



Implementasi Websocket pada Pembacaan Ketinggian Air Lahan Gambut Sebagai Pencegahan Dini Kebakaran Berbasis LoRaWAN

Uray Ristian*, Hirzen Hasfani, Kasliono, Yasman Halawa, Uray Syaziman Kesuma Wijaya

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Tanjungpura, Pontianak
Jl. Jenderal Ahmad Yani, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia

Email: ^{1,*}eristian@siskom.untan.ac.id, ²hirzen.hasfani@siskom.untan.ac.id, ³kasliono@siskom.untan.ac.id,

⁴h1051201048@student.untan.ac.id, ⁵h1051201051@student.untan.ac.id

Email Penulis Korespondensi: eristian@siskom.untan.ac.id

Submitted: 29/09/2024; Accepted: 31/10/2024; Published: 31/10/2024

Abstrak–Sistem pemantauan ketinggian air pada lahan gambut sangat penting untuk mendeteksi potensi kebakaran, terutama pada musim kemarau. Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan ketinggian air menggunakan sensor water float level yang mampu mendeteksi perubahan ketinggian air secara real-time. Data dari sensor dikirim melalui modul LoRa SX1278 Ra-02 yang memungkinkan transmisi data jarak jauh. Sistem ini diuji dalam dua kondisi, yaitu Line of Sight (LoS) dan Non-Line of Sight (NLoS), untuk mengukur kekuatan sinyal yang ditunjukkan melalui Received Signal Strength Indicator (RSSI). Pada kondisi LoS, nilai RSSI terbaik tercatat sebesar -63 dBm pada jarak 15,5 meter, sedangkan pada kondisi NLoS, nilai RSSI terendah mencapai -110 dBm pada jarak 148 meter. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam memantau ketinggian air pada lahan gambut dengan transmisi data yang andal meskipun di area terpencil. Integrasi antara sensor water float level dan teknologi LoRa dalam sistem ini berpotensi menjadi alat yang sangat berguna untuk pencegahan kebakaran lahan gambut melalui pemantauan kondisi air secara real-time.

Kata Kunci: LoRa SX1278; Sensor Water Float Level; Ketinggian Air; Transmisi Data Jarak Jauh; Pencegahan Kebakaran

Abstract–The monitoring system for water level in peatland is crucial for detecting the potential for fires, especially during the dry season. This study develops a water level monitoring system using a water float level sensor capable of detecting changes in water level in real-time. Data from the sensor is transmitted via the LoRa SX1278 Ra-02 module, enabling long-range data transmission. The system was tested under two conditions: Line of Sight (LoS) and Non-Line of Sight (NLoS), to measure the signal strength indicated by the Received Signal Strength Indicator (RSSI). In the LoS condition, the best RSSI value was recorded at -63 dBm at a distance of 15.5 meters, while in the NLoS condition, the lowest RSSI value reached -110 dBm at a distance of 148 meters. The results show that this system is effective in monitoring water levels in peatland with reliable data transmission, even in remote areas. The integration of the water float level sensor and LoRa technology in this system has the potential to be a valuable tool for preventing peatland fires through real-time monitoring of water conditions.

Keywords: LoRa SX1278; Water Float Level Sensor; Water Level; Long-Range Data Transmission; Fire Prevention

1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan gambut di Indonesia telah menjadi bencana yang tidak hanya berdampak secara nasional, tetapi juga regional dan global. Dampaknya dirasakan oleh negara-negara tetangga, dengan emisi gas hasil pembakaran seperti CO₂ yang mempercepat pemanasan global [1], [2]. Kebakaran ini tidak hanya terjadi pada lahan kering, tetapi juga pada lahan basah seperti lahan gambut, yang memiliki karakteristik unik dan rentan terhadap kebakaran, terutama saat musim kemarau [3].

Pembukaan lahan untuk keperluan pertanian atau perkebunan masih sering dilakukan dengan cara membakar lahan gambut [4]. Praktik ini terjadi karena berbagai faktor, salah satunya adalah minimnya informasi yang dimiliki oleh masyarakat mengenai kondisi lahan gambut, terutama tentang bahaya yang ditimbulkan saat gambut mengering dan mudah terbakar. Kurangnya pemahaman ini memperburuk kondisi gambut, yang setelah terbakar, tidak lagi mampu menyerap hara maupun menahan air, dan berpotensi memicu kebakaran yang lebih sulit dipadamkan, termasuk kebakaran yang merambat di dalam tanah [5].

Kebakaran lahan gambut di dalam tanah menambah kompleksitas dalam penanggulangan kebakaran, karena api yang merambat di bawah permukaan lahan sering kali tidak mudah terdeteksi [6], [7]. Api bawah tanah ini dapat terus membakar bahan organik yang terkandung dalam gambut tanpa menunjukkan tanda-tanda visual di permukaan, seperti asap atau api yang terlihat jelas [8].

Hal ini menyebabkan kebakaran jenis ini sulit untuk dipadamkan dengan metode pemadaman konvensional, seperti penyiraman air dari atas tanah, yang sering kali tidak efektif dalam menjangkau kedalaman di mana api menyebar. Akibatnya, kebakaran lahan gambut bawah tanah dapat berlangsung selama berhari-hari, bahkan berminggu-minggu, sebelum akhirnya terdeteksi dan diatasi [9]. Kondisi ini berpotensi menyebabkan kerusakan yang lebih luas, baik terhadap ekosistem gambut itu sendiri, maupun terhadap masyarakat di sekitarnya yang terkena dampak kabut asap dan penurunan kualitas udara [10].

Situasi ini diperparah oleh upaya pembukaan lahan yang sering kali tidak memperhitungkan karakteristik ekologis gambut [11]. Pembukaan lahan melalui pengeringan atau pembangunan saluran drainase untuk kepentingan pertanian atau perkebunan menyebabkan hilangnya kandungan air yang esensial dalam lapisan gambut, yang secara alami bersifat menyerap dan menyimpan air [12]. Ketika gambut kehilangan kemampuan ini,

lapisan tanah menjadi lebih rentan terhadap kekeringan dan mudah terbakar, terutama di musim kemarau yang berkepanjangan [13]. Kekeringan yang terjadi tidak hanya berdampak pada lapisan permukaan gambut, tetapi juga menyebabkan penurunan kelembapan di lapisan yang lebih dalam, yang menjadi pemicu utama terjadinya kebakaran bawah tanah.

