SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika

https://ejurnal.itats.ac.id/snestik dan https://snestik.itats.ac.id

Informasi Pelaksanaan :
SNESTIK IV - Surabaya, 27 April 2024
Ruang Seminar Gedung A, Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:
DOI : 10.31284/p.snestik.2024.5886

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

Pengembangan Sistem Pemantauan Kualitas Air Sumur secara Real-Time menggunakan Teknologi LoRaWAN Gateway

Moh. Sofyan Hadi Solihin, Aswin Rosadi, Ashr Hafiizh Tantri

Universitas Muhammadiyah Surabaya

e-mail: mohsofyanhadisolihin@gmail.com

ABSTRACT

Meeting the need for well water that is suitable for drinking is important for coastal communities to maintain their health. However, the results of field surveys in several villages in Sumenep Regency showed that most well water did not meet drinking water quality standards. Based on data from the Sumenep District Health Office, about 90% of well water samples contain lead levels that exceed the safe limit set by WHO. Lead is a toxic heavy metal that can cause digestive tract disorders and kidney damage if consumed in the long term. To overcome this problem, regular and accurate water quality monitoring efforts are needed. However, conventional methods require considerable time and cost. Internet of Things (IoT) technology, particularly LoRaWAN networks, can be an effective solution for remote monitoring. Therefore, this study aims to design a real-time well water quality monitoring system using LoRaWAN technology. The system is designed to monitor key parameters of water quality, such as pH, TDS, turbidity, and temperature. Preliminary measurement results showed that the average pH of well water in Ambunten village reached 7.1 with an average TDS of 350 ppm, above the safe threshold according to WHO guidelines. The system is capable of transmitting data of four parameters simultaneously with a tolerance of less than 5%. It is hoped that these results can increase public awareness of the importance of consuming clean water and provide recommendations to the government in managing local water resources.

Keywords: *Clean Water, Cloud server, Gateway, LoRaWAN, Real Time, Well Water Content Monitoring,*

ABSTRAK

Memenuhi kebutuhan akan air sumur yang layak untuk diminum menjadi penting bagi masyarakat pesisir agar kesehatan mereka terjaga. Namun, hasil survei lapangan di beberapa desa di Kabupaten Sumenep menunjukkan bahwa sebagian besar air sumur tidak memenuhi standar kualitas air minum. Berdasarkan data Dinas Kesehatan Kabupaten Sumenep, sekitar 90% sampel air sumur mengandung tingkat timah yang melebihi batas aman yang ditetapkan oleh WHO. Timah adalah logam berat beracun yang dapat menyebabkan gangguan saluran pencernaan dan kerusakan ginjal jika dikonsumsi dalam jangka panjang. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan upaya pemantauan kualitas air secara berkala dan akurat. Namun, metode konvensional membutuhkan waktu dan biaya yang besar. Teknologi Internet of Things (IoT), khususnya jaringan LoRaWAN, dapat menjadi solusi yang efektif untuk pemantauan jarak jauh. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan kualitas air sumur secara real-time menggunakan teknologi LoRaWAN. Sistem ini dirancang untuk memantau parameter-parameter utama kualitas air, seperti pH, TDS, kekeruhan, dan suhu. Hasil pengukuran awal menunjukkan bahwa rata-rata pH air sumur di desa Ambunten mencapai 7,1 dengan rata-rata TDS 350 ppm, di atas ambang batas aman menurut pedoman WHO. Sistem ini mampu mengirimkan data empat parameter secara simultan dengan toleransi kurang dari 5%. Diharapkan hasil ini dapat meningkatkan kesadaran publik akan pentingnya mengkonsumsi air bersih dan memberikan rekomendasi kepada pemerintah dalam mengelola sumber daya air setempat.

