF₆ seperti semula setelah temperaturnya turun. Unsur SF₆ yang murni terdiri dari 21,95% sulfur dan 78,05% fluoride. Atom fluoride mempunyai sifat elektronegatif, dan ini berfungsi untuk menangkap elektron bebas kebentuk muatan particle yang negatif, yang tidak dapat digunakan sebagai pembawa arus. Sifat elektronegatif ini menyebabkan waktu pembusuran pendek, kekuatan dielektrik dengan cepat dapat terbentuk. Kestabilan yang tinggi dari gas ini disebabkan enam ikatan kovalen dari molekul-molekulnya. Di samping itu, ikatan ini berada diantara particle sulfur, sedangkan enam particle fluoride membentuk suatu bangun octahedron. Karena unsur SF₆ tidak mempunyai sifat kimia yang aktif, maka akan sangat menguntungkan bila dipakai pada pemutus tenaga tegangan menengah. Bagian logam dan kontak yang dialiri arus dalam unsur SF₆ tidak akan rusak.

Berdasarkan studi kasus, gas SF₆ ini dapat mengalami kebocoran. Sistem monitoring GIS (Gas Insulating Substation) menggunakan modul lora berbasis iot akan di pasang sampai 1 kilometer yang saling terhubung antar sender dan receiver alat yang cukup efektif dalam memberikan informasi kepada operator berupa notifikasi telegram bot atau dapat ditampilkan real time monitoring via website yang sudah terintegrasi didalam board receiver berupa web server dikarenakan board sender menggunakan

LoRa (Long Range) yang berada di switchyard dan memberikan informasi menggunakan modulasi sinyal radio hingga informasi tersebut sampai pada board receiver yang berada 1 kilometer dari titik pengirim dan mendapatkan jaringan dari WiFi dan mengirim informasi tersebut kepada operator berupa notifikasi telegram. Sehingga mampu mempercepat proses recovery gangguan akibat gas SF₆ bocor dan

meminimalisir kesalahan petugas operator dalam melakukan penanganan.

2. Kajian Pustaka

2.1. Sensor

Sensor adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan besaran fisik seperti tekanan, gaya, besaran listrik, cahaya, gerakan, kelembaban, suhu, kecepatan dan fenomena lingkungan lainnya. Setelah mengamati terjadinya perubahan, Input yang terdeteksi tersebut akan dikonversi mejadi Output yang dapat dimengerti oleh manusia baik melalui perangkat sensor itu sendiri ataupun ditransmisikan secara elektronik melalui jaringan untuk ditampilkan atau diolah menjadi informasi yang bermanfaat bagi penggunaannya. Sensor pada dasarnya dapat digolong sebagai Transduser Input karena dapat mengubah energi fisik seperti cahaya, tekanan, gerakan, suhu atau energi fisik lainnya menjadi sinyal listrik ataupun resistansi (yang kemudian dikonversikan lagi ke tegangan atau sinyal listrik).

Sensor yang digunakan pada perangkat elektronik pada dasarnya dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama yaitu :

- Sensor Pasif dan Sensor Aktif
- Sensor Analog dan Sensor Digital

Sensor Pasif (*Passive Sensor*)

Sensor Pasif adalah jenis sensor yang dapat menghasilkan sinyal yield tanpa memerlukan pasokan listrik dari eksternal. Contohnya Termokopel (Thermocouple) yang menghasilkan nilai tegangan sesuai dengan panas atau suhu yang diterimanya.

Sensor Aktif (*Active Sensor*)

Sensor Aktif adalah jenis sensor yang membutuhkan sumber daya eskternal untuk dapat beroperasi. Sifat fisik Sensor Aktif bervariasi sehubungan dengan efek eksternal yang diberikannya. Sensor Aktif ini disebut juga dengan Sensor Pembangkit Otomatis (Self Generating Sensors).

