

Rancang Bangun Sistem Pemantau Kualitas Air Menggunakan *Platform Internet-of-Things* dengan Protokol Jaringan MQTT

¹Alexander Agung, Kusnandar, ²Yuda Bakti Zainal, ³Asep Najmurrokhman

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani,
Jl. Terusan Jenderal Sudirman PO Box 148 Cimahi, Indonesia, 40533

Correspondence: asep.najmurrokhman@lecture.unjani.ac.id

Received: 01 July 2025 – Revised: 30 July 2025 - Accepted: 30 Aug 2025 - Published: 30 Sept 2025

Abstrak. Air mentah yang diperoleh dari sumber alami seperti mata air, sungai, dan danau dapat digunakan sebagai bahan baku produksi di berbagai sektor, termasuk industri pengolahan makanan dan minuman. Air memiliki standar mikrobiologis, kimiawi, dan fisik sebagai indikator keamanan konsumsi manusia. Kualitas air yang digunakan sebagai bahan baku dalam industri minuman memiliki peran krusial dalam menjamin mutu, keamanan, dan kepatuhan terhadap standar produksi pangan. Pengawasan kualitas air secara *real-time* menjadi kebutuhan utama untuk menghindari kontaminasi yang dapat mempengaruhi proses produksi dan kesehatan konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas air berbasis *Internet-of-Things* (IoT) dengan menggunakan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) sebagai sarana transmisi data. Sistem ini dilengkapi dengan sensor pH, sensor kekeruhan, dan sensor kandungan material dalam air yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 untuk memantau kondisi air secara periodik. Data hasil pengukuran dikirimkan ke server MQTT dan ditampilkan melalui *dashboard* web yang dapat diakses secara *real-time* oleh pihak pengelola industri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan parameter kualitas air secara akurat dan responsif, serta memiliki konsumsi daya dan *bandwidth* yang efisien. Dengan karakteristik tersebut, sistem ini dapat menjadi solusi pemantauan air yang handal dan ekonomis bagi industri minuman. Saran pengembangan mencakup integrasi sistem dengan modul notifikasi otomatis serta algoritma kecerdasan buatan untuk deteksi dini dan pengambilan keputusan berbasis data historis.

Kata kunci: *internet-of-things*, pemantau kualitas air, protokol MQTT, sensor kekeruhan, sensor pH

PENDAHULUAN

Air merupakan komponen utama dalam proses produksi industri minuman, baik sebagai bahan baku utama maupun sebagai pelarut dan media pencucian. Oleh karena itu, kualitas air yang digunakan harus senantiasa memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan untuk mencegah kontaminasi dan menjaga konsistensi produk akhir (Aminuddin et al., 2023; Susanto et al., 2024). Dalam konteks ini, banyak industri minuman memanfaatkan air yang bersumber dari mata air alami di kawasan pegunungan karena kemurniannya. Air tersebut dialirkan ke lokasi produksi melalui jaringan pipa-pipa panjang menuju bak penampung sebagai tahap awal sebelum diproses lebih lanjut. Namun, panjangnya jalur distribusi air dari mata air menuju industri berpotensi menyebabkan perubahan kualitas air akibat faktor lingkungan seperti kebocoran pipa, pertumbuhan mikroorganisme, maupun infiltrasi material asing.

Pengawasan kualitas air secara manual dan periodik dalam skenario tersebut memiliki keterbatasan signifikan, terutama dalam hal keterlambatan deteksi apabila terjadi degradasi kualitas air secara tiba-tiba. Dalam beberapa tahun terakhir, pendekatan berbasis