Selanjutnya, keterbatasan informasi mengenai kondisi lahan gambut mengakibatkan masyarakat di sekitar wilayah gambut sering kali tidak menyadari kondisi kritis tersebut [14], [15]. Masyarakat yang masih menggunakan praktik tradisional, seperti pembakaran lahan untuk pembukaan areal pertanian, tanpa disertai pemahaman tentang risiko kebakaran gambut, secara tidak langsung meningkatkan peluang terjadinya kebakaran lahan [16].

Praktik-praktik ini menjadi ancaman serius, terutama ketika dilakukan pada lahan yang telah mengalami pengeringan. Kurangnya edukasi dan sistem pemantauan yang tepat mengenai kondisi lahan gambut menambah tantangan dalam pengelolaan lahan secara berkelanjutan. Oleh karena itu, intervensi berupa penyediaan informasi yang komprehensif dan real-time mengenai kondisi air di lahan gambut sangat diperlukan untuk mencegah kebakaran yang lebih luas.

Untuk mengatasi risiko kebakaran lahan gambut yang disebabkan oleh rendahnya tingkat air pada lahan gambut, berbagai upaya telah dilakukan, salah satunya adalah pemanfaatan sumur serapan. Sumur ini berfungsi untuk mengetahui ketinggian air gambut sebagai indikator penting dalam mencegah kebakaran bawah tanah. Namun, metode pengukuran ketinggian air saat ini masih dilakukan secara manual atau konvensional, sehingga kurang efisien dan tidak memberikan data secara real-time.

Oleh karena itu, diperlukan sebuah perangkat otomatis yang mampu mendeteksi ketinggian air secara akurat dan mengirimkan data secara langsung [17]. Perangkat ini menggunakan sensor water level float yang dirancang untuk mendeteksi perubahan ketinggian air di dalam sumur serapan. Untuk pengiriman data, sistem ini menggunakan arsitektur LoRaWAN, yang memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah. Data ketinggian air dikirimkan ke server secara aktual, dan penyajian data di lapangan dapat dilakukan melalui websocket, sehingga pengguna dapat memantau kondisi ketinggian air secara real-time dan tidak melakukan pembakaran lahan jika air pada sumur serapan sedikit.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas penerapan LoRaWAN, Websocket dan pengukuran ketinggian air. Penelitian terkait yang berjudul “Implementasi Teknologi LoRa untuk Monitoring Real-Time Lampu PJU Berbasis Solar Panel” menggunakan LoRa 433 MHz dan mikrokontroler Arduino untuk memantau Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis tenaga surya secara real-time. Alat yang digunakan mencakup sensor tegangan, sensor arus ACS712, dan layar LCD I2C untuk menampilkan data. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pemantauan PJU jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, serta mengurangi biaya operasional PJU [18].

Penelitian selanjutnya berjudul “Prototipe Stasiun Pengukur Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Long Range (LoRa)”. Penelitian ini mengembangkan stasiun pengukur kecepatan dan arah angin secara real-time menggunakan teknologi LoRa untuk transmisi data jarak jauh tanpa memerlukan koneksi internet. Alat yang digunakan mencakup sensor kecepatan angin RK100-02, sensor arah angin RK110-02, modul LoRa RFM95W, dan Arduino Uno. Sistem ini dirancang untuk menyediakan pengukuran yang efisien dan hemat biaya, terutama di daerah terpencil yang sulit dijangkau [19].

Penelitian lain berjudul “Real-Time Bus Arrival Time Estimation API using WebSocket in Microservices Architecture”. Sistem menggunakan API WebSocket untuk memproses data lokasi bus dari GPS smartphone pengemudi, menghitung estimasi waktu kedatangan berdasarkan Google Directions API. Pengujian pada bus Trans Jogja menunjukkan estimasi yang akurat dengan rata-rata perbedaan waktu kurang dari 30 detik dibandingkan waktu kedatangan aktual [20].

Penelitian lain berjudul “Implementation and Testing of WebSocket Protocol in ESP32 Based IoT Systems”. Penelitian ini menggunakan ESP32 sebagai platform hardware utama dalam sistem IoT yang diuji dengan protokol WebSocket. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi pengiriman data secara real-time menggunakan WebSocket dibandingkan dengan metode long-polling. Hasilnya menunjukkan bahwa WebSocket lebih efisien dan andal dalam transfer data real-time, dengan pengurangan beban pada sistem komunikasi client-server dibandingkan metode long-polling [21].

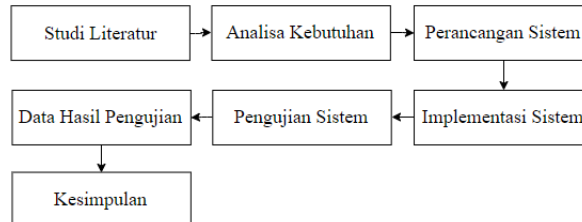
Penelitian terkait lain berjudul “Prototype Monitoring Level Ketinggian Air Pada Bendungan Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Internet of Things (IoT)”. Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik berbasis IoT untuk memantau ketinggian air pada bendungan. Sistem ini terdiri dari NodeMCU ESP32, sensor ultrasonik, buzzer, relay, dan LED. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jika ketinggian air di bawah 2 meter, lampu hijau menyala sebagai indikator aman. Jika melebihi 2 meter, lampu kuning menyala sebagai tanda waspada, dan jika mencapai 4 meter, lampu merah menyala serta buzzer berbunyi sebagai peringatan bahaya, data ketinggian air dikirimkan ke website sehingga dapat diakses oleh pengguna secara real-time [22].