Sensor Analog dan Sensor Digital

a. Sensor Analog

Sensor Analog adalah sensor yang menghasilkan sinyal yield yang kontinu atau berkelanjutan. Sinyal keluaran kontinu yang dihasilkan oleh sensor simple ini sebanding dengan pengukuran. Berbagai boundary Analog ini diantaranya adalah suhu, tegangan, tekanan, pergerakan dan lain-lainnya. Contoh Sensor Analog ini diantaranya adalah akselerometer (accelerometer), sensor kecepatan, sensor tekanan, sensor cahaya dan sensor suhu.

b. Sensor Digital

Sensor Digital adalah sensor yang menghasilkan sinyal keluaran diskrit. Sinyal diskrit akan non-kontinu dengan waktu dan dapat direpresentasikan dalam "bit". Sebuah sensor computerized biasanya terdiri dari sensor, kabel dan pemancar. Sinyal yang diukur akan diwakili dalam design computerized. Yield computerized dapat dalam bentuk Logika 1 atau logika 0 (ON atau OFF). Sinyal fisik yang diterimanya akan dikonversi menjadi sinyal computerized di dalam sensor itu sendiri tanpa komponen eksternal. Kabel digunakan untuk transmisi jarak jauh. Contoh Sensor Digital ini diantaranya adalah akselerometer computerized (advanced accelerometer), sensor kecepatan advanced, sensor tekanan computerized, sensor cahaya advanced dan sensor suhu computerized.

Secara umum ada fungsi dan kegunaannya dapat di bagi menjadi 3 kategori yaitu sensor mekanis, sensor optik (cahaya), sensor thermal (panas). Semua klasifikasi sensor dapat memiliki output yang berbeda tergantung fungsi dari suatu sistem. Setiap sensor memiliki sensitivitas dan tanggapan waktu terhadap kuantitas yang di ukur [1].

2.2. Web Server

Web server adalah software yang memberikan layanan data yang mempunyai fungsi untuk menerima permintaan HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) atau HTTPS yang dikirim oleh klien melalui web browser dan mengirimkan kembali hasilnya dalam bentuk halaman web yang umumnya berbentuk dokumen HTML (*HyperText Markup Language*). Web server berguna sebagai tempat aplikasi web dan sebagai penerima request dari client Pada umumnya web server telah dilengkapi pula dengan mesin penerjemah bahasa skrip. Jika ada permintaan dari browser, maka web server akan memproses permintaan itu kemudian memberikan hasil prosesnya berupa data yang dikirimkan kembali ke browser.

Data ini kemudian akan ditampilkan ke browser sesuai dengan kemampuan dari browser. Browser yang hanya mampu menampilkan text (misalnya lynx) tidak akan mampu menampilkan video atau data selain text, data ini mempunyai standart format yang di sebut dengan format SGML (*Standard General Markup Language*). [2]

2.3. Arduino IDE

Arduino IDE merupakan software yang dibuat untuk membantu pekerjaan para programmer dalam membuat program. Arduino IDE sendiri menggunakan bahasa pemrograman C++ yang disempurnakan menggunakan library. Arduino IDE menggunakan software Processing untuk merangkai program. Processing sendiri merupakan hasil dari

gabungan bahasa C++ dan Java. Software Arduino IDE bisa didapatkan di berbagai operating system (OS) dan bukan hanya sekedar alat perkembangan, namun juga merupakan gabungan dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development (IDE) [3].

2.4. ESP32 Filesystem Uploader / SPIFFS

SPIFFS merupakan Serial Peripheral Interface Flash File System. Fungsi dari ESP32 untuk menyimpan nilai-nilai yang kita masukan secara permanen. Flash memory adalah bagian dari memori (seperti RAM, ROM), flash memory memiliki akses yang cepat namun tidak terlalu besar. Flash memory ESP32 cocok untuk menyimpan file konfigurasi, menyimpan data yang kecil secara permanen seperti HTML file, CSS, gambar, ikon dan sebagainya. Dengan begitu web server tidak membutuhkan server internal seperti XAMPP atau aplikasi web server pihak ketiga lainnya [4].

2.5. HTML

HTML merupakan bahasa standart untuk memerintahkan mesin pencari untuk di tampilkan di web browser. HTML dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu isi dan pemformat. Isi merupakan informasi yang di sampaikan dan pemformat berwujud "tag" untuk diterjemahkan menjadi paragraf. Dokumen HTML terdiri menjadi dua bagian yaitu HEAD dan BODY, biasanya untuk bagian HEAD berisi informasi atribut dari dokumen tersebut. Sedangkan untuk BODY biasanya membuat informasi utama yang kemudian akan dikomunikasikan melalui web.[5]

2.6. CSS

CSS (*Cascading Style Sheet*) bahasa yang digunakan untuk membuat tampilan yang menarik dan bagus dalam aplikasi web , agar pengguna lebih nyaman saat digunakan. CSS (*Cascading Style Sheet*) juga mempunyai beberapa komponen untuk mempercantik tampilan teks maupun gambar pada program yang akan dihasilkan , agar tidak terlihat monoton [6].