Internet-of-Things (IoT) telah terbukti efektif dalam mengotomatiskan sistem pemantauan lingkungan, termasuk kualitas air (Abdelmoneim et al., 2025; Budianto & Sumanto, 2024; Essamlali et al., 2024; Halawa et al., 2025; Sidiq et al., 2024). Teknologi ini memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* dan terintegrasi, serta mendukung pengambilan keputusan cepat. Salah satu protokol komunikasi data yang umum digunakan dalam sistem IoT adalah *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), karena keunggulannya dalam efisiensi *bandwidth*, keandalan transmisi, dan kompatibilitas dengan perangkat berbasis mikrokontroler (Bayılmış et al., 2022; Gerodimos et al., 2023; Salim et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas air sumber secara *real-time* menggunakan platform IoT dan protokol MQTT, yang ditujukan khusus untuk memenuhi kebutuhan industri minuman. Sistem ini akan memantau parameter utama kualitas air, yaitu pH, suhu, dan kekeruhan, serta menampilkan data secara visual melalui antarmuka web. Sistem dirancang untuk ditempatkan pada titik-titik kritis seperti area bak penampung sebelum air masuk ke tahap produksi, guna memastikan kualitas air tetap dalam kondisi optimal.

Dalam penelitian ini, pengukuran dibatasi pada tiga parameter fisik dan kimia air, yaitu pH, kandungan total zat terlarut dalam air, dan kekeruhan. Selain itu, sistem dirancang untuk kondisi lingkungan air tawar dari sumber mata air pegunungan dan area cakupan pengujian dilakukan pada skala laboratorium atau area terbatas yang mensimulasikan kondisi sumber air industri.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah pengembangan sistem pemantauan kualitas air berbasis MQTT yang hemat *bandwidth* dan responsif, implementasi pemantauan *real-time* yang sesuai untuk aplikasi industri minuman dengan sumber mata air alami, dan perancangan antarmuka visual berbasis web yang mudah diakses dan diinterpretasikan oleh pengguna non-teknis.

MASALAH

Industri minuman sangat bergantung pada ketersediaan air bersih sebagai bahan baku utama yang secara langsung memengaruhi kualitas, rasa, dan keamanan produk. Dalam praktiknya, banyak industri minuman di Indonesia dan negara berkembang lainnya memanfaatkan air dari sumber mata air pegunungan yang dialirkan ke lokasi produksi melalui pipa-pipa panjang. Meskipun air dari sumber alami ini cenderung memiliki kualitas awal yang baik, proses pengaliran yang panjang dan terbuka terhadap lingkungan

eksternal berisiko menimbulkan degradasi kualitas air akibat kontaminasi fisik, kimiawi, maupun mikrobiologis (Desti & Ula, 2021; Mardizal et al., 2024; Novianti & Sulistyorini, 2022).

Salah satu tantangan utama yang dihadapi industri minuman adalah memenuhi standar mutu air baku sesuai ketentuan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), Standar Nasional Indonesia (SNI), serta Codex Alimentarius dari WHO/FAO yang mensyaratkan parameter air seperti pH, suhu, kekeruhan, dan kontaminan mikrobiologis berada dalam batas yang ketat. Pemantauan kualitas air yang hanya dilakukan secara periodik atau manual tidak cukup memadai untuk mengantisipasi perubahan kualitas yang dapat terjadi secara mendadak akibat gangguan teknis, perubahan musim, atau pencemaran lingkungan di sekitar jalur distribusi air.

Di sisi lain, kebutuhan pasar yang meningkat terhadap produk minuman siap konsumsi, termasuk air mineral, teh dalam kemasan, dan minuman berenergi, mendorong perusahaan untuk menjamin bahwa proses produksinya tidak hanya efisien tetapi juga memenuhi standar kesehatan dan keamanan pangan. Untuk itu, sistem pemantauan kualitas air secara *real-time* dan terotomatisasi menjadi kebutuhan mendesak untuk menjamin kepatuhan terhadap regulasi sekaligus menjaga reputasi dan kepercayaan konsumen.

Teknologi pemantauan berbasis IoT dengan protokol komunikasi seperti MQTT memberikan solusi potensial untuk menjawab kebutuhan ini. Sistem seperti ini memungkinkan pemantauan kontinu, peringatan dini, dan dokumentasi historis yang dapat mendukung proses audit mutu internal maupun eksternal. Namun, tantangan teknis masih ditemui dalam hal stabilitas jaringan, kalibrasi sensor, dan integrasi sistem dengan proses produksi yang telah ada. Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan sistem yang efektif, hemat daya, dan adaptif terhadap kebutuhan industri menjadi sangat relevan dan dibutuhkan.