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, dikembangkan sebuah sistem monitoring ketinggian air sumur resapan menggunakan sensor water float level dengan memanfaatkan arsitektur LoRaWAN. Arsitektur ini memungkinkan transmisi data jarak jauh di lokasi yang sulit dijangkau oleh jaringan konvensional. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan WebSocket untuk menampilkan data ketinggian air secara real-time, serta menggunakan server lokal untuk menyimpan data.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Bagian metode penelitian ini disusun dalam beberapa tahapan yang sistematis untuk memudahkan pelaksanaan penelitian dan menjaga konsistensi di setiap langkah proses penelitian. Tahapan-tahapan ini dirancang dengan cermat agar setiap langkah dapat dilakukan secara terstruktur dan terencana. Untuk memberikan gambaran yang jelas tentang urutan dan hubungan antar tahapan tersebut, penyajian tahapan-tahapan ini dilakukan dalam bentuk bagan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pada Gambar 1, tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur, yang bertujuan untuk mencari referensi terkait pengukuran ketinggian air, pemanfaatan LoRa pada ESP32, serta penggunaan WebSocket dalam sistem monitoring ketinggian air pada sumur serapan di lahan gambut. Setelah itu, dilakukan analisis kebutuhan, mencakup perencanaan jumlah node yang diperlukan, komponen ESP32 dan LoRa yang akan digunakan, serta jumlah sensor yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

Tahapan selanjutnya adalah perancangan sistem, yang mencakup perancangan perangkat dan arsitektur sistem WebSocket serta server lokal sebelum implementasi. Setelah rancangan selesai, dilakukan implementasi sistem, di mana sistem monitoring ketinggian air pada sumur serapan di lahan gambut dipasang dan diuji coba. Setelah implementasi, dilakukan pengujian sistem di sumur serapan untuk mengukur efektivitas sistem monitoring dalam lingkungan nyata. Hasil pengujian ini kemudian diolah dan dianalisis dalam tahapan data hasil pengujian. Berdasarkan analisis tersebut, penelitian ini diakhiri dengan kesimpulan dari sistem yang telah diuji.

2.2 Alat dan Bahan

Pada tahap analisis kebutuhan sistem, ditemukan beberapa poin kritis yang menjadi dasar dalam merancang sistem secara menyeluruh. Salah satu poin penting adalah pemilihan perangkat sensor yang akan digunakan dalam komponen Internet of Things (IoT) pada sistem ini. Dalam penelitian ini, digunakan sensor water float level untuk mengukur ketinggian air pada sumur resapan. Sensor ini memiliki objek berbentuk cincin yang bergerak ke arah ujung kabel saat permukaan air naik. Jika air belum mencapai objek tersebut, sakelar tetap tertutup dan aliran listrik terjadi; jika objek tersentuh air, sakelar terbuka dan memutus aliran listrik [23]. Adapun sensor water float level dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor Water Float Level

Pada Gambar 2, sensor water float level bekerja dengan cara mendeteksi perubahan posisi cincin pada sensor berdasarkan kondisi ketinggian air. Ketika cincin sensor berada dalam posisi turun, aliran listrik akan terus mengalir, menghasilkan nilai analog sebesar 4095. Sebaliknya, ketika cincin sensor naik akibat peningkatan ketinggian air, aliran listrik akan berkurang, menghasilkan nilai analog kurang dari 4095. Pembacaan nilai analog ini digunakan untuk mendeteksi apakah cincin sensor berada pada posisi naik atau turun. Dalam penelitian ini, digunakan enam sensor water float level yang masing-masing dipasang dengan jarak 20 cm pada sebuah tongkat, sehingga total ketinggian yang dapat diukur mencapai 100 cm atau 1 meter. Titik nol ketinggian air diatur pada sensor paling atas, sedangkan sensor terbawah diatur pada posisi 100 cm. Ketika sensor terbawah aktif, hal ini menandakan bahwa ketinggian air di dalam tanah mencapai 100 cm. Jika semua sensor mendeteksi naiknya air, sistem akan menunjukkan nilai 0 cm, yang menandakan bahwa sumur resapan telah penuh dengan air, terutama pada lahan gambut.

Selain itu, dalam sistem ini digunakan Modul LoRa SX1278 Ra-02 untuk transmisi data ketinggian air sumur resapan melalui gelombang radio frekuensi rendah. Teknologi LoRa (Long Range) memungkinkan pengiriman data pada jarak yang sangat jauh dengan konsumsi daya yang rendah, sehingga ideal digunakan di

lokasi terpencil atau wilayah yang sulit dijangkau oleh jaringan komunikasi konvensional seperti Wi-Fi atau seluler [24]. Adapun modul LoRa SX1278 Ra-02 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Modul LoRa SX1278 Ra-02

Dalam penelitian ini, digunakan tiga perangkat LoRa SX1278 Ra-02, di mana dua di antaranya berfungsi sebagai transmitter yang dilengkapi dengan sensor untuk mengukur ketinggian air pada sumur serapan. Selain itu, terdapat satu perangkat LoRa gateway yang berfungsi sebagai penerima data dari kedua transmitter. Data yang diukur oleh sensor dikirimkan melalui transmitter LoRa dan diterima oleh gateway. Gateway berperan sebagai penerima sekaligus pengolah informasi, yang kemudian menampilkan data di WebSocket dan mengirimkannya ke server lokal menggunakan ESP32. Sistem ini dirancang untuk memastikan proses monitoring dapat berjalan secara optimal, meskipun berada di lokasi dengan keterbatasan infrastruktur jaringan, seperti di area lahan gambut.jaringan.

Sistem ini menggunakan tiga node berbasis ESP32, yang terdiri dari dua node transmitter dan satu node gateway. ESP32 merupakan mikrokontroler yang mengintegrasikan WiFi dan Bluetooth dalam satu chip berukuran kecil, sehingga memungkinkan komunikasi nirkabel yang efisien antar perangkat [25]. Adapun ESP32 dapat dilihat pada Gambar 4.

