

Sistem Kendali Mutu Air Bersih Otomatis Berbasis IOT Menggunakan *Multi-Sensor* Untuk Optimalisasi Filtrasi Air Sumur

Wahyu Tegar Pratama

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

Email: wahyutegar2802@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas air sumur yang tidak stabil sering menjadi kendala dalam pemenuhan kebutuhan air bersih karena dipengaruhi oleh tingkat kekeruhan, pH, dan Total *Dissolved Solids* (TDS). Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kendali mutu air bersih otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan *Multi-Sensor* untuk mengoptimalkan proses filtrasi air sumur. Sistem memanfaatkan sensor pH, sensor kekeruhan (*turbidity*), dan sensor TDS sebagai parameter utama dalam memantau kualitas air secara *real-time*. Data dari sensor diproses oleh *Mikrokontroler* untuk mengendalikan pompa dan katup secara otomatis sesuai dengan kondisi kualitas air. Selain itu, hasil pemantauan dikirim melalui platform IoT sehingga pengguna dapat memonitor kondisi air dari jarak jauh menggunakan perangkat yang terhubung ke internet. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan dan pengendalian proses filtrasi secara otomatis, meningkatkan efisiensi penggunaan filter, serta menghasilkan kualitas air yang lebih stabil sesuai parameter yang telah ditentukan. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan kualitas air sumur sekaligus mempermudah proses monitoring dan pengelolaan air bersih.

Kata kunci: *Internet of Things* (IoT), kualitas air, *Multi-Sensor*, filtrasi air sumur, pH, TDS, kekeruhan.

ABSTRACT

The unstable quality of well water often poses a challenge in meeting the demand for clean water due to variations in turbidity, pH, and Total Dissolved Solids (TDS). This study aims to design and implement an automatic clean water quality control system based on the Internet of Things (IoT) using multiple sensors to optimize the well water filtration process. The system utilizes a pH sensor, a turbidity sensor, and a TDS sensor as the primary parameters for real-time water quality monitoring. Data collected from the sensors are processed by a microcontroller to automatically control the pump and valves according to the detected water quality conditions. Furthermore, the monitoring results are transmitted through an IoT platform, allowing users to remotely monitor water quality using internet-connected devices. The implementation results demonstrate that the system is capable of automatically monitoring and controlling the filtration process, improving filter utilization efficiency, and producing more stable water quality in accordance with the predetermined parameters. Therefore, the developed system provides an effective solution for improving well water quality while simplifying the monitoring and management of clean water systems.

Keywords: Internet of Things (IoT), water quality, Multi-Sensor, well water filtration, pH, Total Dissolved Solids (TDS), turbidity. This translation uses formal academic English suitable for a thesis, dissertation, or journal paper.

PENDAHULUAN

Perairan merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan. Selain memenuhi kebutuhan sehari-hari, air juga berperan dalam sektor pertanian, industri, dan pembangkit listrik. Oleh karena itu, ketersediaan air bersih yang berkualitas menjadi faktor penting dalam mendukung kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Perubahan cuaca pun turut memengaruhi siklus hidrologi, yang berdampak pada kuantitas dan kualitas sumber daya air, di banyak daerah, terutama di daerah yang masih mengandalkan air sumur manual (Andika Panca Avanzi & Muhammad Ariandi, 2025).

Perkembangan teknologi berlangsung sangat pesat seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan. Salah satu inovasi yang berkembang adalah *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan pengendalian dan pemantauan objek atau wilayah tertentu dari jarak jauh selama terhubung dengan jaringan internet. (Egha Anggara Arihta Sitepu, 2025). Dengan hadapi rintangannya, IoT munculkan cara yang berinovatif untuk bisa tingkatkan keefisiensian dalam memantau mutu airnya. Demikianlah, pemanfaatan sensornya dari TDS (*Total dissolved Solids*) dan sensor *turbidity*, sistem kendali mutu air bersih ini dapat membaca total zat terlarut bahkan tingkatkan air yang keruh dengan terotomatis, selanjutnya dikirimkan pendataannya lewat waktu yang nyata keplatform dengan memantau lewat basis situs ataupun apk.