METODE PELAKSANAAN

Untuk menjawab permasalahan terkait kebutuhan akan sistem pemantauan kualitas air yang akurat, *real-time*, dan sesuai standar industri minuman, penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem berbasis *Internet-of-Things* (IoT) yang mengintegrasikan perangkat keras sensor, mikrokontroler, serta platform komunikasi data berbasis protokol MQTT. Metode pelaksanaan dibagi ke dalam beberapa tahap, yaitu studi kebutuhan dan spesifikasi sistem, perancangan sistem perangkat keras, implementasi komunikasi data MQTT, pengembangan antarmuka pemantauan, dan pengujian serta

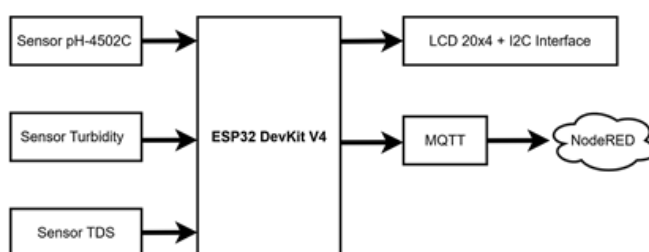
evaluasi sistem.

Tahap awal dilakukan dengan menganalisis kebutuhan industri minuman terhadap parameter kualitas air yang krusial berdasarkan regulasi yang berlaku, seperti pH, kadar material dalam air, dan kekeruhan air. Spesifikasi sistem ditetapkan untuk mampu memantau parameter tersebut dengan ketepatan pengukuran dan frekuensi pengiriman data yang memadai. Analisis juga mencakup pemetaan alur distribusi air dari mata air ke bak penampung guna menentukan titik pemantauan yang strategis. Gambar 1 menunjukkan alur pemipaan dari sumber mata air ke bak penampung perusahaan yang menjadi objek dalam penelitian.



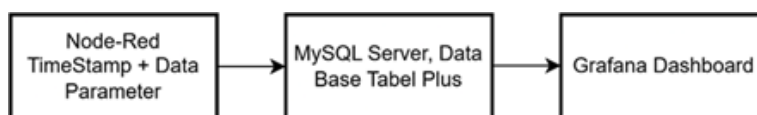
Gambar 1. Peta alur pemipaan dari sumber mata air ke bak penampung

Dalam hal perancangan sistem perangkat keras, sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 yang memiliki konektivitas Wi-Fi, serta diintegrasikan dengan sensor pH (sensor pH-4502C), sensor kekeruhan (*turbidity*), dan sensor TDS (*total dissolved solids*). Perangkat ini dirakit pada unit modular kedap air yang dapat dipasang di dekat bak penampung air. Diagram skematik sistem diperlihatkan dalam Gambar 2. Data hasil pengukuran dikirim secara berkala ke *broker* MQTT (Mosquitto) yang berjalan pada server lokal maupun *cloud*. Topik-topik MQTT diatur berdasarkan jenis parameter dan lokasi pengukuran. Protokol ini dipilih karena ringan, hemat *bandwidth*, dan cocok untuk aplikasi IoT di lokasi dengan keterbatasan jaringan.

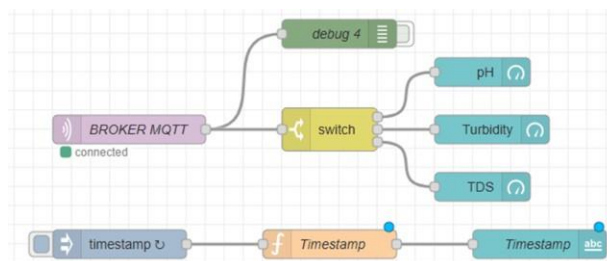


Gambar 2. Diagram skematik sistem pemantau kualitas air

Tahap selanjutnya adalah pengembangan antarmuka pemantauan. *Dashboard* pemantauan dikembangkan menggunakan platform Node-RED dan Grafana. Antarmuka ini memungkinkan visualisasi data secara *real-time* dan historis, serta dapat diakses oleh pengguna melalui *browser* di perangkat *desktop* maupun *mobile*. Pemrosesan data dan visualisasinya mengikuti alur seperti diberikan dalam Gambar 3. Sementara itu, *flow diagram* yang memperlihatkan proses dalam platform *Node-Red* divisualisasikan dalam Gambar 4.