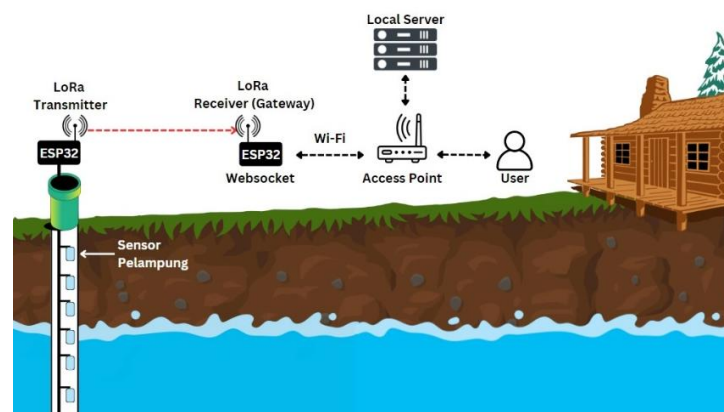


Gambar 4. ESP32

Pada masing-masing node transmitter, dipasang sensor water float level yang berfungsi untuk mengukur ketinggian air pada sumur serapan di lahan gambut. Kedua node transmitter ini bertugas mengirimkan data ketinggian air melalui modul LoRa SX1278 Ra-02, yang memungkinkan transmisi data pada jarak jauh. Node gateway, yang juga dilengkapi dengan modul LoRa SX1278 Ra-02, berperan sebagai penerima data yang dikirim oleh kedua node transmitter. Selain menerima data, node gateway bertugas mengolah informasi tersebut agar dapat ditampilkan secara real-time melalui WebSocket, serta mengirimkan data ke server lokal untuk disimpan dan dikelola lebih lanjut.

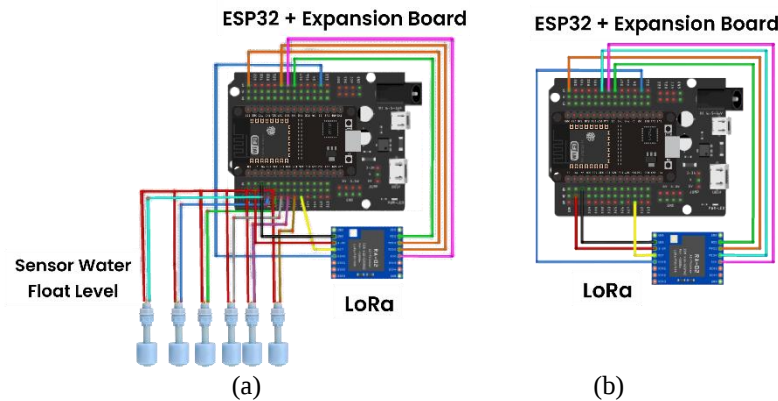
2.3 Perancangan

Pada tahap ini, sistem monitoring ketinggian air pada sumur serapan dirancang menggunakan ESP32, LoRa SX1278 Ra-02, dan sensor Water Float Level. Sistem ini terdiri dari tiga node ESP32, di mana dua di antaranya berfungsi sebagai node transmitter, yang masing-masing dilengkapi dengan enam sensor Water Float Level untuk mengukur ketinggian air. Node-node transmitter ini mengirimkan data ketinggian air melalui jaringan LoRa ke node gateway, yang berperan sebagai penerima dan pengolah data. Adapun deskripsi sistem monitoring ketinggian air pada sumur serapan di lahan gambut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Deskripsi Sistem

Pada Gambar 5, sensor pelampung atau water float level dipasang pada sebuah tiang dengan jarak antar sensor 20 cm untuk mengukur ketinggian air sumur sedalam 1 meter. Jika sensor terbawah aktif, ketinggian air mencapai 100 cm, sedangkan jika semua sensor aktif dari bawah ke atas, ketinggian menunjukkan 0 cm, yang menandakan volume air sumur serapan yang tinggi. Setiap node transmitter dilengkapi dengan modul LoRa SX1278 Ra-02 untuk mengirimkan data dari lokasi yang sulit dijangkau jaringan. Satu node gateway berfungsi sebagai penerima data dari node transmitter, juga menggunakan modul LoRa SX1278 Ra-02. Node gateway ini dilengkapi dengan websocket yang memungkinkan pemantauan data ketinggian air secara real-time. Selain itu, node gateway mengirimkan data ke server lokal untuk penyimpanan jangka panjang dan analisis lebih lanjut terkait ketinggian air pada sumur serapan di lahan gambut. Adapun perancangan node transmitter dan node gateway dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perancangan Node Transmitter (a) dan Node Gateway (b)

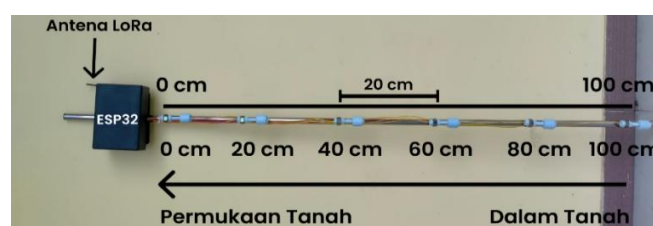
Pada Gambar 6, terlihat perbedaan antara node transmitter (a) dan node gateway (b). Pada node transmitter, dipasang enam sensor pelampung (water float level) yang berfungsi untuk mengukur ketinggian air. Sementara itu, node gateway hanya berperan sebagai penerima dan pengolah data yang dikirim oleh node transmitter, sehingga tidak dilengkapi dengan sensor. Masing-masing node, baik transmitter maupun gateway, dilengkapi dengan expansion board dan modul LoRa untuk memungkinkan transmisi data jarak jauh secara nirkabel.