Sebuah pengindikatoran sangat utama untuk nilai air yang berkualitas yakni total zat terlarut serta yang keruh. Kandungan TDS sangat meningkat menunjukkan adanya konsentrasi mineral, garam, atau logam terlarut yang berlebih, nilai TDS dan kekeruhan yang tinggi dapat menurunkan kualitas air. Berdasarkan standar Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, air bersih harus memiliki nilai TDS <1.000 ppm dan kekeruhan maksimum 25 NTU (Chuzaini et al., 2022a). Tetapi, untuk mempraktikkannya, lewat memeriksa air yang berkualitas air pada sumur tetap sering dilaksanakan dengan sendiri, dan tak cuma sita time namun bahkan tidak baik terhadap kelalaiannya. Namun, kondisi sumur selalu tak terpantau dengan tiap saat, hingga endapan residunya, serta kotorannya bisa mencemari sumber air serta menurunkan kualitasnya secara signifikan.

Penelitian ini merancang sebuah perangkat yang memanfaatkan beberapa sensor untuk membantu memantau kondisi dan kualitas air sumur sebelum digunakan dalam kebutuhan sehari-hari. Proses pemantauan dilakukan secara bertahap, dimulai dengan pengecekan ketinggian air di dalam tandon untuk mengetahui kondisi ketersediaan air. Selain itu, kondisi fisik air sumur diperiksa melalui pengukuran tingkat kekeruhan menggunakan sensor *turbidity* sebelum air dialirkan ke tandon. Sehingga dapat diketahui apakah air sumur perlu melalui proses penyaringan terlebih dahulu atau dapat langsung dialirkan setelah air berada.

TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan benda-benda fisik terhubung ke internet dan saling berkomunikasi tanpa campur tangan manusia. teknologi ini memanfaatkan sensor, jaringan, dan sistem kontrol otomatis untuk memudahkan berbagai aktivitas. (Febrianti et al., 2021) menyatakan bahwa IoT adalah konsep yang menghubungkan semua perangkat ke internet dan memungkinkan perangkat IoT berkomunikasi satu sama lain melalui internet. Dalam penelitian (Sari et al., 2024) disebutkan bahwa IoT bertujuan untuk mempermudah pekerjaan manusia melalui teknologi yang dapat saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet. Teknologi ini mendukung pengembangan layanan cerdas yang saling terkoneksi dan mampu merespons kondisi lingkungan secara adaptif.

Monitoring

Monitoring adalah sistem pemantauan otomatis yang memanfaatkan teknologi untuk mengumpulkan data dan menganalisa data secara real-time, sistem ini memungkinkan pemantauan jarak jauh (Sajiwo.2025.). Dalam konteks pemantauan kualitas air pada sumur, pendekatan monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengguna untuk mengetahui kondisi air seperti nilai TDS (Total Dissolved Solids), tingkat kekeruhan, dan volume air di tandon secara instan melalui perangkat digital yang terhubung ke jaringan internet. (Egha Anggara Arihta Sitepu, 2025) bahwa e-monitoring merupakan alternatif yang efektif di tengah keterbatasan pengawasan manual, karena sistem ini memungkinkan proses kerja dan pemantauan dilakukan dengan memanfaatkan teknologi visual seperti dasbor digital berbasis web atau aplikasi, yang mampu menampilkan status pekerjaan atau kondisi secara *real-time*

Kualitas Air

Kualitas air merupakan ukuran dari tingkat kesesuaian air untuk berbagai keperluan, seperti konsumsi, kebersihan, pertanian, maupun industri. Parameter kualitas air umumnya terdiri atas parameter fisika, kimia, dan biologi. Menurut (Chuzaini et al., 2022b) "air dapat dikatakan berkualitas untuk keperluan higiene sanitasi jika memenuhi beberapa syarat, termasuk di antaranya adalah suhu (± 3 °C dari suhu udara), pH (6,5-9,5), dan TDS (<1000 ppm)". Dengan kata lain, parameter kimia seperti TDS (Total Dissolved Solids) dan parameter fisika seperti *Turbidity* memiliki peran vital dalam menentukan kelayakan air untuk di pakai oleh manusia sehari-hari.