Gambar 3. Alur pemrosesan dan visualisasi data

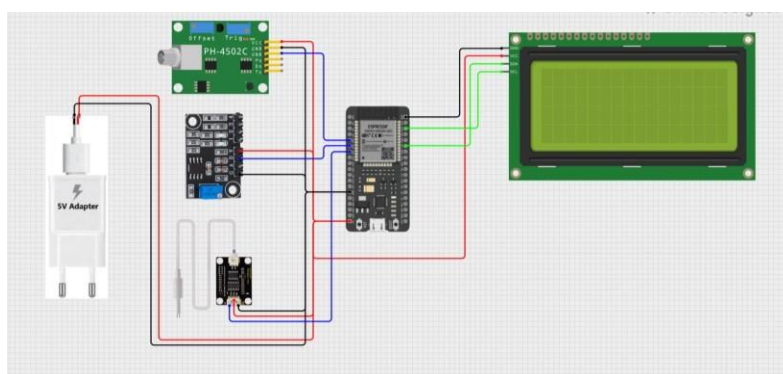


Gambar 4. *Flow diagram* proses dalam platform *Node-Red*

Selanjutnya, sistem diuji menggunakan sampel air dari sumber mata air pegunungan yang dialirkan ke bak penampung melalui pipa. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat ukur standar laboratorium untuk menilai akurasi dan stabilitas sistem. Selain itu, waktu tanggap, efisiensi transmisi data, dan keandalan sistem dalam kondisi jaringan terbatas juga diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

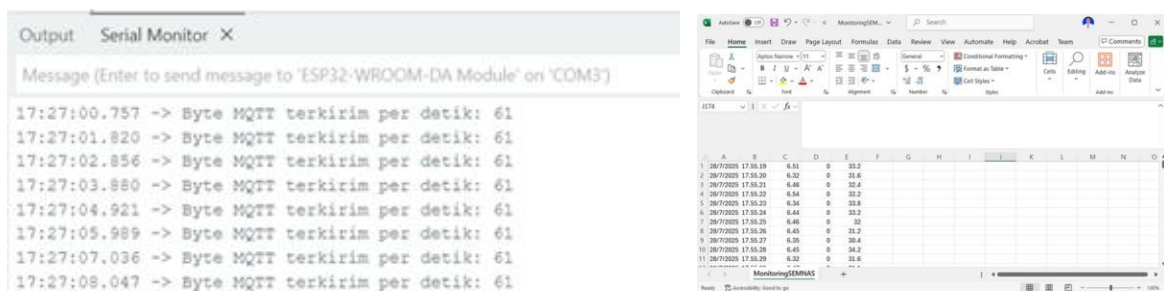
Diagram interkoneksi komponen dalam sistem diberikan dalam Gambar 5, sedangkan penempatan prototipe di area bak penampung air diperlihatkan dalam Gambar 6. Sistem pemantauan kualitas air berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan menggunakan sensor pH, sensor kekeruhan, dan sensor TDS yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32. Unit perangkat keras dipasang pada titik pemantauan strategis, yaitu di dekat bak penampung air setelah air dialirkan dari mata air melalui pipa sepanjang sekitar 1 km. Sistem berhasil mengirimkan data secara berkala setiap 60 detik ke *broker* MQTT dan ditampilkan melalui *dashboard web* secara *real-time* menggunakan platform Node-RED dan Grafana. Dalam salahsatu pengujian seperti diperlihatkan dalam Gambar 7, jumlah estimasi *payload* yang seharusnya diterima adalah 180 payload untuk 3 topik/detik dengan total durasi pengamatan 60 detik. Namun demikian, *payload* yang diterima adalah 175 payload, sehingga terdapat 5 payload yang gagal *publish* atau hilang. Dengan demikian, *delivery rate* untuk proses ini sebesar 97,2 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan pengiriman data dengan menggunakan platform MQTT relatif tinggi. Sementara itu, Node-RED mampu menampilkan *payload* secara akurat pada *node gauge* dengan tampilan antarmuka mudah dipahami seperti ditunjukkan dalam Gambar 8 dan 9.