Pengiriman data dari setiap node transmitter ke node gateway dilakukan secara bergantian, memastikan tidak terjadi interferensi antara node. Penggunaan modul LoRa memungkinkan transmisi data di wilayah yang sulit dijangkau oleh infrastruktur komunikasi konvensional. Dengan ini, sistem mampu mentransfer data secara andal meskipun berada di area dengan keterbatasan jaringan, sehingga informasi ketinggian air pada sumur serapan lahan gambut dapat diterima dan diproses di node gateway secara efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi

Pada sistem monitoring ketinggian air di sumur serapan lahan gambut, implementasi terdiri dari dua node transmitter yang masing-masing dilengkapi powerbank sebagai sumber daya dan enam sensor water float level yang dipasang pada tiang atau tongkat. Setiap sensor pelampung dipasang dengan jarak antar pelampung sebesar 20 cm. Titik nol berada di bagian paling atas, yang menunjukkan bahwa ketinggian air telah mencapai permukaan tanah, sementara titik terendah terletak pada kedalaman 100 cm di bawah tanah, menandakan sedikitnya air di dalam tanah. Ketika salah satu pelampung, dimulai dari posisi terendah, bergerak naik, nilai sensor akan menandakan 100 cm yang merupakan nilai awal, jika pelampung kedua naik, maka nilai sensor akan berkurang 20 cm sehingga ketinggian air menjadi 80 cm. Sistem ini berfungsi untuk memantau ketinggian air secara akurat berdasarkan posisi pelampung. Implementasi sistem monitoring pada node transmitter ditunjukkan pada Gambar 7, yang menggambarkan pengaturan perangkat keras dan sensor pada node. Sedangkan, implementasi di lapangan, yang menunjukkan pemasangan perangkat monitoring pada sumur serapan di lahan gambut, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Implementasi Sistem Monitoring pada Node Transmitter



Gambar 8. Implementasi Sistem Monitoring di Sumur Serapan Lahan Gambut

Setiap node transmitter menggunakan modul LoRa SX1278 Ra-02 untuk memungkinkan pengiriman data pada lokasi yang sulit dijangkau oleh perangkat jaringan konvensional. Data dari sensor yang dikirim oleh node transmitter diterima oleh node gateway, yang juga dilengkapi dengan powerbank dan modul LoRa SX1278 Ra-02. Pada node gateway, dipasang WebSocket untuk memantau kondisi air di kedua sumur serapan secara real-time. WebSocket memungkinkan pengiriman data secara terus-menerus sehingga perubahan ketinggian air dapat dipantau tanpa jeda. Selain itu, data yang diterima oleh node gateway juga diteruskan ke server lokal untuk keperluan penyimpanan dan pengelolaan data lebih lanjut. Dengan demikian, sistem tidak hanya memberikan pemantauan secara langsung, tetapi juga menyediakan riwayat data ketinggian air yang dapat dianalisis untuk tujuan pemeliharaan dan pencegahan risiko kebakaran lahan gambut. Adapun implementasi sistem monitoring pada node gateway dapat dilihat pada Gambar 9.



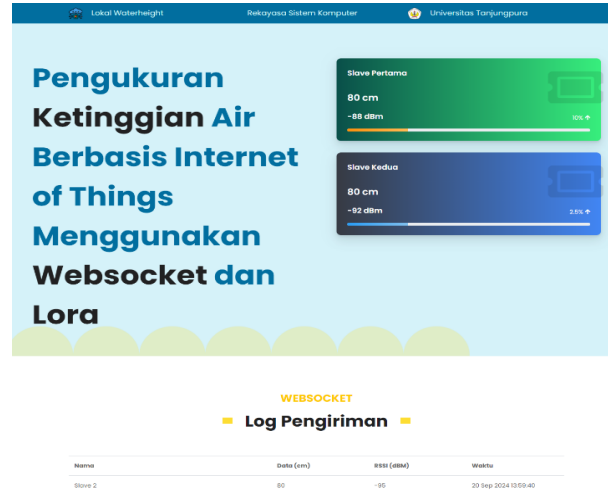
Gambar 9. Implementasi Sistem Monitoring pada Node Gateway

Data pada WebSocket dapat diakses dengan menghubungkan perangkat ke jaringan WiFi yang sama dengan node gateway. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi air di kedua sumur serapan secara real-time melalui perangkat yang terhubung ke jaringan. Adapun tampilan halaman WebSocket pada node gateway dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Halaman WebSocket pada Node Gateway

Pengguna juga dapat mengakses server lokal yang menampilkan data lengkap mengenai ketinggian air pada kedua sumur serapan dari waktu ke waktu. Server lokal ini berfungsi sebagai pusat penyimpanan dan pengelolaan data, memungkinkan pengguna untuk melihat riwayat perubahan ketinggian air secara komprehensif. Tampilan halaman web pada server lokal yang menampilkan data tersebut dapat dilihat pada Gambar 11.

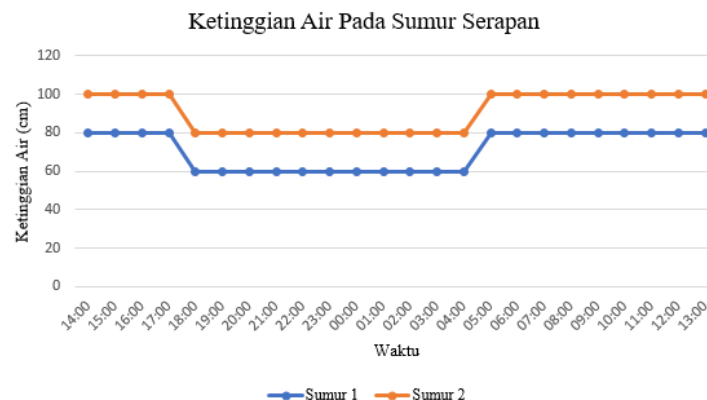


Gambar 11. Tampilan Halaman Web pada Server Lokal

Pada Gambar 11, ditampilkan antarmuka halaman web pada server lokal yang berfungsi untuk menampilkan data monitoring. Halaman ini memuat informasi mengenai ketinggian air pada sumur serapan di lahan gambut, serta data RSSI (Received Signal Strength Indicator) yang menunjukkan kekuatan sinyal dari waktu ke waktu. Dengan tampilan ini, pengguna dapat memantau perubahan ketinggian air dan kualitas sinyal, yang membantu memastikan efektivitas sistem monitoring, khususnya di area yang memiliki keterbatasan infrastruktur jaringan.