Parameter Air

Parameter kualitas air adalah ukuran-ukuran tertentu yang digunakan untuk menilai apakah air layak untuk digunakan atau dikonsumsi. Parameter ini mencerminkan kondisi fisik, kimia, dan biologi dari air. Dalam konteks penelitian ini,

dua parameter utama yang diamati adalah TDS (*Total Dissolved Solids*) dan kekeruhan (*turbidity*).

Parameter TDS (*Total dissolved Solids*)

TDS (*Total dissolved Solids*) merupakan indikator kimia yang mengukur total zat terlarut di dalam air seperti mineral, garam, dan logam yang dapat mempengaruhi kualitas serta kelayakan air. Air dengan TDS baik adalah dibawah 1000 ppm. (Chuzaini et al., 2022b) sensor TDS yang digunakan mampu mendeteksi nilai TDS (*Total dissolved Solids*) dengan akurasi dan digabungkan dengan ESP32 untuk monitoring IoT.

Parameter Kekeruhan (*Turbidity*)

Turbidity mengukur sejauh mana air keruh karena partikel tersuspensi, seperti lumpur atau mikroba. Sistem (Egha Anggara Arihta Sitepu, 2025) menggunakan sensor *turbidity* yang terintegrasi di IoT untuk mendeteksi partikel ini dan memastikan air tetap bersih. Sementara itu, (Andika Panca Avanzi & Muhammad Ariandi, 2025) Sistem ini mampu merespons secara *real-time* ketika kualitas air menurun di bawah ambang batas aman.

Sensor TDS (*Total dissolved Solids*)

Sensor TDS merupakan perangkat penting dalam sistem e-monitoring kualitas air, terutama untuk mengetahui jumlah total zat padat terlarut (mineral, garam, atau logam) yang berpengaruh terhadap standar kelayakan air untuk konsumsi dan kebutuhan sehari-hari. sensor TDS memiliki prinsip kerja yang sesuai dengan sifat konduktivitas listrik. Terdapat dua elektroda yang dapat mengukur konduktivitas pada cairan. Kandungan partikel ion dan sifat elektrolit dalam cairan dapat mempengaruhi hasil dari pengukuran dengan menggunakan sensor TDS (Rohpandi et al., 2021).

Sensor *turbidity*

Sensor kekeruhan (*turbidity* sensor) adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kejernihan air berdasarkan jumlah partikel tersuspensi. Nilai kekeruhan ini penting dalam menentukan kualitas air, baik untuk kebutuhan domestik, budidaya, maupun lingkungan. Sensor *turbidity* digunakan untuk mengukur kekeruhan air, dan sistem akan mengaktifkan pompa secara otomatis jika nilai kekeruhan melebihi ambang batas, yaitu 25 NTU, sesuai dengan standar Permenkes No. 492 Tahun 2010. Sensor ini terintegrasi dalam sistem monitoring berbasis Arduino Uno yang secara otomatis menyaring air saat kualitas menurun. (Andika Panca Avanzi & Muhammad Ariandi, 2025) Sensor *turbidity* digunakan untuk mendeteksi nilai kekeruhan air kolam ikan, dan jika nilai *turbidity* $\geq$ 25 NTU, maka pompa akan menyala dan air dikuras ke tempat penampungan. Sistem mereka mengandalkan Arduino Uno sebagai pengontrol utama, yang

terhubung dengan sensor kekeruhan, sensor level air, dan LDR untuk mengatur sirkulasi air secara otomatis (Aziezah et al., 2023).

Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak atau ketinggian permukaan air dalam tandon dengan memanfaatkan gelombang suara ultrasonik. Sensor ini berkerja dengan memancarkan gelombang dari modul pemancar, lalu menghitung waktu pantulan yang diterima kembali oleh modul penerima.

LCD 16x2+2C (*Liquid Crystal Display*)

Liquid Crystal Display (LCD) digunakan sebagai media informasi visual untuk menampilkan data parameter air secara *real-time*. Dengan bantuan modul I2C, perangkat ini untuk menerjemahkan sinyal dari *Mikrokontroler* menjadi karakter teks yang dapat dibaca oleh pengguna di lokasi alat Menurut (Khobir et al., 2025) dalam proses pemantauan suhu dan kekeruhan air kolam iktioterapi dapat dilakukan secara otomatis dan *real-time* dan ditampilkan melalui modul LCD. (Phi et al., 2023) menyebutkan LCD 16x2 12 sebagai pemberi notifikasi visual terhadap nilai PII dan suhu air kolam.

Buzzer

Buzzer digunakan sebagai perangkat peringatan dini yang menghasilkan suara. Komponen ini bekerja dengan cara mengubah getaran listrik menjadi getaran suara melalui kepingan piezoelektrik, yang akan aktif secara otomatis apabila sensor mendeteksi kondisi air di luar ambang batas normal atau ketika level air mencapai titik kritis.

Pompa 5V

Pompa 5V berfungsi untuk mengalirkan air dari sumur ke tandon penampungan air atau menyemprotkan larutan mineral. Alat ini bekerja dengan cara memutar motor di dalam air untuk mendorong cairan keluar melalui selang, sehingga proses pengisian air dapat berjalan secara otomatis.

***Mikrokontroler* ESP32**

Mikrokontroler ESP32 merupakan *Mikrokontroler* SoC (*System on Chip*) terpadu dengan dilengkapi WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai peripheral. ESP32 adalah chip yang cukup lengkap, terdapat prosesor, penyimpanan dan akses pada GPIO (General Purpose Input Output). ESP32 bisa digunakan untuk rangkaian pengganti pada Arduino, ESP32 memiliki kemampuan untuk mendukung terkoneksi ke WI-FI secara langsung.

Arduino IoT Cloud

Arduino IoT Cloud adalah salah satu platform *Internet of Things* (IoT) berbasis cloud resmi yang dikembangkan oleh Arduino untuk menghubungkan, memantau, dan mengontrol perangkat pintar secara *real-time* melalui internet. Platform ini memiliki kompatibilitas penuh terhadap berbagai jenis *Mikrokontroler*, khususnya ESP32, serta memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan data sensor dalam bentuk grafik, numerik, atau kontrol interaktif melalui dashboard berbasis web maupun aplikasi seluler.

Flowchart

Flowchart atau diagram alir adalah diagram yang menggambarkan urutan langkah dalam suatu sistem. Analisis sistem menggunakannya untuk mendokumentasikan dan menjelaskan sistem kepada programmer. Flowchart membantu menemukan solusi masalah dalam pengembangan sistem dengan simbol-simbol yang mewakili proses tertentu, yang dihubungkan oleh garis penghubung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) karena bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah sistem, bukan hanya sekadar mengamati atau menganalisis data. Metode ini dipilih karena sesuai dengan kebutuhan penelitian yang menghasilkan prototipe sistem kendali mutu air bersih berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam prosesnya, peneliti melakukan beberapa tahapan, mulai dari identifikasi masalah terkait pentingnya pemantauan kualitas air sumur sebelum masuk ke tandon secara *real-time*, lalu dilanjutkan dengan pengumpulan data dan referensi dari jurnal serta standar kualitas air, seperti total zat padat terlarut dan batas kekeruhan maksimum. Setelah itu, sistem mulai dirancang menggunakan sensor TDS (*Total dissolved Solids*), *turbidity*, dan sensor ultrasonik, kemudian dihubungkan dengan *Mikrokontroler* ESP32 yang dikoneksikan ke platform monitoring.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan Alat

Perancangan alat sistem monitoring dan kendali kualitas air sumur dilakukan dengan mengintegrasikan beberapa sensor dan akuantor kedalam sebuah prototipe yang mewakili sistem pengolahan air bersih sebelum masuk ketandon. Perancangan ini dilakukan dengan mempertimbangkan aspek fungsional, dimana setiap komponen ditempatkan berdasarkan peran dan kebutuhannya terhadap pengukuran dan aktuasi.