2.7. JavaScript

JavaScript merupakan bahasa yang digunakan untuk menghasilkan program yang membuat kenyamanan dan keindahan, pengguna website juga dapat menggunakan animasi sebagai faktor untuk membuat website menjadi menarik. avascript biasanya digunakan untuk melakukan perubahan tampilan site, seperti ketika mengklik tombol, menentukan format, memberi efek dinamik atau animasi yang lucu dan menarik. Penggunaan Javascript bisa dimanfaatkan buat bikin game yang progressed in addition to animasi 2D dan 3D, juga aplikasi yang berhubungan dengan data base Java Script dikenal sebagai bahasa

pemrograman yang cukup kompleks, namun juga sangat fleksibel. JavaScript berisi berbagai perintah yang di pakai untuk mengatur beberapa bagian dalam sistem operasi, JavaScript juga dapat melakukan hal yang tidak bisa dilakukan HTML, PHP, ataupun CSS , seperti membuat kotak dialog [7].

2.8. Fritzing

Fritzing merupakan perangkat lunak gratis yang dipakai oleh desainer atau penghobi elektronika untuk perancangan desain dengan macam-macam peralatan elektronika yang tersedia. Antarmuka fritzing dibuat interaktif agar pengguna pemula dapat mengetahui melalui simbol dari perangkat elektronika. Di dalam fritzing tersedia beragam skema yang dapat digunakan dari berbagai mikrokontroler arduino serta shieldnya. Fritzing merupakan perangkat lunak di bawah lisensi GPL 3.0 dengan kode sumber tersedia gratis di GitHub dan binari dengan biaya moneter yang diizinkan oleh GPL. [8]

2.9. Telegram

Telegram merupakan aplikasi layanan pengirim pesan instan berbasis cloud yang berfokus pada kecepatan dan keamanan. Telegram tersedia untuk telepon seluler seperti Android, Ios, Windows Phone, Ubuntu Touch. Pengguna dapat mengirim pesan dan bertukar foto, video, stiker, audio, atau dokumen lainnya. Telegram juga dilengkapi dengan sistem end-to-end yang menjaga keamanannya. [9]

2.10. Telegram Bot

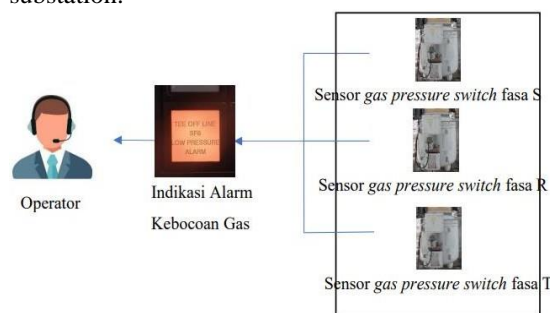
Telegram Bot merupakan akun khusus yang dapat didesain untuk menghandle pesan secara otomatis. Pengguna dapat berinteraksi dengan Bot dengan mengirimkan perintah melalui pesan private maupun group, akun Telegram tidak memerlukan nomer telepon dalam pembuatannya [9]. Telegram bot ini merupakan interface berbasis HTTP untuk menghubungkan bot yang dikembangkan oleh para pengembang dengan sistem Telegram. Kelebihan dari Telegram ini adalah adanya landasan untuk menggunakan Application Programming Interface(API) untuk masyarakat luas. Salah satu API yang disediakan adalah fitur bot. Bot Telegram adalah bot yang saat ini mulai populer dipergunakan. [10]

3. Metode

3.1. Perancangan sistem

Gardu Induk (GI) sebagai stasiun transit di antara pembangkit listrik dan kanal distribusi ke konsumen kini telah mengalami tren digitalisasi terkait penggunaan komponen dan sistemnya. Tren ini seiring tuntutan kebutuhan sistem substation atau GI yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Contoh