3.2 Hasil Pengujian

Dalam skema pengujian, pembacaan sensor water float level dilakukan secara analog dengan mekanisme pengulangan sebanyak 5 kali untuk setiap sensor, dengan jeda 100 ms di antara setiap pembacaan. Pembacaan analog digunakan untuk mengatasi ketidakstabilan sensor dalam memberikan nilai digital yang akurat. Jika sensor menghasilkan nilai analog sebesar 4095, artinya sensor tidak mendeteksi kenaikan air dan pelampung tidak bergerak. Namun, jika nilai analog yang terbaca kurang dari 4095 sebanyak 5 kali berturut-turut, maka sensor mendeteksi adanya air, dan pelampung akan naik. Akibatnya, nilai ketinggian air yang diukur akan berkurang sebesar 20 cm dari nilai awal 100 cm, sesuai dengan posisi pelampung. Mekanisme ini dirancang untuk memastikan keakuratan pembacaan sensor dengan memanfaatkan pendekatan analog guna memperoleh hasil yang lebih stabil dan relevan dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Adapun hasil pengujian sensor water float level dalam mengukur ketinggian air sumur serapan di lahan gambut selama 24 jam dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Pengujian Sensor Water Float Level dalam Mengukur Ketinggian Air Sumur Serapan

Pada Gambar 12, grafik menunjukkan hasil pengukuran ketinggian air pada dua sumur serapan (Sumur 1 dan Sumur 2) yang diukur menggunakan sensor water float level yang dipasang pada kedalaman 20 cm dengan enam titik sensor sepanjang kedalaman 100 cm (0 cm permukaan tanah). Perbedaan ketinggian air antara kedua sumur terlihat jelas, di mana Sumur 1 secara konsisten menunjukkan ketinggian air yang lebih rendah dibandingkan Sumur 2. Hal ini disebabkan oleh perbedaan karakteristik lahan, khususnya pada permukaan tanah gambut yang berbeda di sekitar kedua sumur tersebut. Selain itu, grafik memperlihatkan adanya kenaikan ketinggian air pada kedua sumur selama malam hari hingga menjelang subuh, sebelum akhirnya stabil kembali pada siang hari. Kenaikan ini menunjukkan adanya fluktuasi air tanah di sumur selama periode waktu tertentu.

Pada pengujian kekuatan sinyal modul LoRa SX1278 Ra-02, dilakukan pengukuran parameter RSSI (Received Signal Strength Indicator) dalam dua kondisi: Line of Sight (LoS) dan Non-Line of Sight (NLoS). Node

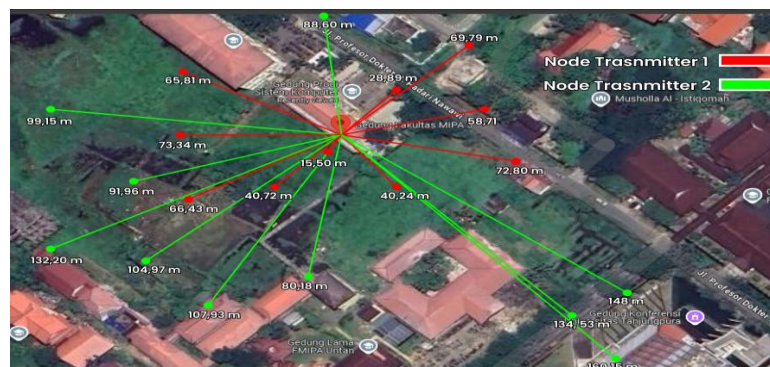
transmitter mengirimkan data ke node gateway dengan interval 2 detik secara bergantian. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur variasi kekuatan sinyal dalam kondisi berbeda guna memahami performa LoRa. Adapun hasil pengujian kekuatan sinyal LoRa oleh node transmitter dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekuatan Sinyal LoRa Node Transmitter

Node	Jarak (m)	RSSI (dBm)	Kondisi Halangan
Transmitter 1	15,5	-63	LoS
Transmitter 1	28,89	-91	LoS
Transmitter 1	40,24	-74	LoS
Transmitter 1	40,72	-75	LoS
Transmitter 1	58,71	-79	NLoS
Transmitter 1	65,81	-86	LoS
Transmitter 1	66,43	-98	LoS
Transmitter 1	69,79	-83	NLoS
Transmitter 1	72,8	-95	NLoS
Transmitter 1	73,34	-101	LoS
Transmitter 2	80,18	-109	LoS
Transmitter 2	88,60	-98	NLoS
Transmitter 2	91,96	-102	LoS
Transmitter 2	99,15	-103	LoS
Transmitter 2	104,97	-104	LoS
Transmitter 2	107,93	-106	LoS
Transmitter 2	132,2	-104	LoS
Transmitter 2	134,53	-108	NLoS
Transmitter 2	148	-110	NLoS
Transmitter 2	160,15	-106	NLoS

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian node transmitter satu dan dua menunjukkan hubungan antara jarak transmisi dan kekuatan sinyal (RSSI) dalam dua kondisi, yaitu Line of Sight (LoS) dan Non-Line of Sight (NLoS). Pada Transmitter 1, terlihat bahwa pada jarak 15,5 m dengan kondisi LoS, sinyal yang diterima masih cukup kuat dengan nilai RSSI sebesar -63 dBm. Namun, saat jarak meningkat hingga 73,34 m, meskipun kondisi tetap LoS, nilai RSSI menurun drastis hingga -101 dBm, menunjukkan degradasi sinyal yang signifikan dengan bertambahnya jarak. Sinyal yang diterima di kondisi NLoS juga menunjukkan penurunan kualitas. Pada jarak 58,71 m dengan kondisi NLoS, nilai RSSI adalah -79 dBm, sementara pada jarak yang lebih jauh, seperti 72,8 m, RSSI turun menjadi -95 dBm. Hal ini menunjukkan bahwa halangan fisik memperburuk kualitas sinyal, terutama pada jarak yang lebih jauh.