Hasil Pengujian dan Analisa Perangkat Keras

Pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh komponen sistem Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen pada sistem monitoring dan

filtrasi air sumur berbasis IoT dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Pengujian meliputi sensor kualitas air (TDS dan *turbidity*), sensor ketinggian air (*ultrasonik*), fungsi aktuator (pompa air dan sistem filtrasi), serta integrasi data dan sistem pemantauan menggunakan *Arduino IoT Cloud*.

Pengujian Sensor Turbidity

Pengujian dilakukan dengan mencelupkan sensor *turbidity* ke dalam air dengan tingkat kekeruhan yang berbeda. Nilai keluaran sensor dibaca dalam bentuk data analog dan digunakan untuk menentukan kondisi air berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan.

Pengujian Kelayakan Air

Pengujian kelayakan air dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam memantau dan meningkatkan kualitas air berdasarkan parameter TDS dan kekeruhan air. Pengujian dilakukan dengan membandingkan kondisi air sebelum dan sesudah proses filtrasi serta penyesuaian kadar mineral secara otomatis.

Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian dilakukan dengan mengukur jarak permukaan air dalam tandon menggunakan sensor ultrasonik. Nilai jarak yang diperoleh digunakan untuk menentukan ketinggian air dan mengontrol kondisi pengisian berdasarkan batas yang telah ditentukan.

Pengujian LCD

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa modul LCD 16x2 12C dapat menampilkan data hasil pembacaan sensor secara *real-time*. Data yang ditampilkan meliputi nilai TDS dalam satuan ppm, tingkat kekeruhan, serta ketinggian air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kendali mutu air bersih berbasis *Internet of Things* (IoT), maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem berhasil dirancang dan dikembangkan dalam bentuk prototype yang mampu memantau dua parameter utama kualitas air, yaitu *Turbidity* dan TDS, secara *real-time*. Menggunakan sensor TDS, sensor *turbidity* SKU-SEN0189. Data sensor ditampilkan melalui LCD dan dashboard *Arduino IoT Cloud* sehingga memudahkan pemantauan kualitas air.
2. Sistem mampu melakukan proses filtrasi air secara otomatis, dimana ketika air terdeteksi keruh berdasarkan nilai *turbidity*, maka sistem akan mengalirkan air melalui jalur filtrasi sebelum masuk ke tandon. Selain itu, sistem juga dapat melakukan penyesuaian kadar mineral secara otomatis berdasarkan nilai TDS yang terdeteksi.