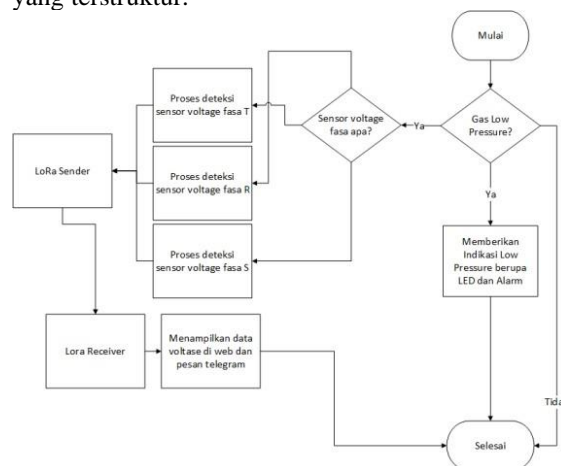
pertama adalah pada penggunaan kabel. Dengan sistem computerized, teknologi ini bisa mengurangi 80-90 persen pemakaian kabel, karena penggunaan kabel untuk keperluan telesignalling diubah menggunakan fiber optic yang dapat mengirimkan seluruh sinyal dalam bentuk design information advanced, sehingga kapasitas pengiriman informasi telesinyal pun lebih besar daripada kabel tembaga. Otomatis ruangan yang dibutuhkan juga berkurang 10-20 persen. Dari perubahan itu, instalasi juga bisa lebih cepat karena lebih conservative. Berikutnya, dari sisi fitur, dengan digitalisasi bisa lebih unggul karena otomatisasi organizing di dalam suatu substation.



Gambar 1. Alur Proses

3.2. Diagram Alir

Diagram alir atau flowchart adalah suatu bagan dengan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan proses secara mendetail dan hubungan antara suatu 35 proses (instruksi) dengan proses lainnya dalam suatu program. Tujuan pembuatan flowchart ini untuk memudahkan dalam menentukan fitur-fitur yang akan dibuat dengan alur yang terstruktur.



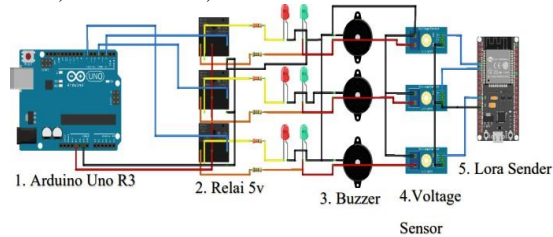
Gambar 2. Flow Chart Operasi Kerja Desain Sistem

4. Hasil dan Pembahasan

Fitur utama yang ada di dalam sistem ini yaitu, terdapat fitur real time monitoring via website, dan mendapat notifikasi melalui telegram dengan menggunakan bot kepada ID yang ditambahkan. Fitur real time monitoring ini dapat diakses user menggunakan jaringan yang sama.

4.1. Perancangan sistem

Gambar 3 adalah wiring diagram dari alat yang akan dikembangkan, yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu: mikrokontroler, sensor, relai, LoRa modul, dan buzzer.



Gambar 3. Wiring Diagram Sistem

4.2. Perancangan Website

Pada tahap ini dilakukan perancangan website yang memiliki fungsi menampilkan data dari Lora secara *real-time*, website ini tidak diperlukan akses seperti login dan database, namun perancangan website ini menggunakan *placeholder* untuk menampilkan data yang diterima LoRa *receiver*. Gambar 4 adalah tampilan web yang telah dirancang, merupakan Halaman yang menampilkan hasil konversi dari nilai analog yang dibaca oleh Voltage Sensor baik tegangan itu 0 maupun tegangan tersebut 5 Volt. Di Halaman ini juga terdapat Last Received Packet yang merupakan data kapan terakhir Lora Receiver menerima data dari Lora Sender dan juga terdapat data Lora RSSI yang akan menampilkan data hasil kalkulasi jarak antara LoRa *Sender* dan LoRa *Receiver*.



Gambar 4. Tampilan Desain Web

4.3. Perancangan Notifikasi Telegram

Notifikasi telegram akan dikirimkan jika mencapai kondisi dimana Sensor Voltage membaca tegangan 5 V yang dapat diartikan bahwa sistem mendekteksi kebocoran atau User ingin mendapatkan informasi berupa tegangan yang terbaca saat ini dengan mengirimkan command `/info`.

1. `/Info`: Tegangan pada sensor A: 0.00V Tegangan pada sensor B: 1.19V Tegangan pada sensor C: 0.00V

2. Jika tegangan terbaca:

a. **KEBOCORAN TERDETEKSI PADA SENSOR**

A!! Tegangan yang terbaca: 5.16V.

b. **KEBOCORAN TERDETEKSI PADA SENSOR**

B!! Tegangan yang terbaca: 5.16V.

