

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Ketinggian Air Banjir Berbasis Arduino Uno

M.Khoirul Rosidin^{1,*}, Syaeful Ilman², Ahmad Farhan^{3*}, Claudha Alba Pradhana⁴, Candra Irawan⁵, Bagus Dharmawan Hadi⁶, Rahajeng Kurnianingtyas⁷, and Rhesti N.Suhanto⁸

¹Teknik Mesin, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia.

^{2,5,6,7,8}Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu, Indonesia.

^{3,4,5}Perancangan Manufaktur, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu, Indonesia.

ABSTRAK – Banjir merupakan bencana yang kerap melanda wilayah perkotaan di Indonesia, terutama akibat curah hujan tinggi dan sistem drainase yang kurang memadai. Untuk mengurangi risiko banjir, diperlukan sistem peringatan dini yang efektif dan otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat pendeteksi ketinggian air banjir berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan integrasi sensor ultrasonik HC-SR04, motor servo, LCD I2C, buzzer, dan LED indikator. Sistem ini dapat mendeteksi level air secara real-time. Informasi yang diperoleh ditampilkan pada LCD dan memberikan peringatan visual dan audio. Selain itu, sistem ini juga mengatur posisi pintu air secara otomatis berdasarkan level ketinggian air yang terdeteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini bekerja dengan akurasi tinggi (tingkat kesalahan <2%) dan dapat merespon perubahan ketinggian air secara cepat. Sistem ini berhasil mengotomatiskan manajemen aliran air serta menyediakan informasi yang dapat digunakan untuk mitigasi banjir. Potensi pengembangan ke depan mencakup integrasi dengan teknologi IoT dan aplikasi mobile untuk pemantauan jarak jauh.

Kata kunci: banjir, Arduino Uno, sensor ultrasonik, sistem otomatis, peringatan dini

ABSTRACT – Floods are a disaster that often hits urban areas in Indonesia, especially due to high rainfall and inadequate drainage systems. To reduce the risk of flooding, an effective and automatic early warning system is needed. This study aims to design and develop a flood water level detector based on the Arduino Uno microcontroller with the integration of an HC-SR04 ultrasonic sensor, servo motor, I2C LCD, buzzer, and indicator LED. This system can detect water levels in real time. The information obtained is displayed on the LCD and provides visual and audio warnings. In addition, this system also automatically adjusts the position of the water gate based on the detected water level. The test results show that this tool works with high accuracy (error rate <2%) and can respond to changes in water level quickly. This system successfully automates water flow management and provides information that can be used for flood mitigation. Potential future developments include integration with IoT technology and mobile applications for remote monitoring.

Keyword: flood, Arduino Uno, ultrasonic sensor, automatic system, early warning

Dikirim: 5 Juni 2025; Direvisi: 1 Juli 2025; Diterima: 22 Agustus 2025

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki curah hujan tinggi sepanjang tahun, terutama pada musim penghujan[1]. Data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menunjukkan bahwa dalam lima tahun terakhir, curah hujan ekstrem semakin meningkat di berbagai wilayah Indonesia[2]. Pada tahun 2021, misalnya, beberapa daerah tercatat mengalami curah hujan hingga 2.500 mm per bulan, yang jauh

lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata tahunan sebelumnya. Tingginya intensitas curah hujan ini menjadikan banyak wilayah, khususnya daerah perkotaan dengan sistem drainase yang tidak memadai, rentan mengalami bencana banjir. Banjir yang terjadi tidak hanya mengganggu aktivitas masyarakat, tetapi juga dapat menimbulkan kerusakan infrastruktur, kerugian ekonomi, hingga korban jiwa [3].

Sistem peringatan dini banjir yang digunakan saat ini umumnya masih bersifat manual. Informasi mengenai ketinggian air seringkali terlambat disampaikan kepada pihak terkait, sementara pembukaan dan penutupan pintu air masih mengandalkan tenaga manusia[4]. Ketergantungan pada operator dalam kondisi cuaca ekstrem menyebabkan respons terhadap banjir menjadi kurang optimal dan berisiko tinggi[5]. Kemajuan teknologi mikrokontroler dan *Internet of Things* (IoT) membuka peluang untuk merancang sistem pendeteksi dan pengendali banjir yang lebih cerdas, efisien, dan dapat diakses secara *real-time* [6]. Arduino UNO merupakan salah satu *platform* mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem otomasi karena bersifat *open source*, mudah diprogram, dan kompatibel dengan berbagai sensor[7].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem pendeteksi ketinggian air banjir berbasis Arduino UNO yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik sebagai alat ukur ketinggian air, motor servo sebagai aktuator pintu air, serta komponen tambahan seperti *buzzer*, LED indikator, dan LCD untuk sistem monitoring dan peringatan dini. Sistem ini dirancang agar mampu mendeteksi perubahan level air secara akurat dan memberikan respons otomatis dalam pengendalian aliran air guna mengurangi risiko banjir.