Kata kunci: Air Bersih, Cloud server, Gateway, Real Time, LoRaWAN, Pemantauan Kadar Air Sumur,

1. PENDAHULUAN

Kualitas air minum yang aman dan layak menjadi kebutuhan pokok tak tergantikan bagi kelangsungan hidup manusia [1]. Hal ini diperkuat oleh temuan dari Dinas Kesehatan Kabupaten Sumenep, Madura, yang mengindikasikan bahwa 90% air sumur di Sumenep mengandung zat kapur dan zat besi, yang berpotensi membahayakan kesehatan masyarakat terutama pada penyakit ginjal. Oleh karena itu, pemantauan kualitas air secara real-time terutama di daerah pesisir, menjadi krusial untuk memastikan air yang dikonsumsi aman dan layak bagi kesehatan manusia [2].

Kualitas air merupakan hasil dari beragam sifat fisik, kimia, dan biologi yang membentuk komposisi air tersebut. Pemantauan rutin terhadap parameter-parameter ini sangat penting untuk memastikan keamanan air minum dan kelangsungan hidup manusia [3], [4]. Sistem pemantauan kualitas air memainkan peran penting dalam menjaga keberlanjutan sumber daya air dengan mendeteksi perubahan parameter air secara real-time dan mengambil langkah-langkah yang tepat untuk menjaga kualitas air [5].

Pengembangan teknologi Internet of Things (IoT), khususnya teknologi LoRaWAN, memberikan solusi untuk pemantauan jarak jauh secara efisien [6]. Dengan menggunakan sensor dan perangkat mikrokontroler yang sesuai, teknologi ini memungkinkan pengumpulan data secara real-time dan pengiriman informasi ke server cloud untuk analisis lebih lanjut. Jaringan LoRaWAN dengan keandalan dan jangkauan yang luas menjadi pilihan yang tepat untuk implementasi sistem pemantauan kualitas air [7], [8].

Dalam konteks Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan sistem pemantauan kualitas air sumur secara real-time dengan menggunakan teknologi LoRaWAN Gateway [9]. Sistem ini akan dilengkapi dengan sensor untuk mengukur parameter-parameter kualitas air seperti pH, TDS, kekeruhan, dan suhu, serta mengirimkan data secara langsung ke server cloud melalui jaringan LoRaWAN [2]. Harapannya, ini akan membantu masyarakat dan pemerintah dalam pengelolaan air bersih secara lebih efektif dan bijak. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang sistem pemantauan kualitas air sumur secara real-time di daerah pesisir untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kualitas air. Dengan

demikian, diharapkan bahwa langkah ini dapat meningkatkan akses masyarakat terhadap air bersih yang aman dan sehat, serta mendorong tindakan berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya air [1].

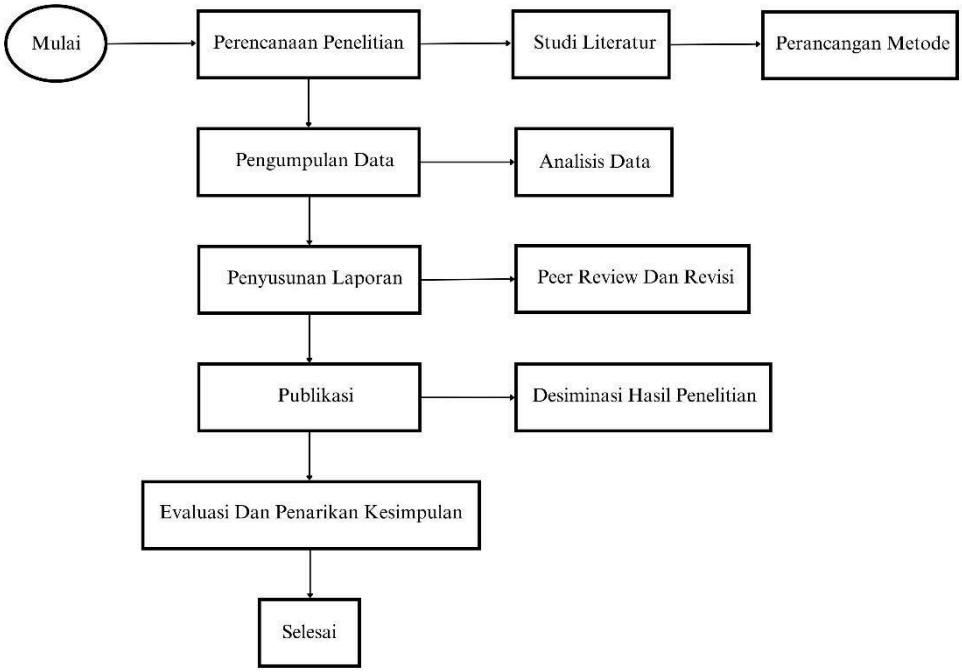
Dimana pada penelitian sebelumnya belum ada sistem sejenis yang dapat dijalankan secara efektif di wilayah tersebut karena masalah jaringan dan pasokan energi yang terbatas. Selain itu, penelitian sebelumnya juga belum mencakup penggunaan dashboard web dan aplikasi seluler dalam sistem, serta belum divalidasi dengan menggunakan instrumen laboratorium [2], [10].

Penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi berupa pengembangan sistem yang efisien dalam mendeteksi kadar air sumur secara real-time [2]. Dengan menggabungkan teknologi LoRaWAN Gateway dan sensor kualitas air, sistem ini diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat dan dapat dipercaya kepada pengguna.

2. METODE

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah model pemantauan kualitas air sumur di daerah pesisir, terutama di wilayah Sumenep, Madura, di mana teknologi untuk mendeteksi ketersediaan air sumur masih terbatas. Model penelitian ini melibatkan beberapa langkah kunci, termasuk tahapan penelitian dan arsitektur sistem yang terdiri dari :



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.2 Arsitektur Sistem Penelitian

Berikut adalah penjelasan tambahan mengenai struktur sistem pemantauan kualitas air sumur secara real-time menggunakan teknologi LoRaWAN Gateway yang dikembangkan dalam penelitian ini:

Komponen sistem terdiri dari:

1. Sensor : Sensor pH, TDS, turbiditas, dan suhu digunakan untuk mengukur parameter kualitas air.

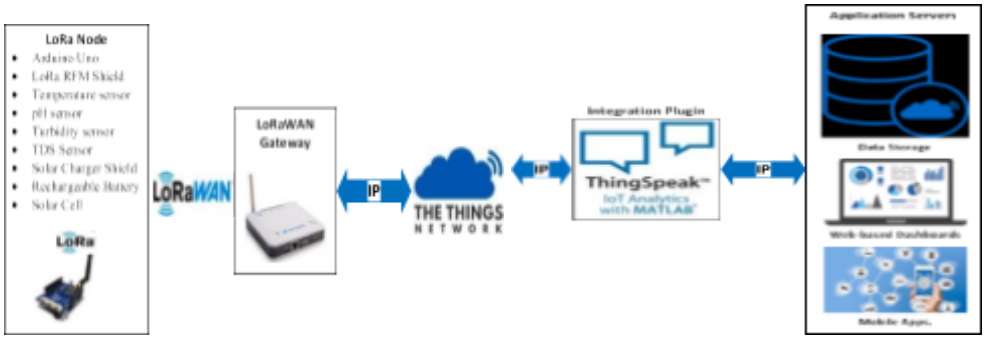
2. Node Sensor : Menggunakan Arduino UNO sebagai mikrokontroler untuk memproses data sensor. Dilengkapi dengan modul LoRa untuk komunikasi nirkabel jarak jauh.

