

IMPLEMENTASI BOT TELEGRAM PADA SISTEM MONITORING IPAL BERBASIS ARDUINO UNO (STUDI KASUS: RUMAH SAKIT MUHAMMADIYAH GRESIK)

Firman Adi Saputro¹⁾, Pressa Perdana Surya Saputra²⁾, Yoedo Ageng Suryo³⁾

^{1,2,3)} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

Jl. Sumatra No 101, Gresik 61121, Jawa Timur, Indonesia

E-mail : ¹⁾ramaregend32@gmail.com, ²⁾Pressa@umg.ac.id, ³⁾yoedo@umg.ac.id

ABSTRAK

Rumah sakit sebagai institusi pelayanan kesehatan memiliki tanggung jawab besar dalam pengelolaan limbah medis, baik padat maupun cair, yang berpotensi menimbulkan risiko penularan penyakit dan pencemaran lingkungan, terutama karena lokasinya yang kini banyak berada di tengah permukiman padat penduduk. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 27 Tahun 2013, setiap rumah sakit diwajibkan menyediakan sarana pengelolaan limbah cair yang memenuhi baku mutu air buangan. Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik telah memiliki Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL), namun pengukuran suhu, pH, dan debit limbah masih dilakukan secara manual sehingga kurang efisien dan berisiko bagi petugas. Penelitian ini merancang bangun sistem monitoring IPAL berbasis Arduino Uno yang mengukur pH menggunakan sensor pH-4502C, suhu menggunakan sensor DS18B20, dan debit air menggunakan sensor Flowmeter YF-S201, dengan hasil ditampilkan pada LCD 16x2 dan dikirimkan ke Bot Telegram melalui modul WiFi ESP8266. Hasil pengujian menunjukkan sensor pH memiliki rata-rata persentase error sebesar 0.53%, sensor suhu 1.79%, dan sensor flowmeter 8.87%, sedangkan pengiriman data ke Bot Telegram berhasil pada 8 dari 10 kali percobaan. Sistem ini terbukti cukup efektif membantu petugas Kesehatan Lingkungan memantau kondisi IPAL tanpa harus melakukan pengukuran manual secara langsung di lokasi.

Kata kunci : Rumah Sakit, IPAL, Arduino Uno, Bot Telegram

ABSTRACT

Hospitals, as healthcare institutions, bear significant responsibility for managing medical waste, both solid and liquid, which poses risks of disease transmission and environmental pollution, especially as many hospitals are now located within densely populated residential areas. Based on East Java Governor Regulation No. 27 of 2013, every hospital is required to provide liquid waste management facilities that meet wastewater quality standards. Muhammadiyah Gresik Hospital already operates a Wastewater Treatment Plant (WWTP), yet the measurement of temperature, pH, and discharge is still performed manually, making it inefficient and risky for staff. This study designed an Arduino Uno-based WWTP monitoring system that measures pH using a pH-4502C sensor, temperature using a DS18B20 sensor, and water discharge using a YF-S201 flowmeter sensor, with results displayed on a 16x2 LCD and sent to a Telegram Bot via an ESP8266 WiFi module. Test results show an average error percentage of 0.53% for the pH sensor, 1.79% for the temperature sensor, and 8.87% for the flowmeter sensor, while data transmission to the Telegram Bot succeeded in 8 out of 10 trials. The system proved effective in helping Environmental Health staff monitor WWTP conditions without needing direct manual measurement on site.

Keywords: Hospital, WWTP, Arduino Uno, Telegram Bot

1. PENDAHULUAN

Rumah sakit adalah instansi pelayanan kesehatan yang menghasilkan limbah, baik padat maupun cair, dari aktivitas pelayanannya. Limbah medis berpotensi menularkan penyakit dan mencemari lingkungan, sehingga pengelolaannya menjadi penting, apalagi seiring meningkatnya jumlah penduduk banyak rumah sakit kini berlokasi di tengah permukiman padat [1]. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 27 Tahun 2013, setiap rumah sakit wajib menyediakan sarana pengolahan limbah cair melalui Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) agar buangnya memenuhi baku mutu air buangan, dengan batas maksimum 500 L per orang per hari, suhu 30°C, dan pH 6-9 [2].