METODE

Penelitian ini dimulai dengan perancangan sistem pendeteksi ketinggian air banjir berbasis mikrokontroler Arduino UNO. Sistem ini memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak antara permukaan air dengan sensor, dan mengubah data tersebut menjadi informasi ketinggian air[8]. Data ketinggian ini kemudian digunakan untuk memberikan peringatan dini dan mengendalikan pintu air secara otomatis melalui motor servo[9]. Komponen yang digunakan dalam sistem antara lain[10]:

1. Arduino UNO R3,
2. Sensor ultrasonik HC-SR04,
3. Motor servo SG90,
4. Modul LCD 16x2 I2C,
5. LED indikator (hijau, kuning, merah),
6. Buzzer,
7. Relay,
8. Breadboard dan kabel jumper.

Rangkaian dirakit berdasarkan skema sistem deteksi air. Setelah perakitan, perangkat lunak (*firmware*) dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Arduino (C++) untuk membaca data dari sensor, mengklasifikasikan level air (*low, middle, high, overload*), serta memberikan perintah kepada motor servo dan komponen output lainnya (LED, buzzer, relay)[11]. Pengujian dilakukan melalui dua tahap: pengujian komponen individual dan pengujian sistem menyeluruh. Pengujian individual bertujuan memastikan fungsionalitas tiap komponen, sedangkan pengujian sistem menyeluruh dilakukan dengan simulasi peningkatan ketinggian air secara bertahap [12].

Perancangan Sistem

Dalam perancangan sistem akan dibuat diagram blok. **Gambar 1** tersebut merupakan diagram blok sistem pendeteksi ketinggian air banjir berbasis Arduino UNO, yang menggambarkan alur kerja dan hubungan antar komponen utama dalam sistem secara keseluruhan. Berikut penjelasan tiap blok[13]:

1. Power Supply

Blok ini menyediakan sumber tegangan listrik untuk seluruh sistem, termasuk Arduino UNO dan komponen lainnya seperti sensor, motor servo, dan indikator. Dapat berupa baterai, adaptor 9V, atau powerbank.

2. Sensor Ultrasonik

Berfungsi untuk mengukur jarak permukaan air terhadap sensor. Data yang dikirim dari sensor akan digunakan untuk menentukan ketinggian air. Sensor ini mengirimkan sinyal ke Arduino UNO untuk diproses lebih lanjut.

3. Arduino UNO (Processing Unit)

Merupakan pusat kendali (mikrokontroler) dalam sistem ini. Arduino UNO menerima data dari sensor ultrasonik, mengolahnya untuk menghitung ketinggian air, dan kemudian mengambil keputusan berdasarkan level ketinggian tersebut. Arduino akan mengontrol semua komponen output berdasarkan hasil pemrosesan.

4. LCD Display

Menampilkan informasi secara real-time mengenai ketinggian air dan status sistem (misalnya: “Aman”, “Waspada”, “Bahaya”, atau “Overload”).

5. LED Indikator

Terdiri dari LED berwarna hijau, kuning, dan merah yang menyala sesuai level air: hijau aman, kuning waspada, merah bahaya.

6. Buzzer

Memberikan peringatan dalam bentuk suara apabila air mencapai level yang berbahaya (misalnya overload). Berfungsi sebagai alarm untuk menarik perhatian pengguna.