c. **KEBOCORAN TERDETEKSI PADA SENSOR**

C!! Tegangan yang terbaca: 5.21V

4.4. Pengujian Jarak LoRa

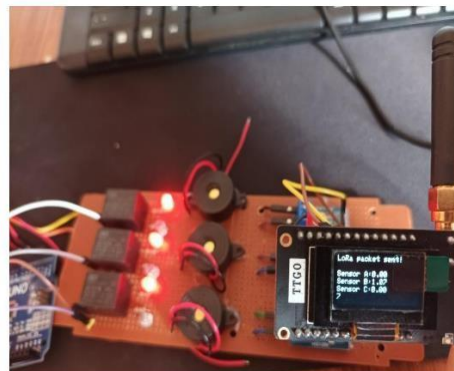
Pengujian jarak jangkauan modul Lora bertujuan untuk mengamati dan mendapat hasil data uji sejauh mana Lora dapat berkomunikasi dari kedua Lora dengan data yang dikirimkan berupa nilai analog dari Voltage sensor yang disimpan dalam bentuk simbol yang berukuran 21 Bit dan kemudian di decode oleh Lora receiver berupa nilai voltage agar dapat dibaca sehingga didapatkan hasil pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Jangkauan LoRa

Pengujian	Jarak	Keterangan
1	200 m	RSSI 90
2	400 m	RSSI 90
3	600 m	RSSI 103
4	800 m	RSSI 110
5	900 m	RSSI 115

4.5. Implementasi Sistem Normal

Halaman ini menunjukkan sistem yang sedang normal dimana led merah akan hidup, voltage sensor membaca tegangan dan akan mengirimkan nilai berupa sinyal analog yang akan diterima oleh lora sender, terdapat pada tampilan display nilai telah dikonversikan yaitu kurang dari 5 V dan di kirimkan menuju lora receiver dan data sensor di Serial Monitor pada Arduino IDE, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.

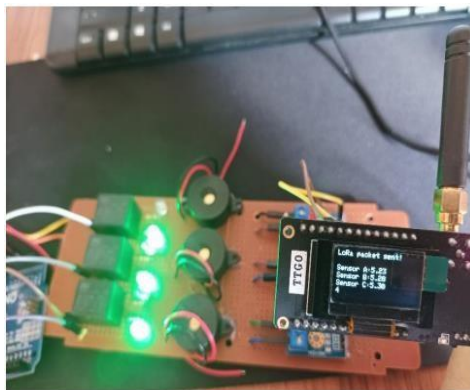


Gambar 5. Sistem Keadaan Normal

4.6. Implementasi Sistem Tidak Normal

Halaman ini menunjukkan sistem yang sedang normal dimana led merah akan hidup, voltage sensor membaca tegangan dan akan mengirimkan nilai berupa sinyal analog yang akan diterima oleh LoRa *sender*, terdapat pada tampilan display nilai telah

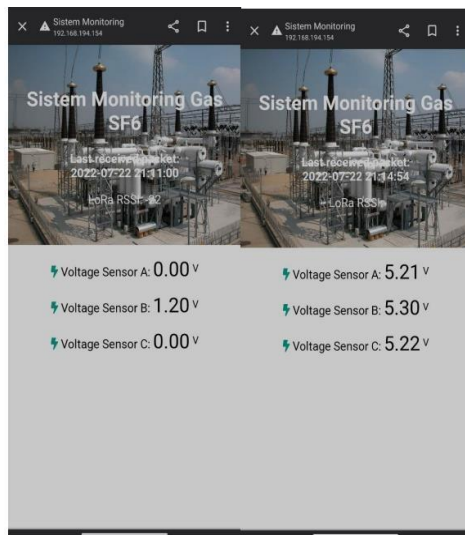
dikonversikan yaitu lebih dari 5 V dan dikirimkan menuju LoRa receiver dan tampilan data pada Serial Monitor di Arduino IDE, yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sistem Keadaan Tidak Normal

4.7. Implementasi Tampilan Website

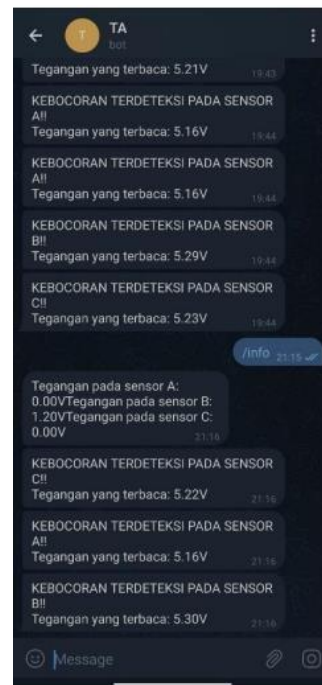
Gambar 7 adalah implementasi tampilan web hasil desain. Pada halaman ini menampilkan web yang berisi nilai tegangan secara *real-time* pada masing-masing sensor yang diterima oleh LoRa receiver serta kapan terakhir packet data diterima.