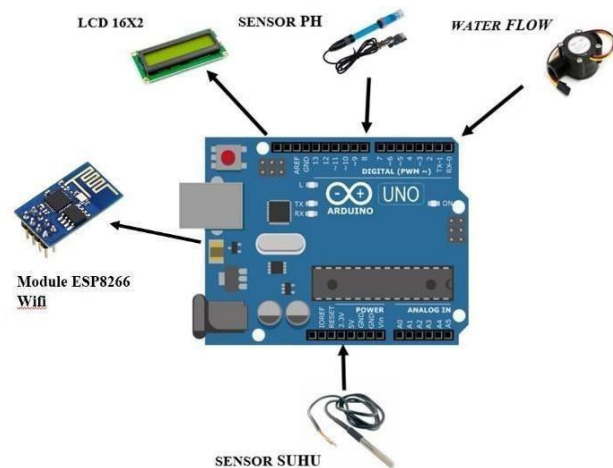
Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik, yang berada di tengah permukiman padat penduduk, telah memiliki IPAL pada unit Instalasi Pemeliharaan Sarana (IPS). Namun, pemantauan suhu, pH, dan debit limbah masih dilakukan secara manual oleh petugas menggunakan termogun, pH meter, dan flowmeter yang terpisah setiap hari, sehingga dinilai kurang efisien dan berisiko karena petugas harus kontak langsung dengan limbah yang berpotensi menularkan penyakit. Oleh karena itu, penelitian ini merancang sistem monitoring IPAL berbasis Arduino Uno yang secara otomatis mengukur pH, suhu, dan debit limbah, menampilkannya pada LCD 16x2, serta mengirimkan hasilnya ke Bot Telegram melalui modul WiFi ESP8266, sehingga petugas Kesehatan Lingkungan dapat memantau kondisi IPAL kapan saja tanpa harus berada langsung di lokasi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Konsep Blok Sistem

Penelitian ini diawali dengan studi literatur mengenai limbah cair rumah sakit, IPAL, Arduino Uno, dan sensor-sensor pendukung [3][4], dilanjutkan dengan analisis kebutuhan dan perancangan sistem. Konsep sistem terdiri dari tiga sensor input, yaitu sensor pH-4502C untuk mengukur keasaman air limbah [5][6], sensor

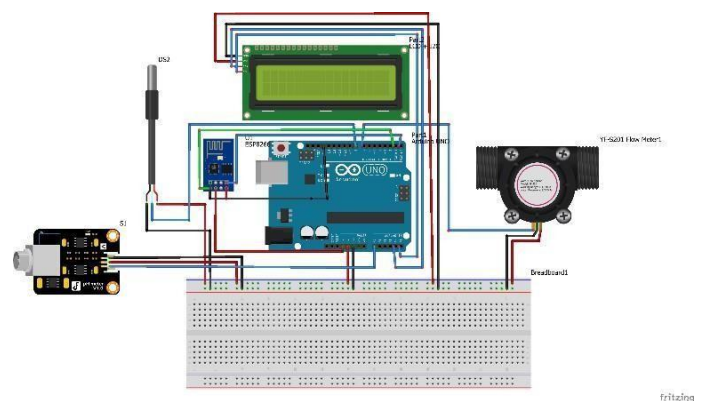
DS18B20 untuk mengukur suhu [7][8], dan sensor Flowmeter YF-S201 untuk mengukur debit air [9], yang seluruhnya dihubungkan ke mikrokontroler Arduino Uno. Nilai yang terbaca ditampilkan pada LCD 16x2 [10] dan diteruskan ke Bot Telegram [11] melalui modul WiFi ESP8266 [12], sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konsep Blok Sistem Monitoring IPAL.