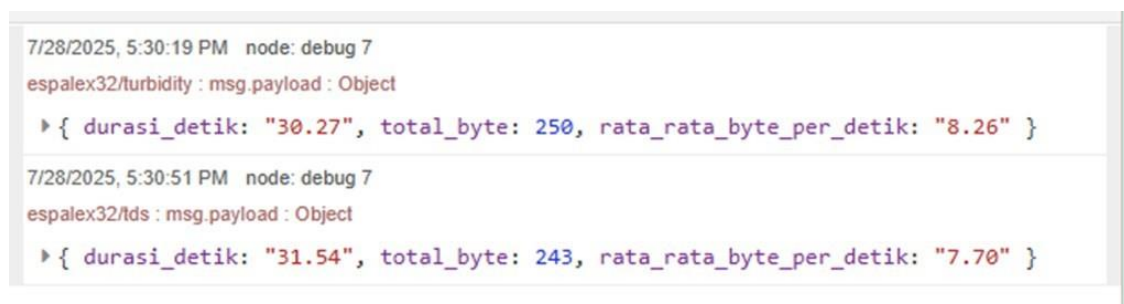
Gambar 5. Interkoneksi antara bagian dalam prototipe sistem



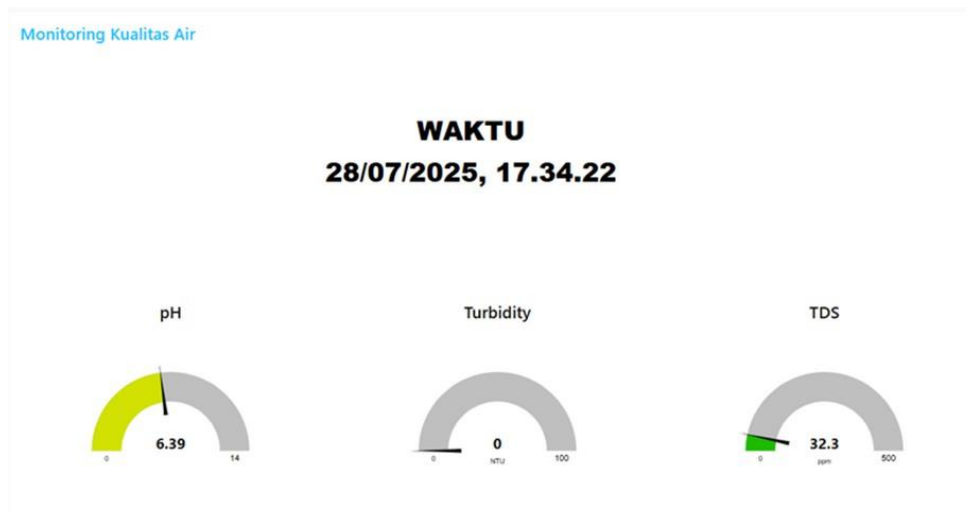
Gambar 6. Penempatan prototipe sistem di area bak penampung air



Gambar 7. Pengujian menggunakan protokol jaringan MQTT



Gambar 8. Pengujian Node-RED



Gambar 9. Tampilan parameter pengukuran dalam *dashboard* Grafana

KESIMPULAN

Perancangan sistem pemantau kualitas air berbasis *Internet-of-Things* dengan protokol jaringan MQTT berhasil direalisasikan. Sistem mampu mentransmisikan data pH, Turbidity, dan TDS ke platform NodeRED melalui protokol MQTT. Protokol MQTT pada QoS = 0 mendapatkan nilai *delivery rate* 97,2%, dipengaruhi keterbatasan level QoS 0 dalam proses *publish* tidak dapat menjamin *subscriber* menerima data. Selain itu, platform Node-RED mampu diintegrasikan dengan protokol MQTT sebagai *subscriber*, dan menampilkan data kualitas air secara *realtime* dan akurat.