3. Sistem kendali berbasis IoT yang diterapkan memungkinkan pengguna melakukan pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh melalui *dashboard Arduino IoT Cloud*. Hal ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap pengecekan manual serta meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan kualitas air sumur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, K., & Rodli, A. F. (2022). Automatic water level control tandon air berbasis Arduino Uno. *BIOS: Jurnal Teknologi Informasi dan Rekayasa Komputer*, 3(1), 17–22. <https://doi.org/10.37148/bios.v3i1.38>
- Avanzi, A. P., & Ariandi, M. (2025). Sistem monitoring dan penyaringan air otomatis berbasis Arduino Uno. *Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(4), 1258–1264. <https://doi.org/10.63822/h74y3283>
- Arifin, T. N., Pratiwi, G. F., & Janrafsasih, A. (2022). Sensor ultrasonik sebagai sensor jarak. *Jurnal TERA*. <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnaltera/>
- Aziezah, N., Sholihah, W., Novianty, I., Romadhona, M., & Mardiyono, A. (2023). Sipekernik: Sistem pemantau kekeruhan air dan pengairan pada akuaponik menggunakan sensor turbidity, LDR, dan water level. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 4(4), 261–271. <https://doi.org/10.35746/jtim.v4i4.324>
- Chuzaini, F. (2022a). IoT monitoring kualitas air dengan menggunakan sensor suhu, pH, dan total dissolved solids (TDS). *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 11.
- Daniel, R. (2022). Rancang bangun alat monitoring kelembaban, pH tanah dan pompa otomatis berbasis Arduino. *Journal of Applied Computer Science and Technology*, 3(2), 208–212. <https://doi.org/10.52158/jacost.v3i2.384>
- Sitepu, E. A. A. (2025). *Sistem monitoring kualitas air dan pembersih otomatis pada tandon air tangga berbasis IoT*.
- Febrianti, F., Wibowo, S. A., & Vendyansyah, N. (2021). Implementasi IoT (Internet of Things) monitoring kualitas air dan sistem administrasi pada pengelola air bersih skala kecil. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 5(1).
- Hartawan, L., Shantika, T., Anggraeni, N. D., Sirodz, M. P. N., Nugraha, F. C., Fatur Rahman, R. D., Rohman, A. F., Hakiki, M. F. A., Saputra, A. T., Triyadi, A. R., Widiyantara, A., Noviadi, A., Maulana, I., & Bukhori, A. N. (2023). Penyiraman tanaman otomatis berbasis Arduino IoT Cloud di lahan pertanian. *Reka Karya*. <https://doi.org/10.26760/rekakarya.v2i1.93-100>
- Khobir, F., Triawan, M. A., Prambayun, A., Mirza, Y., & Syahni, M. A. Q. (2025). Pendampingan penerapan alat pemantauan kualitas air kolam ikhtioterapi berbasis mikrokontroler di Rule Athallah Palembang. *Jurnal Masyarakat Madani Indonesia*, 4(4). <https://doi.org/10.59025/cpv37p0>
- Phi, J., Lubis, M. I., & Ritonga, I. H. (2023). Implementasi mikrokontroler berbasis IoT untuk optimalisasi kinerja sistem akuaponik. *IoT Aquaponik*, 9(1).

- Purnama Sari, I., Basri, M., Batubara, I. H., Hazidar, A. H., & Redaksi, D. (2022). Implementasi Internet of Things berbasis website dalam pemesanan jasa rumah serta teknisi komputer dan jaringan komputer. *[Nama jurnal belum lengkap]*.
- Rahman, F., Purnama, K. A., Suyadnya, P. E., Renda, Y., Juliadi, K., Aprilyana, A., & Dewi, K. (n.d.). Pemanfaatan sensor jarak menggunakan gelombang ultrasonik pada penerapan parkir. *Jurnal Manajemen dan Teknologi Informasi (JMTI)*, 14, 30–35. <https://doi.org/10.59819>
- Setiawan, M. R. A., & Sujatmika, A. R. (2022). Prototype deteksi banjir menggunakan sensor ultrasonik dan water level sensor dengan notifikasi Blynk. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis (JTEKSIS)*, 4(2), 462. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v4i2.573>
- Rohpandi, D., Mulady, F., & Sambani, E. B. (2021). Rancang bangun pompa air otomatis dan sistem monitoring kekeruhan air berbasis IoT pada tandon air. *[Nama jurnal belum lengkap]*, 10(2).
- Sari, I. P., Novita, A., Al-Khowarizmi, A., Ramadhani, F., & Satria, A. (2024). Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada bidang pertanian menggunakan Arduino Uno R3. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(4), 337–343. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i4.505>
- Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Izdihar, M., Wahyudi, B., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). Internet of Things. *Karimah Tauhid*, 1.
- Tino, M., Ballagi, K., Yasin, M. A., Razilu, Z., & Teknologi, P. (2025). Implementasi sistem absensi biometrik mahasiswa terintegrasi data kehadiran SIMAK dosen menggunakan mikrokontroler ESP32.