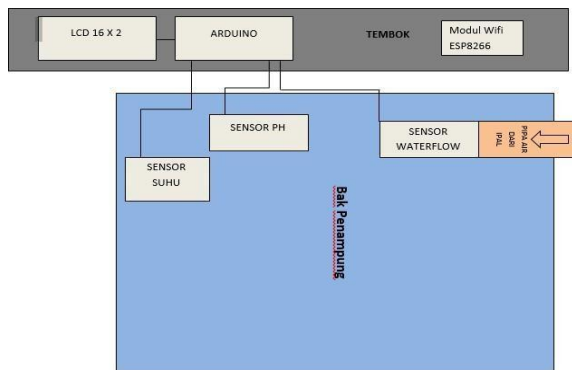
2.2 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras dirancang dengan menempatkan sensor suhu DS18B20 dan sensor pH-4502C langsung pada bak penampungan IPAL, sedangkan sensor Flowmeter YF-S201 dipasang pada pipa masuk air ke bak penampungan. Arduino Uno dan LCD 16x2 diletakkan pada dinding di samping bak penampungan agar mudah dipantau petugas. Rangkaian keseluruhan sistem ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Perangkat Keras Sistem Monitoring IPAL.

Penempatan perangkat keras dilakukan di ruang IPAL, dengan sensor suhu dan sensor pH diletakkan langsung pada bak penampungan limbah, sedangkan sensor flowmeter dipasang pada jalur pipa masuk air menuju bak penampungan. Mikrokontroler Arduino Uno beserta panel LCD 16x2 ditempatkan pada dinding di samping bak penampungan agar memudahkan petugas dalam membaca nilai hasil pengukuran secara langsung, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Penempatan Perangkat Keras di Lokasi IPAL

2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Pengujian sistem dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan tiap sensor terhadap alat ukur manual sebanyak 10 kali percobaan, yaitu sensor pH-4502C dibandingkan dengan pH meter, sensor DS18B20 dibandingkan dengan termogun, dan sensor Flowmeter YF-S201 dibandingkan dengan gelas ukur. Selain itu, dilakukan pula pengujian pengiriman data dari ESP8266 ke Bot Telegram sebanyak 10 kali percobaan untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengiriman data.

2.4 Rancangan Pengujian dan Perhitungan Galat

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur pembanding. Sensor pH-4502C dibandingkan dengan pH meter, sensor DS18B20 dibandingkan dengan termogun, sedangkan sensor YF-S201 dibandingkan dengan pengukuran menggunakan gelas ukur. Tingkat akurasi masing-masing sensor dinyatakan dalam bentuk persentase kesalahan (percent error) yang

dihitung menggunakan persamaan (1).

$$\text{Percent Error (\%)} = |\text{Nilai Terukur} - \text{Nilai Sebenarnya}| / \text{Nilai Sebenarnya} \times 100\% \quad (1)$$

Setiap sensor diuji sebanyak sepuluh kali percobaan untuk memperoleh gambaran konsistensi pembacaan, kemudian dihitung nilai rata-rata (mean) dan simpangan baku (standard deviation) dari persentase kesalahan sebagai indikator variabilitas hasil pengukuran, sebagaimana dirumuskan pada persamaan (2) dan (3).

$$\bar{x} = (\sum xi) / n \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\sum (xi - \bar{x})^2 / (n - 1)} \quad (3)$$

Selain pengujian akurasi sensor, dilakukan pula pengujian keberhasilan pengiriman data dari ESP8266 ke Bot Telegram sebanyak sepuluh kali percobaan untuk mengetahui tingkat keandalan komunikasi data, serta pengujian keseluruhan sistem yang dilaksanakan langsung di lokasi IPAL Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik pada kondisi operasional nyata.

2.5 Pengujian Komunikasi

Pengujian komunikasi dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk mengetahui keberhasilan pengiriman data dari sistem ke Bot Telegram. Hasil pengujian dicatat berdasarkan keberhasilan data yang ditampilkan pada Bot Telegram.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengujian Sensor pH-4502C

Pengujian sensor pH-4502C dilakukan sebanyak 10 kali dengan membandingkan pembacaan sensor terhadap pH meter standar pada air limbah IPAL. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1, dengan rata-rata persentase error sebesar 0.53%, sehingga sensor pH-4502C dapat dikategorikan cukup akurat untuk memantau kadar keasaman air IPAL.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor pH-4502C.