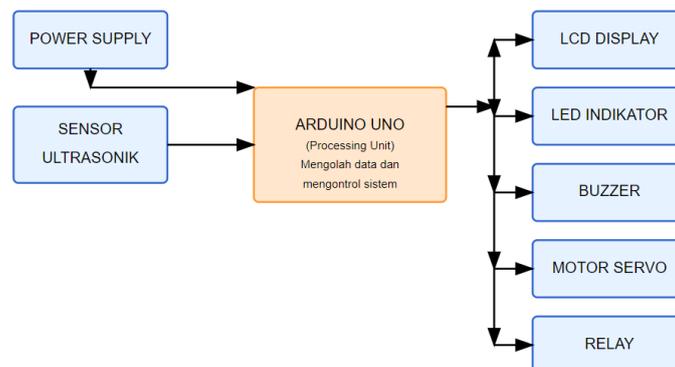
7. Motor Servo

Menggerakkan pintu air secara otomatis berdasarkan level air menutup saat air rendah, membuka sebagian saat air sedang dan membuka penuh saat air tinggi atau overload.

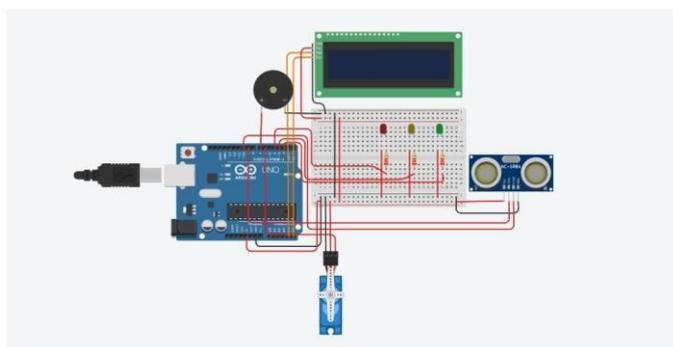
8. Relay

Dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat eksternal lain seperti pompa air atau alarm tambahan secara otomatis berdasarkan keputusan sistem.

Diagram Blok Sistem Pendeteksi Ketinggian Air Banjir



Gambar 1. Diagram Blok



Gambar 2. Skema Rangkaian

Gambar 2 di atas menunjukkan konfigurasi lengkap dari sistem pendeteksi ketinggian air berbasis Arduino UNO yang dirancang untuk memberikan peringatan dini banjir dan mengatur pintu air secara

otomatis. Fungsi Rangkaian Secara Keseluruhan sensor ultrasonik mendeteksi ketinggian air dan mengirimkan data ke Arduino. Arduino memproses data dan menentukan level ketinggian air. Berdasarkan level tersebut menampilkan status di LCD, menyalakan LED sesuai kondisi, mengaktifkan *buzzer* jika kondisi kritis, Mengendalikan motor servo (tidak ditampilkan dalam gambar ini namun bisa ditambahkan pada pin digital) untuk membuka pintu air secara otomatis.

Cara Kerja Alat

Seluruh Sistem pendeteksi ketinggian air banjir berbasis Arduino UNO bekerja dengan prinsip-prinsip pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Prinsip Arduino UNO

Tahapan	Deskripsi
1. Pengukuran Ketinggian Air	Sensor ultrasonik HC-SR04 memancarkan gelombang suara dengan frekuensi tinggi. Gelombang tersebut memantul ketika mengenai permukaan air dan diterima kembali oleh sensor. Arduino mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang untuk pergi dan kembali, kemudian menghitung jarak menggunakan rumus: $\text{jarak} = (\text{waktu} / 2) / 29.1$ (dalam cm). Jarak yang terukur adalah jarak antara sensor dengan permukaan air, yang dikonversi menjadi ketinggian air.
2. Penentuan Level Air dan Respon Sistem	Berdasarkan jarak yang terukur, Arduino menentukan level ketinggian air: - >280 cm: LED hijau, LCD 'Level Low 20%' - 200–280 cm: LED hijau, LCD 'Level Low 40%' - 150–200 cm: LED kuning, LCD 'Level Middle 60%' - 100–150 cm: LED merah, LCD 'Level High 80%' - 50–100 cm: LED merah, LCD 'Level High 100%' - 0–50 cm: Semua LED mati, buzzer dan relay aktif, LCD 'Tangki Overload'
3. Kontrol Pintu Air	Motor servo dikontrol berdasarkan level ketinggian air: - Level Rendah/Sangat Rendah: Servo menutup pintu air - Level Sedang: Servo membuka sebagian (45°) - Level Tinggi/Sangat Tinggi: Servo membuka lebih lebar (90°) - Level Overload: Servo membuka penuh (180°)
4. Sistem Peringatan	Dalam kondisi normal, sistem menampilkan informasi ketinggian air pada LCD. Saat air mencapai Level Tinggi: LED merah menyala. Saat Overload: <i>buzzer</i> dan relay aktif sebagai peringatan audio dan kontrol perangkat eksternal.
5. Siklus Pemantauan	Sistem memantau ketinggian air secara <i>real-time</i> setiap 500ms. LCD selalu memperbarui informasi mengenai jarak dan level air.