Pengujian pada Transmitter 2 menghasilkan pola yang serupa. Pada jarak 80,18 m dengan kondisi LoS, RSSI tercatat -109 dBm, dan terus menurun hingga -110 dBm pada jarak 148 m dalam kondisi NLoS. Kondisi NLoS menunjukkan penurunan yang lebih signifikan dibandingkan dengan LoS pada jarak yang hampir sama, mengindikasikan bahwa halangan fisik memiliki pengaruh besar terhadap transmisi sinyal. Pada jarak 134,53 m dengan NLoS, RSSI mencapai -108 dBm, dibandingkan dengan jarak 132,2 m di LoS dengan RSSI -104 dBm. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sinyal dari kedua node transmitter mengalami degradasi yang signifikan dengan bertambahnya jarak, khususnya dalam kondisi NLoS. Adapun peta pengujian pada node transmitter dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Peta Pengujian Node Transmitter

Dalam pengujian kekuatan sinyal LoRa SX1278 Ra-02 yang dilakukan untuk mengukur kinerja transmisi data antara node transmitter dan node gateway, ditemukan bahwa jarak dan kondisi lingkungan berperan signifikan dalam memengaruhi nilai Received Signal Strength Indicator (RSSI). Pada kondisi Line of Sight (LoS), nilai RSSI

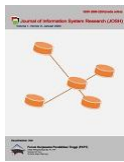
menunjukkan penurunan yang konsisten seiring dengan bertambahnya jarak. Pada jarak dekat, seperti 15,5 m, nilai RSSI tercatat sebesar -63 dBm, sementara pada jarak yang lebih jauh, seperti 160,15 m, nilai RSSI menurun hingga -106 dBm. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin jauh jarak transmisi, sinyal mengalami redaman yang lebih besar. Pada kondisi Non-Line of Sight (NLoS), nilai RSSI menunjukkan pola yang lebih bervariasi dan lebih lemah dibandingkan kondisi LoS, terutama di jarak yang lebih jauh. Pada jarak 148 m, nilai RSSI mencapai -110 dBm, yang jauh lebih lemah dibandingkan jarak serupa pada kondisi LoS. Hambatan fisik, seperti bangunan atau vegetasi, menyebabkan sinyal mengalami penurunan yang lebih signifikan pada kondisi NLoS. Hasil ini menegaskan bahwa pengaruh jarak dan kondisi lingkungan fisik sangat penting dalam menentukan kekuatan sinyal LoRa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, sensor water float level yang digunakan dalam sistem pemantauan ketinggian air sumur serapan menunjukkan kinerja yang akurat dan konsisten. Sensor ini mampu mendeteksi perubahan ketinggian air secara real-time pada kedalaman hingga 100 cm, dengan setiap sensor mewakili perubahan ketinggian 20 cm. Pembacaan sensor memberikan hasil yang stabil dan dapat diandalkan, memungkinkan pemantauan kondisi lahan gambut secara akurat. Data dari sensor dikirimkan ke node gateway menggunakan teknologi LoRa, dan hasilnya dapat diakses secara langsung melalui WebSocket, memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memantau kondisi air di lapangan secara real-time. Selain itu, teknologi LoRa SX1278 Ra-02 menunjukkan kemampuan yang baik dalam transmisi data jarak jauh. Pada kondisi Line of Sight (LoS), sinyal tetap kuat meskipun jarak semakin bertambah, dengan nilai RSSI terbaik sebesar -63 dBm pada jarak 15,5 m dan nilai terendah sebesar -106 dBm pada jarak 112,53 m. Namun, pada kondisi Non-Line of Sight (NLoS), redaman sinyal paling lemah, dengan nilai RSSI mencapai -110 dBm pada jarak 148 m. Meskipun ada penurunan kekuatan sinyal pada kondisi NLoS, modul LoRa SX1278 Ra-02 tetap mampu mengirimkan data, sehingga ideal untuk digunakan di lokasi terpencil atau area dengan keterbatasan infrastruktur jaringan konvensional. Dengan demikian, integrasi antara sensor water float level dan teknologi LoRa dalam sistem ini terbukti efektif untuk aplikasi Internet of Things (IoT), terutama dalam pemantauan ketinggian air pada lahan gambut secara real-time dan jarak jauh, yang berpotensi menjadi alat penting dalam upaya pencegahan kebakaran lahan gambut.