Percobaan	pH-4502C	pH Meter	%Error
1	8.28	8.19	1.10
2	8.23	8.19	0.49
3	8.20	8.19	0.12

Percobaan	pH-4502C	pH Meter	%Error
4	8.02	8.19	2.08
5	8.21	8.19	0.24
6	8.22	8.19	0.37
7	8.22	8.19	0.37
8	8.20	8.19	0.12
9	8.21	8.19	0.24
10	8.20	8.19	0.12
Rata-rata	-	-	0.53

3.2 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan cara yang sama, membandingkan pembacaan sensor terhadap thermogun. Hasil pengujian pada Tabel 2 menunjukkan pembacaan yang konsisten pada 28.50°C dengan rata-rata persentase error 1.79%, sehingga sensor suhu bekerja dengan baik dan stabil.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20.

Percobaan	DS18B20 (°C)	Thermogun (°C)	%Error
1	28.50	28	1.79
2	28.50	28	1.79
3	28.50	28	1.79
4	28.50	28	1.79
5	28.50	28	1.79
6	28.50	28	1.79
7	28.50	28	1.79
8	28.50	28	1.79
9	28.50	28	1.79
10	28.50	28	1.79
Rata-rata	-	-	1.79

3.3 Pengujian Sensor Flowmeter YF-S201

Pengujian sensor Flowmeter YF-S201 dilakukan dengan membandingkan volume air pada gelas ukur terhadap pembacaan sensor. Hasil pengujian pada Tabel 3 menunjukkan rata-rata persentase error yang lebih tinggi, yaitu 8.87%, karena tekanan air yang dialirkan melalui gelas ukur tidak konsisten sehingga memengaruhi akurasi pembacaan rotor sensor. Selain itu, diameter pipa masuk IPAL yang lebih besar dari ¾ inci menyebabkan sensor ini tidak dapat dipasang langsung pada pipa utama IPAL.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Flowmeter YF-S201.

Percobaan	Gelas Ukur (mL)	YF-S201 (mL)	%Error
1	500	597	16.25
2	500	572	12.59

Percobaan	Gelas Ukur (mL)	YF-S201 (mL)	%Error
3	500	458	9.17
4	500	502	0.40
5	500	577	13.34
6	500	421	18.76
7	500	472	5.93
8	500	521	4.03
9	500	485	3.09
10	500	527	5.12
Rata-rata	-	-	8.87

Variasi pembacaan YF-S201 lebih besar dibandingkan sensor pH dan suhu. Kesalahan terendah sebesar 0,40% terdapat pada percobaan keempat, sedangkan kesalahan tertinggi sebesar 18,76% terdapat pada percobaan keenam. Variasi debit air yang cukup besar, yaitu 421–597 mL, dapat berkaitan dengan perbedaan kondisi aktivitas pelayanan rumah sakit selama waktu pengujian. Aktivitas pelayanan, termasuk jumlah pasien dan tindakan yang dilakukan, dapat memengaruhi penggunaan air dan pada akhirnya berpotensi memengaruhi volume air limbah yang dihasilkan. Namun, penelitian ini tidak menyajikan data jumlah pasien dan Tindakan pelayanan pada setiap waktu pengujian sehingga hubungan tersebut belum dapat dibuktikan secara kuantitatif. Selain kondisi aktivitas pelayanan, pemasangan sensor juga menjadi keterbatasan dalam pengujian. Sensor YF-S201 memiliki ukuran katup ¾ inci, sedangkan pipa masuk IPAL memiliki ukuran yang lebih besar sehingga sensor tidak dapat dipasang langsung pada jalur pipa utama. Kondisi tersebut perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil pengukuran debit.

Penelitian Ardhi dkk. [9] menunjukkan bahwa kondisi aliran dapat memengaruhi hasil pembacaan sensor YF-S201. Oleh karena itu, hasil pengujian flowmeter dalam penelitian ini perlu dipahami berdasarkan kondisi pengujian dan pemasangan sensor yang digunakan.