3. LoRaWAN Gateway : Berfungsi menerima data dari node sensor melalui jaringan LoRa dan mengirimkannya ke server cloud.

4. Server Cloud : Memanfaatkan platform Thingspeak untuk menyimpan, menganalisis data, dan menampilkan hasil pemantauan.

5. Antarmuka Pengguna : Menggunakan aplikasi seluler ThingView untuk mengakses hasil pemantauan secara real-time.

Node sensor akan mengumpulkan data dari sensor, mengkodekannya, dan mengirimkannya ke Gateway LoRaWAN. Gateway kemudian akan menyampaikan data dari node sensor ke server cloud untuk disimpan dan diproses. Hasil pemantauan dapat diakses melalui antarmuka pengguna berupa aplikasi seluler, memudahkan masyarakat dalam memantau kualitas air secara real-time. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat memberikan informasi kualitas air secara real-time dan mendukung pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.



Gambar 2. Arsitektur Sistem

2.2. Jenis Data

1. Data Kualitatif : Data kualitatif diperoleh secara langsung melalui kunjungan ke daerah pesisir Sumenep. Kami melakukan pertemuan tatap muka dengan berbagai pemangku kepentingan, termasuk masyarakat lokal, tokoh adat, petani, nelayan, dan pejabat pemerintah setempat, dengan tujuan mengumpulkan informasi yang relevan tentang kondisi air sumur di wilayah tersebut. Wawancara ini dilakukan untuk memahami pandangan, pengalaman, dan

pengetahuan mereka mengenai kualitas air sumur, serta mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang faktor-faktor yang memengaruhi kualitas air sumur di daerah pesisir Sumenep.

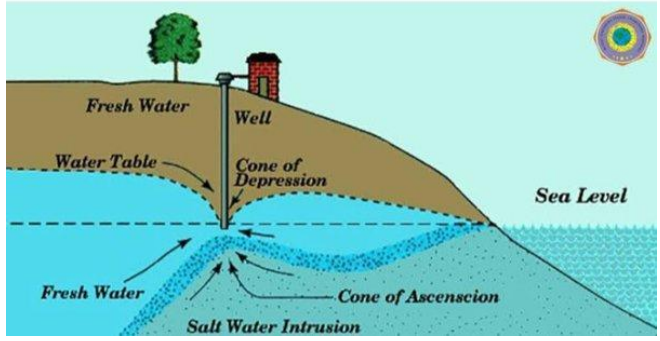
2. Data Kuantitatif : Data kuantitatif diperoleh melalui proses pengukuran langsung parameter kualitas air sumur menggunakan sensor yang terpasang dalam sistem pemantauan yang sedang dikembangkan. Parameter yang diukur meliputi pH, kadar oksigen terlarut (DO), suhu, salinitas, serta konsentrasi zat-zat tertentu seperti logam berat atau bakteri patogen. Data kuantitatif ini digunakan untuk melakukan evaluasi objektif terhadap kualitas air sumur dan memantau perubahan dalam jangka waktu tertentu.

2.3. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Sumenep, terutama di kecamatan Ambunten. Air sumur di daerah ini memiliki kadar pH yang tinggi, yang mengandung banyak partikel yang berpotensi membahayakan kesehatan. Pad gambar di bawah ini menunjukkan contoh air sumur yang sering ditemui di daerah pesisir, serta contoh intrusi air laut di wilayah tersebut.



Gambar 2. Air Sumur



Gambar 3. Intrusi Air Laut

2.4. Pengolahan Awal Data

Pengolahan awal data dalam penelitian pemantauan air sumur secara real-time di desa Ambunten, Sumenep menggunakan metode LoRaWAN Gateway melibatkan serangkaian langkah-langkah persiapan data gambar. Langkah-langkah ini termasuk :

1. Akuisisi Data: Pengumpulan data gambar dari sensor yang dipasang di sumur, memastikan format data sesuai dengan metode pengolahan yang akan digunakan.

2. Preprocessing: Konversi data gambar ke format digital, standarisasi skala, eliminasi noise dan outlier, serta peningkatan jumlah data gambar.

3. Ekstraksi Fitur: Identifikasi fitur-fitur penting dari data gambar yang berkaitan dengan parameter air sumur, menggunakan teknik ekstraksi fitur yang sesuai.

4. Klasifikasi: Klasifikasi data gambar berdasarkan parameter air sumur menggunakan algoritma yang tepat, serta melakukan pelatihan dan validasi model klasifikasi.