1. Pengukuran Ketinggian Air Sensor ultrasonik HC-SR04 memancarkan gelombang suara dengan frekuensi tinggi. Gelombang tersebut memantul ketika mengenai permukaan air dan diterima kembali oleh sensor. Arduino mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang untuk pergi dan kembali, kemudian menghitung jarak menggunakan rumus: $\text{jarak} = (\text{waktu} / 2) / 29.1$ (dalam cm). Jarak yang terukur adalah jarak antara sensor dengan permukaan air, yang dikonversi menjadi ketinggian air.

2. Penentuan Level Air dan Respon Sistem. Berdasarkan jarak yang terukur, Arduino menentukan level ketinggian air. Level Sangat Rendah (>280 cm): LED hijau menyala, LCD menampilkan "Level Low 20%". Level Rendah (200-280 cm): LED hijau menyala, LCD menampilkan "Level Low 40%". Level Sedang (150-200 cm): LED kuning menyala, LCD menampilkan "Level Middle 60%". Level Tinggi (100-150 cm): LED merah menyala, LCD menampilkan "Level High 80%". Level Sangat Tinggi (50-100 cm): LED merah menyala, LCD menampilkan "Level High 100%". Level Overload (0-50 cm): Semua LED mati, buzzer aktif, relay aktif, LCD menampilkan "Tangki Overload".

3. Kontrol Pintu Air. Motor servo dikontrol berdasarkan level ketinggian air. Pada Level Rendah dan Sangat Rendah: Servo menutup pintu air untuk menahan air. Pada Level Sedang: Servo membuka pintu air sebagian (sudut 45°) untuk mengalirkan air secara terkontrol. Pada Level Tinggi dan Sangat Tinggi: Servo membuka pintu air lebih lebar (sudut 90°) untuk mengalirkan air lebih cepat. Pada Level Overload: Servo membuka pintu air sepenuhnya (sudut 180°) untuk mengalirkan air maksimal.

4. Sistem Peringatan meliputi pada kondisi normal, sistem menampilkan informasi ketinggian air pada LCD. Saat level air mencapai Level Tinggi, sistem memberikan peringatan visual melalui LED merah. Saat level air mencapai Level Overload, sistem mengaktifkan *buzzer* sebagai peringatan audio dan mengaktifkan relay yang dapat digunakan untuk mengontrol perangkat eksternal seperti pompa air.
5. siklus Pemantauan diantaranya sistem terus melakukan pemantauan dengan interval waktu 500ms untuk mendapatkan data real-time tentang ketinggian air. LCD menampilkan informasi terbaru tentang jarak dan level ketinggian air.

HASIL EKSPERIMEN

Pengujian Sistem

Pengujian sistem bertujuan untuk memverifikasi bahwa setiap komponen dan keseluruhan sistem prototipe pendeteksi ketinggian air banjir berbasis Arduino UNO dapat berfungsi sesuai dengan rancangan dan logika program yang telah diimplementasikan[14]. Pengujian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pengujian komponen individual, pengujian akurasi sensor, dan pengujian fungsionalitas sistem secara keseluruhan berdasarkan level ketinggian air yang dideteksi[15]. Sensor ultrasonik HC-SR04 diuji dengan tujuh jarak berbeda untuk menilai akurasi pengukurannya. Hasil pengujian ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

No	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak Terukur (cm)	Error (%)
1	5	4.9	2.00%
2	10	10.1	1.00%
3	15	15.2	1.33%
4	20	19.8	1.00%
5	25	25.3	1.20%
6	30	29.7	1.00%
7	35	35.1	0.28%

Dari hasil tersebut, rata-rata tingkat kesalahan pengukuran berada di bawah 2%, menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan akurasi tinggi. selanjutnya respons sistem terhadap level air sistem secara otomatis mengklasifikasikan ketinggian air ke dalam beberapa level: Aman, Waspada, Bahaya, dan *Overload*. Pada level “Overload”, *buzzer* aktif, LED merah menyala, dan servo membuka pintu air maksimal (180°). **Tabel 3** menunjukkan respon sistem terhadap simulasi level air.

