

RANCANG BANGUN SISTEM IOT UNTUK MONITORING KETINGGIAN AIR SUNGAI MENGGUNAKAN NODEMCU DAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 TERINTEGRASI WEBSITE

Darel Trescanaya¹, Yayak Kartika Sari², Mohamad Khoirul Ansor³

^{1, 2, 3}Universitas Bhinneka PGRI, Jl. Mayor Sujadi No.7, Tulungagung, Jawa Timur, Indonesia
Email: darelbrol23@gmail.com

Article History

Received: 14-05-2026

Revision: 27-05-2026

Accepted: 29-05-2026

Published: 31-05-2026

Abstract. This study aims to design and build an Internet of Things (IoT)-based river water level monitoring system using NodeMCU ESP8266 and HC-SR04 ultrasonic sensor integrated with a website in Semarang Village, Durenan District, Trenggalek Regency. The system was developed using the Rapid Application Development (RAD) method with the Laravel framework and MySQL database. Data collection techniques include observation, interviews, literature studies, experiments, and documentation. Data analysis was carried out through functional testing of the system using Black Box Testing, sensor accuracy analysis using Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and analysis of WhatsApp notification response time. The results showed that the system was able to read the water level automatically every minute, display data in real-time via the website, and send WhatsApp notifications automatically when alert or danger status. The results of Black Box Testing showed that all system features functioned well. Accuracy testing produced a MAPE value of 1.027% with an average accuracy rate of 98.97%, while WhatsApp notification testing showed a 100% success rate with an average delay of around 50 seconds. This system is equipped with three water condition indicators (SAFE, ALERT, and DANGER) as well as multi-user management features which are an added value compared to previous research.

Keywords: IoT, Water Level Monitoring, NodeMCU ESP8266, HC-SR04, Laravel, Early Warning System

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring ketinggian air sungai berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor ultrasonik HC-SR04 yang terintegrasi dengan website di Desa Semarang, Kecamatan Durenan, Kabupaten Trenggalek. Sistem dikembangkan menggunakan metode Rapid Application Development (RAD) dengan framework Laravel dan database MySQL. Teknik pengumpulan data meliputi observasi, wawancara, studi pustaka, eksperimen, dan dokumentasi. Analisis data dilakukan melalui pengujian fungsional sistem menggunakan Black Box Testing, analisis akurasi sensor menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE), serta analisis waktu respons notifikasi WhatsApp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca ketinggian air secara otomatis setiap satu menit, menampilkan data secara *real-time* melalui website, dan mengirimkan notifikasi WhatsApp secara otomatis saat status siaga atau bahaya. Hasil Black Box Testing menunjukkan seluruh fitur sistem berfungsi dengan baik. Pengujian akurasi menghasilkan nilai MAPE sebesar 1,027% dengan tingkat akurasi rata-rata 98,97%, sedangkan pengujian notifikasi WhatsApp menunjukkan tingkat keberhasilan 100% dengan rata-rata *delay* sekitar 50 detik. Sistem ini dilengkapi tiga indikator kondisi air (AMAN, SIAGA, dan BAHAYA) serta fitur manajemen multi-pengguna yang menjadi nilai tambah dibandingkan penelitian sebelumnya.

Kata Kunci: *IoT, Monitoring Ketinggian Air, NodeMCU ESP8266, HC-SR04, Laravel, Sistem Peringatan Dini*

How to Cite: Trescanaya, D., Sari, Y.K. & Ansor, M.K. (2026). Rancang Bangun Sistem *IoT* untuk Monitoring Ketinggian Air Sungai Menggunakan *NodeMCU* dan Sensor *Ultrasonik HC-SR04* Terintegrasi *Website*. *HORIZON: Indonesian Journal of Multidisciplinary*, 4 (3), 1283-1291. <http://doi.org/10.54373/hijm.v4i3.5834>

PENDAHULUAN

Internet of Things (IoT) merupakan salah satu teknologi yang berkembang pesat dan menjadi bagian penting dari transformasi digital di berbagai sektor. Melalui kemampuan menghubungkan perangkat fisik dengan jaringan internet, IoT memungkinkan proses pengumpulan, pengiriman, dan pemantauan data secara otomatis dan *real-time* (Ardiansyah & Iskandar, 2024). Teknologi ini telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, termasuk pemantauan lingkungan dan mitigasi bencana alam seperti banjir.

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Indonesia dan menimbulkan kerugian sosial maupun ekonomi yang signifikan. Salah satu wilayah yang memiliki kerentanan terhadap banjir adalah Desa Semarum, Kecamatan Durenan, Kabupaten Trenggalek, yang dilalui aliran Sungai Ngasinan. Berdasarkan laporan Kevin Arfadhila Edy Suretno (2022), hujan deras yang berlangsung hampir dua hari pada Oktober 2022 menyebabkan sungai meluap dan mengakibatkan banjir yang berdampak pada 368 rumah, 404 kepala keluarga, dan sekitar 1.400 jiwa. Peristiwa tersebut menunjukkan pentingnya sistem pemantauan ketinggian air yang mampu memberikan informasi dan peringatan dini kepada masyarakat.