5. Visualisasi: Penyajian hasil pengolahan data dalam bentuk grafik, tabel, atau peta untuk mempermudah pemahaman dan analisis data.

Penting untuk menjalankan langkah-langkah ini dengan hati-hati dan memastikan kualitas data serta pemrosesan yang akurat untuk mendapatkan hasil deteksi air sumur yang dapat diandalkan oleh masyarakat.

2.5. Metode Yang Diusulkan

Metode yang diusulkan dalam penelitian ini melibatkan sistem pemantauan kualitas air sumur secara real-time di daerah pesisir menggunakan teknologi LoRaWAN Gateway. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama :

1. Sensor: Sensor dipilih secara hati-hati berdasarkan parameter yang ingin diukur, seperti pH, TDS, kekeruhan, dan suhu, dan disesuaikan dengan kondisi lingkungan di daerah pesisir.

2. Node Sensor: Node sensor menggunakan mikrokontroler untuk memproses data sensor dan mengkodekannya untuk transmisi, memanfaatkan teknologi LoRaWAN untuk komunikasi nirkabel jarak jauh.

3. LoRaWAN Gateway: Gateway ditempatkan secara strategis untuk menerima data dari node sensor dan meneruskannya ke server cloud, memastikan jangkauan komunikasi yang optimal.

4. Server Cloud: Digunakan untuk menyimpan data, menganalisis data, dan menampilkan hasil pemantauan, sementara platform cloud dipilih berdasarkan skalabilitas, keamanan, dan kemudahan penggunaan.

5. Antarmuka Pengguna: Antarmuka web atau aplikasi mobile dirancang untuk menampilkan data kualitas air secara real-time kepada pengguna, dengan tujuan agar mudah digunakan dan dipahami oleh masyarakat.

Penelitian ini mengusulkan sistem pemantauan kualitas air sumur secara real-time di daerah pesisir menggunakan teknologi LoRaWAN. Sistem ini diharapkan dapat membantu baik masyarakat maupun pemerintah dalam mengelola sumber daya air secara berkelanjutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi dalam tingkat kualitas pH air sumur di empat lokasi di Sumenep. Di Kecamatan Ambunten Timur, terdapat banyak tempat air sumur dengan kadar pH yang tinggi, yang dapat membahayakan kesehatan jika masih dikonsumsi. Hasil ini mencerminkan keragaman dalam kualitas kadar air sumur di wilayah pesisir tersebut.

Kecamatan	pH (Range)	TDS (ppm)	Turbidity (NTU)	Temperature (°C)	DO (mg/L)	Conductivity (µS/cm)
Pasongsongan	6.8-7.2	250-350	2.5-3.0	27-29	7.5-8.0	500-600
Dasuk	6.5-7.0	300-400	2.0-2.5	28-30	7.0-7.5	550-650
Slopeng	7.0-7.5	200-300	2.0-2.5	26-28	7.8-8.2	450-550

Ambunten	6.7-7.1	350-450	3.0-3.5	29-31	7.2-7.7	600-700

Penelitian ini mengukur parameter-parameter kualitas air seperti pH, TDS, kekeruhan, suhu, DO, dan konduktivitas di 4 kecamatan di Sumenep. Hasilnya menunjukkan adanya variasi kadar pH air sumur di masing-masing kecamatan.