Gambar 7. Implementasi Website

4.8. Implementasi Bot Telegram

Pada halaman ini menampilkan Bot Telegram yang memberikan notifikasi berisi nilai tegangan pada masing-masing sensor yang diterima oleh LoRa receiver ketika nilai lebih dari 5 V yang menandakan sistem mengalami gangguan atau user ingin mendapatkan informasi tegangan yang terbaca saat ini serta kapan terakhir packet data diterima, yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Bot Telegram

Daftar Pustaka

- [1] AMIK BSI Pontianak, C. K., - STMIK Nusa Mandiri Jakarta,
- [2] Y. M. K., & - Universitas BSI Bandung, F. I. (2018). Sistem Informasi Pendaftaran Pernikahan Berbasis Web Pada Kantor Urusan Agama Kecamatan Banyumas. *Evolusi : Jurnal Sains dan Manajemen*, 6 (2). <https://doi.org/10.31294/evolusi.v6i2.4424>
- [3] Akbar, M. K., Syukriyadin, S., & Siregar, R. H. (2020). RANCANG BANGUN ALAT SINKRONISASI TEGANGAN, FREKUENSI, DAN SUDUT FASA SISTEM FOTOVOLTAIK DENGAN GRID/JARINGAN PLN MENGGUNAKAN ARDUINO. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 5(3). <https://doi.org/10.24815/kitekro.v5i3.17511>
- [4] Ardiyansa, M. (2022). MEMBUAT BLOG PRIBADI MENJADI WEBSITE BERITA ONLINE MENGGUNAKAN HTML DAN CSS. 2(2), 11
- [5] Dewi, D. C., Ningsih, F. S., Atmoko, D. F., & Shobari, I. (2020). DESAIN MAPPING DAN KOMUNIKASI LORA SX1276 PADA SISTEM DETEKSI RADIASI MENGGUNAKAN DRONE. 17, 10.
- [6] Gunawan, L. N., Anjarwirawan, J., & Handoyo, A. (n.d.). Aplikasi Bot Telegram Untuk Media Informasi Perkuliahan Program Studi Informatika-Sistem Informasi Bisnis Universitas Kristen Petra. 6.
- [7] Hendri, R., & Anna, E. I. (2020). Prototipe Aplikasi Kelas Pintar (SmartClass) Dengan Konsep Internet Of Thing (IOT) menggunakan Arduino. 1(2), 11.
- [8] Lenardo, G. C., Herianto, & Irawan, Y. (2020). Pemanfaatan Bot Telegram sebagai Media Informasi Akademik di STMIK Hang Tuah Pekanbaru. *JTIM : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 1(4), 351–357. <https://doi.org/10.35746/jtim.v1i4.59>
- [9] Litha, A., & Kadir, S. A. (2021). Rancang Bangun Prototipe Smart Parking Berbasis Internet of Things (Iot). 5
- [10] Mariko, S. (2019). Aplikasi website berbasis HTML dan JavaScript untuk menyelesaikan fungsi integral pada mata kuliah kalkulus. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 6(1), 80–91. <https://doi.org/10.21831/jitp.v6i1.22280>
- [11] Pratama, R. A., & Permana, I. (2021). Simulasi Permodelan Menggunakan Sensor Suhu Berbasis Arduino. 10(1), 6.

- [12] Siswanto, S., Nurhadiyan, T., & Junaedi, M. (2020). PROTOTYPE SMART HOME DENGAN KONSEP IOT (INTERNET OF THING) BERBASIS NODEMCU DAN TELEGRAM. *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (Simika)*, 3(1), 85–93.
<https://doi.org/10.47080/simika.v3i1.850>
- [13] Syahrul, S., & Haq, M. S. (2018). Aplikasi Pembelajaran Menggunakan Web Server Raspberry Pi. *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, 7(1), 47–54.
<https://doi.org/10.34010/komputika.v7i1.1509>
- [14] Maskur, Y. . Afandi, A. . Waris, and T. . Afirianto, “PROTOTYPE VIRTUAL ASSISTANT CHATBOT SEBAGAI PUSAT LAYANAN INFORMASI MAHASISWA”, *JTIA*, vol. 3, no. 1, pp. 35–39, Mar. 2022..