REFERENCES

- [1] H. Purnomo, D. Puspitaloka, B. Junandi, L. Juniyanti, dan I. W. S. Dharmawan, *Pembelajaran dari Aksi Restorasi Gambut Berbasis Masyarakat di Indonesia dan Asia Tenggara*. Bogor: Pusat Penelitian Kehutanan Internasional (CIFOR), 2023. doi: 10.17528/cifor/008968.
- [2] W. A. Rahman, Hardianto, dan B. Santoso, *Pedoman Praktis Menanggulangi Dampak Kebakaran Hutan dan Lahan Terhadap Kesehatan Lingkungan*. 2019.
- [3] D. Arisanty dkk., *Geografi Ekonomi: Kajian pada Lingkungan Lahan Basah*. Media Nusa Creative, 2024.
- [4] J. Alphama, F. Rianawati, dan A. A. Rezekiah, "Peran Serta Masyarakat dalam Upaya Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran Lahan Gambut di Jalan Sukamaju Kelurahan Landasan Ulin Utara Kota Banjarbaru," *Jurnal Sylva Scientiae*, vol. 02, no. 5, 2019.
- [5] G. E. Tavita, A. M. Ashari, R. Linda, D. Lestari, dan B. Kurniadi, "Sosialisasi dan Edukasi Pencegahan Dini Resiko Kebakaran Lahan Gambut di Musim Kemarau kepada Masyarakat Desa Kapur," *Lumbung Inovasi: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 7, no. 4, hlm. 649–654, Des 2022, doi: 10.36312/linov.v7i4.969.
- [6] L. Handayani, C. Aprilia, dan O. Irawan, "Analisis Anomali Pola Curah Hujan Bulanan Tahun 2019 dan Tahun 2020 Serta Kaitannya dengan Distribusi Titik Panas di Kabupaten Muaro Jambi," vol. 9, no. 1, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://psl.noaa.gov/enso/data.html>.
- [7] F. I. Rahmad, Yusfrizal, L. Tanti, dan B. Triandi, "Wireless Sensor Network Sebagai Penentu Lokasi Kebakaran Hutan," *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, vol. 2, no. 3, hlm. 138–144, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/tin>
- [8] W. Setiawan, A. E. Meliala, dan A. Siahaan, *Aksara Presisi Membangun POLRI*. 2021.
- [9] R. S. Pirngadi, "Sosialisasi Pengelolaan Lahan Gambut Dalam Kegiatan Usaha Tani Berkelanjutan di SMK Negeri 1 Rundeng," *RESWARA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 3, no. 2, hlm. 713–721, Jul 2022, doi: 10.46576/rjpk.v3i2.1968.
- [10] F. K. Rizky dan Suhaidi, *Pertanggungjawaban Negara Terhadap Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia: Dampak Timbulnya Kabut Asap yang Melintasi Batas Negara Dalam Kerangka Kesepakatan ASEAN*. Merdeka Kreasi Group, 2023.
- [11] O. Febiola, S. Sutikno, dan L. Darmayanti, "Analisis Indeks Kekeringan Meteorologis dan Karakteristik Kebakaran Lahan Gambut Kabupaten Tanjung Jabung Timur," *SAINSTEK*, vol. 12, no. 1, 2024, doi: 10.35583/js.v12i1.174.
- [12] H. Herawati, Kartini, A. A. Akbar, dan T. Abdurrahman, "Sosialisasi Upaya Pembasahan Lahan Gambut dengan Pembangunan Sumur Bor Secara Partisipatif," *SELAPARANG. Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, vol. 4, no. 1, hlm. 455–459, 2020, doi: 10.31764/jpmb.v4i1.3252.
- [13] D. P. Agustin dan T. Aprilia, "Dampak Psikologis dan Faktor-Faktor Penyebab Kebakaran Lahan Individu di Kabupaten Banyuasin," *Psikis Jurnal Psikologi Islami*, hlm. 2–8, 2024.



- [14] M. E. Krithy dkk., “Meningkatnya Kesadaran Masyarakat Terhadap Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut Setiap Tahunnya,” *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Media Ganesha FHIS*, vol. 2, no. 2, hlm. 82–91, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal2.undiksha.ac.id/index.php/p2mfhis/about>
- [15] R. Permanakusumah, U. E. Suryadi, dan N. Kusriani, “Strategi Pencegahan Kebakaran Lahan Gambut pada Kesatuan Hidrologis Gambut Sungai Ambawang-Sungai Kubu Provinsi Kalimantan Barat,” *Jurnal Borneo Akcaya*, vol. 8, no. 1, hlm. 21–34, 2022.
- [16] R. Kumalawati, D. Anjarini, dan Elisabeth, “Penyebab Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut di Kabupaten Barito Kuala Provinsi Kalimantan Selatan,” *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Sosial, Lingkungan dan Tata Ruang: Manajemen Bencana di Era Revolusi Industri*, vol. 5, hlm. 263–275, 2019.
- [17] R. Jalaludin dan D. Laksmiati, “Perancangan Sistem Kendali Irigasi Otomatis dan Pengusir Hama Burung Dengan Menggunakan Sensor PIR,” *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, vol. 6, no. 2, hlm. 122–134, Sep 2023, doi: 10.38043/telsinas.v6i2.4565.
- [18] S. Sujono, Moh. A. A. Widya, dan Z. N. C. Putri, “Implementasi Teknologi LoRa untuk Monitoring Real-Time Lampu PJU Berbasis Solar Panel,” *Modem : Jurnal Informatika dan Sains Teknologi.*, vol. 2, no. 3, hlm. 174–183, Jul 2024, doi: 10.62951/modem.v2i3.166.
- [19] D. G. Agam, M. R. Hakim, A. Kusdinar, dan I. Salim, “Prototipe Stasiun Pengukur Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Long Range (LoRa),” *Jurnal Megaptera*, vol. 2, no. 2, hlm. 61–68, Jul 2024, doi: 10.15578/jmtr.v2i2.14312.
- [20] K. A. Nugraha, “Real-Time Bus Arrival Time Estimation API using WebSocket in Microservices Architecture,” *Int J Adv Sci Eng Inf Technol*, vol. 13, no. 3, hlm. 1018–1024, 2023, doi: 10.18517/ijaseit.13.3.18116.
- [21] N. Mitrović, M. Đorđević, S. Veljković, dan D. Danković, “Implementation and Testing of WebSocket Protocol in ESP32 Based IoT Systems,” *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, vol. 36, no. 2, hlm. 267–284, 2023, doi: 10.2298/FUEE2302267M.
- [22] M. Syarif, K. Ardiyanto, R. M. Akbar, dan Pramono, “Prototype Monitoring Level Ketinggian Air Pada Bendungan Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Internet of Things (IoT),” *LOGIC : Jurnal Ilmu Komputer dan Pendidikan*, vol. 2, no. 3, hlm. 540–547, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/logic>
- [23] F. Jan, N. Min-Allah, S. Saeed, S. Z. Iqbal, dan R. Ahmed, “IoT-Based Solutions to Monitor Water Level, Leakage, and Motor Control for Smart Water Tanks,” 1 Februari 2022, MDPI. doi: 10.3390/w14030309.
- [24] F. N. Aroeboesman, M. H. H. Ichsan, dan R. Pramananda, “Analisis Kinerja LoRa SX1278 Menggunakan Topologi Star Berdasarkan Jarak dan Besar Data Pada WSN,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 4, hlm. 3860–3865, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [25] F. M. Rosidi, “Implementasi Sistem Telemedicine untuk Monitoring Detak Jantung Berbasis Sensor AD8232,” *SinarFe7*, vol. 4, no. 1, 2021.