Tabel 3. Respon Sistem terhadap Ketinggian Air

Jarak (cm)	Level Air	LED	Buzzer	Posisi Servo
35	Aman	Hijau	Off	0° (Tertutup)
20	Aman	Hijau	Off	0° (Tertutup)
15	Waspada	Kuning	Off	0° (Tertutup)
10	Waspada	Kuning	Off	0° (Tertutup)
5	Bahaya	Merah	On	90° (Terbuka)

Sistem mampu menampilkan status di LCD, menyalakan LED indikator, serta mengaktifkan aktuator (servo) dan *buzzer* sesuai dengan kondisi level air secara *real-time*. Penggunaan interval pembacaan 500 ms cukup untuk memberikan respon cepat terhadap perubahan kondisi. Pengujian membuktikan bahwa integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak berjalan dengan baik. Sistem ini dapat diimplementasikan sebagai *prototipe* sistem peringatan dini banjir yang efisien. Dengan menambahkan fitur seperti konektivitas IoT dan mobile app, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi solusi pemantauan banjir yang canggih.

Evaluasi Kinerja Sistem

Evaluasi kinerja sistem pendeteksi ketinggian air banjir berbasis Arduino Uno menunjukkan hasil yang sangat baik dalam beberapa aspek penting.

- **Akurasi Pengukuran:** Sensor ultrasonik HC-SR04 berhasil memberikan pengukuran dengan akurasi tinggi, di mana tingkat kesalahan rata-rata berada di bawah 2%. Hal ini membuktikan bahwa sistem dapat diandalkan untuk mengukur ketinggian air dalam berbagai kondisi dan jarak, sehingga sangat efektif untuk mendeteksi potensi banjir di lingkungan yang dinamis.
- **Kecepatan Respons:** Kecepatan respons sistem dalam mendeteksi perubahan ketinggian air sangat cepat, dengan interval pembacaan 500 ms yang memungkinkan informasi tentang level air diperbarui secara real-time. Respons cepat ini penting dalam situasi bencana yang memerlukan tindakan segera. Dalam pengujian, alat ini dapat memberikan peringatan dini dalam hitungan detik, memungkinkan pihak berwenang untuk segera mengambil tindakan mitigasi yang tepat.
- **Pengendalian Pintu Air:** Salah satu fitur utama dari sistem ini adalah pengendalian pintu air otomatis berdasarkan ketinggian air yang terdeteksi. Pengujian menunjukkan bahwa motor servo bekerja dengan baik, membuka pintu air secara proporsional dengan level air. Pada level "Aman", pintu air tetap tertutup untuk menghindari pemborosan air, sedangkan pada level "Bahaya" dan "Overload", pintu air terbuka secara otomatis, memastikan aliran air yang lebih cepat untuk mencegah genangan.
- **Peringatan Dini:** Sistem ini juga memiliki mekanisme peringatan dini yang efektif. Pada kondisi level air yang berbahaya, seperti pada level "Bahaya" dan "Overload", LED merah menyala sebagai indikator visual, sementara buzzer aktif memberikan peringatan suara. Peringatan ini berfungsi untuk menarik perhatian pengguna atau pihak berwenang agar dapat segera mengambil tindakan pencegahan, mengurangi risiko kerusakan infrastruktur dan korban jiwa.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem pendeteksi ketinggian air ini memiliki performa yang sangat baik, dengan akurasi pengukuran yang tinggi, kecepatan respons yang cepat, serta kemampuan pengendalian pintu air otomatis yang efisien. Sistem ini terbukti efektif dalam memberikan informasi yang dibutuhkan untuk mitigasi banjir secara real-time, menjadikannya solusi yang sangat potensial untuk daerah rawan bencana banjir. Sistem ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk integrasi dengan teknologi IoT dan aplikasi mobile untuk pemantauan jarak jauh, memperluas fungsinya sebagai alat mitigasi bencana yang lebih canggih.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun prototipe alat pendeteksi ketinggian air banjir berbasis Arduino UNO dengan sistem kontrol pintu air otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi ketinggian air dengan tingkat kesalahan di bawah 2% dan merespons level air secara tepat melalui aktivasi LED, buzzer, dan aktuator motor servo. Sistem ini menawarkan solusi awal mitigasi bencana banjir dengan memberikan peringatan dini serta manajemen aliran air otomatis yang efektif. Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem dapat diintegrasikan dengan koneksi internet (IoT) dan aplikasi mobile untuk monitoring jarak jauh dan kontrol berbasis *cloud*. Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan konektivitas IoT untuk pemantauan jarak jauh, mengintegrasikan dengan sistem prediksi cuaca, dan mengembangkan aplikasi mobile untuk monitoring dan kontrol.