3.2. Pembahasan Hasil

Pembahasan hasil akan melibatkan analisis data yang telah dikumpulkan dan menjelaskan implikasinya terhadap tujuan penelitian serta kontribusinya terhadap pemahaman masalah yang diteliti. Berikut beberapa poin yang dapat dibahas:

1. Evaluasi Kualitas Air Berdasarkan Parameter yang Diukur: Menganalisis hasil pengukuran parameter kualitas air seperti pH, TDS, kekeruhan, dan suhu di setiap kecamatan di Sumenep, serta membandingkannya dengan standar kualitas air yang telah ditetapkan.
2. Korelasi Antar Parameter Kualitas Air: Meninjau apakah terdapat korelasi antara berbagai parameter kualitas air yang diukur, seperti apakah kenaikan pH berkorelasi dengan peningkatan kekeruhan atau TDS.
3. Interpretasi Terhadap Kesehatan Masyarakat: Mendiskusikan implikasi hasil penelitian terhadap kesehatan masyarakat setempat, seperti dampak dari kadar zat kapur dan zat besi yang tinggi dalam air sumur terhadap kesehatan, terutama terkait dengan penyakit ginjal.
4. Identifikasi Faktor Penyebab Kualitas Air yang Buruk: Mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan peningkatan kadar pH, TDS, kekeruhan, zat kapur, dan zat besi dalam air sumur di beberapa kecamatan, seperti pencemaran lingkungan, intrusi air laut, atau praktek pertanian yang tidak berkelanjutan.
5. Langkah-langkah yang Dapat Diambil: Membahas langkah-langkah yang dapat diambil untuk meningkatkan kualitas air sumur di daerah yang terkena dampak, seperti program pembersihan sumur, penyuluhan kepada masyarakat tentang praktik pertanian yang ramah lingkungan, atau investasi dalam teknologi pemurnian air.
6. Relevansi Temuan dengan Tujuan Penelitian: Meninjau apakah temuan penelitian konsisten dengan tujuan penelitian dan apakah dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kesadaran masyarakat tentang kualitas air dan kesehatan masyarakat setempat.
7. Implikasi Praktis dan Kebijakan: Mendiskusikan implikasi praktis dari temuan penelitian ini bagi pemerintah daerah dan lembaga terkait dalam mengambil kebijakan terkait pengelolaan sumber daya air dan perlindungan kesehatan masyarakat.

3.2.1. Interpretasi Hasil

Dari analisis yang dilakukan, terlihat adanya variasi dalam kualitas air sumur di berbagai kecamatan di Sumenep. Beberapa kecamatan menunjukkan tingkat pH yang lebih tinggi daripada yang lain, menandakan kemungkinan adanya gangguan lingkungan atau pencemaran spesifik. Selain itu, temuan tentang kandungan tinggi zat kapur dan zat besi di beberapa kecamatan menggambarkan potensi risiko terhadap kesehatan masyarakat, terutama terkait dengan penyakit ginjal. Oleh karena itu, langkah-langkah pencegahan dan perbaikan yang sesuai harus diambil untuk meningkatkan kualitas air sumur dan menjaga kesehatan masyarakat setempat.

3.2.2. Hubungan dengan Tujuan Penelitian

Hasil ini mendukung tujuan penelitian kami yang bertujuan untuk mengembangkan sistem pendeteksi kadar air sumur secara real-time yang akurat. Dengan menerapkan sistem ini,

kami berharap dapat secara langsung mendukung pencapaian tujuan penelitian kami dalam meningkatkan kesadaran akan kualitas air dan memperbaiki kesehatan masyarakat.

3.2.3. Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian ini memperbandingkan pendekatan inovatif menggunakan teknologi LoRaWAN untuk pemantauan real-time kualitas air sumur di daerah pesisir dengan pendekatan konvensional yang lebih lambat. Temuan menunjukkan bahwa penggunaan teknologi baru ini memberikan informasi yang lebih akurat dan cepat, yang memungkinkan tindakan pengelolaan air bersih yang lebih efektif. Hal ini menyoroti potensi besar dari teknologi terkini dalam pemantauan lingkungan.