Rekomendasi tindak lanjut dari hasil penelitian diarahkan kepada pengembangan integrasi sistem dengan modul notifikasi otomatis bila terjadi kondisi penurunan kualitas air serta pengembangan algoritma kecerdasan buatan untuk deteksi dini dan pengambilan keputusan berbasis data historis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani dan LPPM Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah mendukung sebagian pendanaan dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada Abdullah Saad Alghozi dan Rizki Putra Fadilah yang telah membantu dalam pengujian perangkat keras sistem di Laboratorium Instrumentasi dan Sistem Kendali, Program Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmoneim, A. A., Kimaita, H. N., Al Kalaany, C. M., Derardja, B., Dragonetti, G., & Khadra, R. (2025). IoT Sensing for Advanced Irrigation Management : A Systematic Review of Trends, Challenges, and Future Prospects. *Sensors*, 25(2291), 1–25.
- Aminuddin, Purnaini, R., & Utomo, K. P. (2023). Analisis Kualitas Air Baku Dan Kebutuhan Air Bersih Sebagai Dasar Perencanaan Sistem Pengolahan Air Bersih Di Desa Sungai Rengas. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(3), 682–690.
- Bayılmış, C., Ebleme, M. A., Çavusoglu, Ü., Küçük, K., & Sevin, A. (2022). A survey on communication protocols and performance evaluations for Internet of Things. *Digital Communications and Networks*, 8, 1094–1104.
<https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.03.013>
- Budianto, H., & Sumanto, B. (2024). Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis Internet of Things. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, Dan Elektronika Terapan*, 5(1), 9–17.
- Desti, I., & Ula, A. (2021). Analisis Sumber Daya Alam Air. *Jurnal Sains Edukatika Indonesia (JSEI)*, 3(2), 17–24.
- Essamlali, I., Nhaila, H., & Khaili, M. El. (2024). Advances in machine learning and IoT for water quality monitoring : A comprehensive review. *Heliyon*, 10(6), e27920.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27920>
- Gerodimos, A., Maglaras, L., Ferrag, M. A., Ayres, N., & Kantzavelou, I. (2023). IoT : Communication protocols and security threats. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2022.12.003>
- Halawa, Y., Kurniawan, R., That, S., Arista, A. S. C., & Midyanti, D. M. (2025). Sistem Pemantauan Kualitas Air Berbasis Internet-of-Things (IoT). *TELKA - Telekomunikasi Elektronika Komputasi Dan Kontrol*, 11(1), 1–15.
- Mardizal, J., Rizal, F., & Syah, N. (2024). *Manajemen Kualitas Air*. Eureka Madia Utama.
- Novianti, S., & Sulistyorini, L. (2022). Gambaran Pengolahan Air Baku Menjadi Air Minum Di Sumur PDAM X. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 12(4), 921–928.
- Salim, A. N., Sutabri, T., Negara, E. S., & Herdiansyah, M. I. (2024). Keamanan Komunikasi Pada Protokol MQTT Untuk Monitoring Perangkat Internet Of Things Dengan Metode Elliptic Curve Cryptography. *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, 5(2), 377–387.
- Sidiq, A. L., Dewi, K., Nugroho, B. J., & Pranida, P. S. P. (2024). Integrasi Sistem IoT Berbasis Multi-Sensor Untuk Pemantauan Real-Time Kualitas Air Limbah Laboratorium Teknik. *Jurnal Kumparan Fisika*, 7(3), 106–113.
- Susanto, A., Zannah, M., Putro, E. K., Manuel, A. A., Yochu, W. E., & Mahlisa, R. (2024). Penilaian Status Kualitas Air Baku untuk Air Minum di Area Concentrating Division PT Freeport Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1), 88–93.