3.4 Pengujian Pengiriman Data ke Bot Telegram

Pengujian pengiriman data dari ESP8266 ke Bot Telegram dilakukan sebanyak 10 kali. Dari hasil tersebut, data berhasil terkirim dan tampil pada Bot Telegram sebanyak 8 kali, sedangkan 2 kali data tidak tampil akibat delay pengambilan

data dari sensor ke ESP8266 dan kualitas sinyal WiFi yang kurang stabil di lokasi IPAL yang cukup tertutup. Tampilan data pada Bot Telegram ketika berhasil diterima ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Data Monitoring pada Bot Telegram.

3.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan langsung di lokasi IPAL Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik sebanyak sepuluh kali pengujian pada kondisi operasional nyata, yang turut dipengaruhi oleh jumlah pasien dan intensitas tindakan medis pada hari pengujian. Rekapitulasi hasil pengujian keseluruhan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Monitoring IPAL

No.	pH	Suhu (°C)	Debit (mL)	Status
1	8,28	28,50	597	Tampil
2	8,23	28,50	572	Tampil
3	8,20	28,50	458	Tidak Tampil
4	8,02	28,50	502	Tampil
5	8,21	28,50	577	Tampil

6	8,22	28,50	421	Tampil
7	8,22	28,50	472	Tidak Tampil
8	8,20	28,50	521	Tampil
9	8,21	28,50	485	Tampil
10	8,20	28,50	527	Tampil

Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai pH air limbah IPAL selama pengujian berkisar antara 8,02 hingga 8,28, yang masih berada dalam rentang baku mutu air buangan sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 27 Tahun 2013, yaitu pH 6 hingga 9. Nilai suhu tercatat stabil pada 28,50°C, jauh di bawah ambang maksimum 30°C, sedangkan variasi debit air yang cukup besar (421 mL hingga 597 mL) sejalan dengan fluktuasi aktivitas pelayanan rumah sakit pada hari pengujian, termasuk jumlah pasien dan tindakan operasi yang berbeda-beda setiap harinya.

Secara keseluruhan, sensor pH-4502C dan DS18B20 menunjukkan pembacaan yang relatif konsisten terhadap alat ukur pembanding, dengan rata-rata persentase kesalahan masing-masing sebesar 0,52% dan 1,79%. Sementara itu, flowmeter YF-S201 memiliki rata-rata persentase kesalahan sebesar 8,87% dengan simpangan baku 6,12%, sehingga variabilitas pembacaannya lebih tinggi dibandingkan sensor pH dan suhu. Variabilitas flowmeter dipengaruhi oleh kondisi pengujian dan keterbatasan pemasangan di lokasi penelitian. Sensor YF-S201 berukuran ¾ inci, sedangkan pipa masuk IPAL memiliki diameter lebih besar sehingga sensor tidak dapat dipasang langsung pada pipa utama. Selain itu, pengujian menggunakan aliran udara dengan volume acuan 500 mL sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi aliran pada pipa IPAL. Oleh karena itu, nilai kesalahan 8,87% perlu dipahami berdasarkan kondisi pengujian dan belum dapat merepresentasikan sensor akurasi pada kondisi operasional IPAL.

Pengujian komunikasi menunjukkan bahwa 8 dari 10 data berhasil ditampilkan pada Bot Telegram, sedangkan 2 data tidak berhasil ditampilkan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ESP8266 dapat digunakan untuk mendukung pengiriman data monitoring, meskipun keberhasilannya masih dipengaruhi oleh proses

pembacaan data dan kondisi jaringan WiFi. Ruang IPAL yang relatif tertutup serta jaraknya dari titik akses jaringan menjadi faktor yang perlu diperhatikan. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan pengukuran suhu, pH, dan debit dalam satu perangkat serta mengirimkan hasil monitoring melalui Bot Telegram. Sistem ini dapat membantu mengurangi kebutuhan pengukuran langsung oleh petugas di lokasi IPAL. Namun, penelitian belum mengukur secara kuantitatif frekuensi kontak petugas dengan limbah maupun waktu pelaporan sebelum dan sesudah penerapan sistem, sehingga manfaat tersebut belum dapat dinyatakan secara kuantitatif.