3.2.4. Implikasi Dan Relevansi

Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa pengembangan sistem pemantauan kualitas air sumur berbasis LoRaWAN dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam menjaga ketersediaan air bersih di daerah pesisir. Sistem ini tidak hanya memberikan data secara real-time yang lebih akurat, tetapi juga memungkinkan untuk mengambil tindakan cepat dalam menanggapi perubahan kondisi air. Relevansi penelitian ini terletak pada potensinya untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga kualitas air, memberikan akses yang lebih baik terhadap air bersih, serta mendukung upaya pemerintah dalam pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran parameter kualitas air sumur di 4 lokasi di Sumenep, sistem pemantauan menggunakan LoRaWAN mampu mendeteksi perbedaan kuantitatif pH, TDS, kekeruhan dan suhu air. Lokasi Ambunten memiliki nilai pH tertinggi yang berpotensi membahayakan. Sistem ini berperan penting dalam mendeteksi perubahan kualitas air secara cepat terutama di Ambunten. Diharapkan dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga kualitas air dan mendukung pencegahan untuk melindungi kesehatan masyarakat setempat, serta meningkatkan akses masyarakat pesisir terhadap air bersih yang aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang besar kepada kedua orang tua saya yang selalu memberikan dukungan dan dorongan dalam setiap langkah perjalanan hidup saya. Juga tak lupa kepada para dosen yang telah memberikan bimbingan, ilmu, dan inspirasi selama proses belajar di perguruan tinggi. Terima kasih atas dedikasi dan kesempatan yang telah diberikan kepada saya untuk terus berkembang dan belajar.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Z. Zhao, Y. Zhou, X. Wang, Z. Wang, and Y. Bai, “Water quality evolution mechanism modeling and health risk assessment based on stochastic hybrid dynamic systems,” *Expert Syst Appl*, vol. 193, p. 116404, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116404.

[2] W. A. Jabbar *et al.*, “Development of LoRaWAN-based IoT system for water quality monitoring in rural areas,” *Expert Syst Appl*, vol. 242, May 2024, doi: 10.1016/j.eswa.2023.122862.

[3] J. J. Caeiro and J. C. Martins, "Water Management for Rural Environments and IoT," 2019, pp. 83–99. doi: 10.4018/978-1-5225-7332-6.ch004.

[4] Y. F. Zhang and P. J. Thorburn, "A deep surrogate model with spatio-temporal awareness for water quality sensor measurement," *Expert Syst Appl*, vol. 200, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.eswa.2022.116914.

[5] J. O. Ighalo, A. G. Adeniyi, and G. Marques, "Internet of things for water quality monitoring and assessment: A comprehensive review," in *Studies in Computational Intelligence*, vol. 912, Springer, 2021, pp. 245–259. doi: 10.1007/978-3-030-51920-9_13.

[6] R. K. Singh, M. Aernouts, M. De Meyer, M. Weyn, and R. Berkvens, "Leveraging LoRaWAN technology for precision agriculture in greenhouses," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 7. MDPI AG, Apr. 01, 2020. doi: 10.3390/s20071827.

[7] L. K. Tolentino *et al.*, "IoT-based automated water monitoring and correcting modular device via LoRaWAN for aquaculture," *International Journal of Computing and Digital Systems*, vol. 10, no. 1, pp. 533–544, 2021, doi: 10.12785/IJCDS/100151.

[8] J. Warta *et al.*, "SISTEM PENDETEKSI NILAI PH DAN TEMPERATUR AIR SUMUR DI DAERAH KP RAWA MENGGUNAKAN METODE SAW BERBASIS IOT," 2023. Accessed: Mar. 26, 2024. [Online]. Available: https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jsi/article/view/1084

[9] H. H. R. Sherazi, L. A. Grieco, M. A. Imran, and G. Boggia, "Energy-Efficient LoRaWAN for Industry 4.0 Applications," *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 17, no. 2, pp. 891–902, Feb. 2021, doi: 10.1109/TII.2020.2984549.

[10] M. A. M. Almuhaya, W. A. Jabbar, N. Sulaiman, and S. Abdulmalek, "A Survey on LoRaWAN Technology: Recent Trends, Opportunities, Simulation Tools and Future Directions," *Electronics (Switzerland)*, vol. 11, no. 1. MDPI, Jan. 01, 2022. doi: 10.3390/electronics11010164.