REFERENSI

- [1] Z. A. Halim and I. Idrus, "Mitigasi Bencana Banjir Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Baringeng Di Dusun Maccini Desa Panaikang Kabupaten Sinjai Provinsi Sulawesi Selatan," *J. Mahakarya Konstr.*, vol. 1, no. 1, pp. 26–31, 2024.
- [2] S. Suhadi, F. Mabrurroh, A. Wiyanto, and I. Ikra, "Analisis Fenomena Perubahan Iklim Terhadap Curah

- Hujan Ekstrim,” *Opt. J. Pendidik. Fis.*, vol. 7, no. 1, pp. 94–100, 2023.
- [3] D. D. Utomo and F. Y. D. Marta, “Dampak bencana alam terhadap perekonomian masyarakat di kabupaten tanah datar,” *J. Terap. Pemerintah. minangkabau*, vol. 2, no. 1, pp. 92–97, 2022.
- [4] D. Cahyana, M. Sarwani, and M. Noor, *Trivia rawa: serba serbi sumber daya lahan rawa*. UGM PRESS, 2022.
- [5] A. Fiqri, A. Hugo, and N. Kalbuana, “Analisis Penggunaan Drone untuk Meningkatkan Respons Cepat dalam Penanganan Kecelakaan Pesawat di Area Terpencil,” *J. Ris. Ilmu Kesehat. Umum dan Farm.*, vol. 2, no. 3, pp. 76–94, 2024.
- [6] F. Ferella, S. Paembonan, and H. Abduh, “Prototype Sistem Kontrol Rumah Pintar Menggunakan Kamera Berbasis Internet Of Things (IoT),” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, 2025.
- [7] B. Suhendar, T. D. Fuady, and Y. Herdian, “Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ideal Tanaman Stroberi Berbasis Internet of Things (IoT),” *J. Ilm. Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 48–60, 2021.
- [8] H. Hasbullah and Y. Pramudya, “Pengembangan Sistem Pemantauan Tinggi Gelombang Air Pada Model Tsunami Menggunakan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Berbantuan Arduino,” *Syntax Idea*, vol. 6, no. 2, pp. 681–689, 2024.
- [9] S. P. D. B. BANJIR, “Prototype Sistem Monitoring Dan Pengendalian Pintu Air Otomatis Sebagai Peringatan Dini Bahaya Banjir Berbasis Internet Of Things,” in *Seminar Nasional Matematika dan Aplikasinya*, 2017.
- [10] D. Sasmoko, “Arduino dan sensor pada project arduino diy,” *Penerbit Yayasan Prima Agus Tek.*, pp. 1–123, 2021.
- [11] I. A. Deswiyan, S. Solikhun, S. Sumarno, P. Poningsih, and S. R. Andani, “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Ketinggian Air dan Alarm Pemberitahuan Antisipasi Datangnya Banjir Berbasis Arduino Uno,” *J. Penelit. Inov.*, vol. 1, no. 2, pp. 155–164, 2021.
- [12] M. A. R. Hidayat, N. N. Izzati, A. R. P. Prirhatama, Y. Patria, and S. Kurmilasari, “Pengujian Perangkat Lunak Pada Website Ka’cake: Implementasi Unit Testing, Integration Testing, System Testing, Dan Validation Testing Untuk Menjamin Kualitas Dan Keandalan Sistem,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 9, no. 4, pp. 6805–6811, 2025.
- [13] I. K. W. Gunawan, A. Nurkholis, A. Sucipto, and A. Afifudin, “Sistem monitoring kelembaban gabah padi berbasis Arduino,” 2020.
- [14] S. Nurhadiyono, “Aplikasi Internet Of Thing Berbasis Platform Firebase Dengan Menggunakan Mikrokontroler Esp 8266 Pada Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir,” 2024, *Universitas Islam Sultan Agung Semarang*.
- [15] J. Y. Mahardika, I. Anshory, I. Sulistiyowati, and D. H. R. Saputra, “Design of an Arduino Uno-based Drain Cleaning System for Housing Clusters,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 124–131, 2024.