Pengembangan selanjutnya perlu memperhatikan pemasangan flowmeter pada pipa IPAL, metode pengujian dan kalibrasi sensor debit, serta kualitas jaringan WiFi agar hasil pengukuran dan pengiriman data lebih konsisten pada kondisi operasional sebenarnya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian, sistem monitoring IPAL berbasis Arduino Uno yang terhubung dengan Bot Telegram terbukti cukup efektif digunakan untuk memantau kondisi limbah cair di Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik, dengan rata-rata persentase error sensor pH-4502C sebesar 0.53%, sensor suhu DS18B20 sebesar 1.79%, dan sensor Flowmeter YF-S201 sebesar 8.87%, serta keberhasilan pengiriman data ke Bot Telegram pada 8 dari 10 kali percobaan. Ketidakakuratan pada sensor Flowmeter disebabkan oleh tekanan air yang tidak konsisten serta perbedaan diameter pipa IPAL dengan sensor, sedangkan kegagalan pengiriman data ke Bot Telegram disebabkan oleh delay pembacaan sensor dan kualitas sinyal WiFi. Oleh karena itu, disarankan dilakukan penyesuaian ukuran pipa masuk IPAL menjadi $\frac{3}{4}$ inci agar sensor Flowmeter dapat dipasang secara maksimal, kalibrasi berkala pada sensor

Flowmeter menyesuaikan tekanan air, serta penempatan pemancar WiFi yang lebih dekat dengan modul ESP8266 untuk meningkatkan kestabilan sinyal dan keberhasilan pengiriman data monitoring.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Yolarita dan D. W. Kusuma, "Pengelolaan Limbah B3 Medis Rumah Sakit di Sumatera Barat pada Masa Pandemi Covid-19," 2020.
- [2] S. Hastutiningrum dan Purnawan, "Pra-Rancangan Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) Industri Batik (Studi Kasus Batik Sembung, Sembungan RT.31/RW.14 Gulurejo, Lendah Kulon)," 2017.
- [3] Z. Khalid, S. Achmady, dan P. Agustini, "Automation of Security Systems for Cabinet Locks Using Arduino Uno Based Fingerprint Sensor," vol. 1, no. 1, 2020.
- [4] I. G. A. Gunadi dan D. O. Rachmawati, "Review Penggunaan Sensor pada Aplikasi IoT," Wahana Matematika dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya, 2023.
- [5] E. D. Cahyono, "Simulasi Rancang Bangun Alat pH Balancer Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Arduino Uno," 2021.
- [6] A. Rahman dan A. N. Salim, "Sistem Kendali pH dan Kekeruhan Air pada Aquascape Menggunakan Wemos D1 Mini ESP8266 Berbasis IoT," 2022.
- [7] E. Arianto, "Investigasi Pengaruh Flow terhadap Pembacaan Suhu Air Sensor DS18B20 pada Shower Therapy," 2023.
- [8] Triyanto dan A. N. Kn, "Pengatur Suhu dan Kelembapan Otomatis pada Budidaya Jamur Tiram Menggunakan Mikrokontroler ATMega16," 2016.
- [9] S. Ardhi, T. Putera Gunawan, S. Tjandra, dan G. L. Dewi, "Penerapan Metode Regresi Linear dalam Pengembangan Pengukuran Aliran Air pada Sensor YF-S201," vol. 26, no. 1, 2023.
- [10] A. Yusuf, A. Batubara, dan A. W., "Uji Kinerja dan Analisis Ekonomi Mesin Roasting Kopi (Studi Kasus di Taman Teknologi Pertanian Cikajang-Garut)," 2019.
- [11] N. R. Ratnasari, B. Aris, dan L. R. Vebri, "Sistem Pemantauan dan Pengendalian Penggunaan Air Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis IoT," 2020.
- [12] N. Rahmad Budi dan K. Roedy, "Aplikasi ESP8266 sebagai Pengendali Smart Room," 2023.