Permasalahan yang dihadapi masyarakat saat ini adalah keterbatasan sistem pemantauan yang dapat memberikan informasi kondisi sungai secara cepat dan berkelanjutan. Warga yang berada jauh dari lokasi sungai sering kali tidak mengetahui peningkatan debit air hingga banjir terjadi. Kondisi ini menyebabkan keterlambatan dalam melakukan tindakan antisipasi. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring berbasis IoT yang mampu mengukur ketinggian air secara otomatis, menyajikan data secara *real-time*, dan memberikan notifikasi peringatan dini kepada masyarakat. Dalam pengembangan sistem monitoring berbasis IoT, NodeMCU ESP8266 dan sensor ultrasonik HC-SR04 menjadi perangkat yang banyak digunakan karena memiliki biaya yang relatif rendah dan kemampuan yang memadai. NodeMCU berfungsi sebagai pengendali utama sekaligus media komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi, sedangkan sensor HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak permukaan air dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Integrasi kedua perangkat tersebut memungkinkan proses pemantauan ketinggian air dilakukan secara otomatis dan berkesinambungan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring ketinggian air berbasis IoT. Harjanto et al. (2025) mengembangkan sistem pemantauan ketinggian air bendungan berbasis IoT, namun belum dilengkapi indikator tingkat bahaya. Eka et al. (2023) menggunakan ESP32 dan *framework Blynk* dengan notifikasi yang masih terbatas pada pengguna tertentu. Sementara itu, Poetra et al. (2023) mengembangkan sistem monitoring

ketinggian air berbasis IoT yang hanya menampilkan data numerik tanpa penyimpanan data historis. Hasil kajian tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat kebutuhan akan sistem yang mampu memberikan informasi status bahaya secara jelas, notifikasi yang mudah diakses masyarakat, serta pengelolaan data yang lebih komprehensif.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring ketinggian air sungai berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor ultrasonik HC-SR04 yang terintegrasi dengan website. Sistem dilengkapi dengan tiga indikator kondisi air (AMAN, SIAGA, dan BAHAYA), notifikasi WhatsApp otomatis, penyimpanan data historis, serta fitur manajemen multi-pengguna. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring ketinggian air sungai yang mampu menyajikan informasi secara real-time serta menguji fungsionalitas dan kinerja sistem dalam mendukung upaya mitigasi banjir di Desa Semarum, Kecamatan Durenan, Kabupaten Trenggalek.

METODE

Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah *Rapid Application Development* (RAD). Metode RAD berfokus pada pengembangan perangkat lunak secara cepat melalui prototipe dan pengujian berulang. Tahapan RAD yang diterapkan meliputi: (1) Perencanaan Kebutuhan, (2) Desain Sistem, (3) Proses Pengembangan, dan (4) Implementasi. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Semarum, Kecamatan Durenan, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur, dengan objek penelitian Sungai Ngasinan yang merupakan sungai terpanjang dan terdalam di Kabupaten Trenggalek dengan panjang 41,50 km, lebar permukaan 32,00 m, lebar dasar 20,00 m, dan kedalaman 6,80 m. Penelitian dilaksanakan dari Oktober 2025 hingga Mei 2026.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi (1) Observasi, yaitu pengamatan langsung terhadap kondisi aliran Sungai Ngasinan di Desa Semarum untuk memahami karakteristik sungai dan kebutuhan sistem pemantauan, (2) Wawancara, yaitu pengumpulan informasi dari perangkat desa mengenai kebutuhan sistem peringatan dini banjir, (3) Studi Pustaka, yaitu telaah literatur terkait sistem *IoT*, *NodeMCU*, sensor ultrasonik, dan pengembangan *website* berbasis *Laravel*, (4) Eksperimen, yaitu pengujian komponen elektronik dan sistem secara langsung di lapangan, dan (5) Dokumentasi, yaitu pencatatan hasil pengujian, pengukuran, dan foto implementasi sistem.

Perangkat keras yang digunakan meliputi: *NodeMCU ESP8266* sebagai mikrokontroler utama, sensor ultrasonik *HC-SR04* sebagai pendeteksi ketinggian air, LCD 16x2 dengan modul I2C sebagai tampilan lokal, kabel jumper, dan *power bank* 6000 mAh sebagai sumber daya. Perangkat lunak yang digunakan adalah *framework Laravel* 10, PHP 8.1, MySQL, Arduino

IDE, dan Composer. Arsitektur sistem terdiri dari tiga lapisan utama. Pertama, lapisan perangkat (*things layer*) yang mencakup sensor *HC-SR04* dan *NodeMCU ESP8266*. Kedua, lapisan jaringan (*network layer*) menggunakan protokol *HTTP/HTTPS* melalui koneksi *Wi-Fi*. Ketiga, lapisan aplikasi (*application layer*) berupa *website* berbasis *Laravel* yang dapat diakses pengguna. Logika klasifikasi status air menggunakan tiga kategori: AMAN (ketinggian air di bawah batas siaga), SIAGA (ketinggian air mencapai atau melewati batas siaga namun di bawah batas bahaya), dan BAHAYA (ketinggian air melebihi batas bahaya). Threshold batas siaga dan bahaya dapat dikonfigurasi secara dinamis oleh admin melalui *dashboard* tanpa perlu pemrograman ulang perangkat.

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing yang berfokus pada pengujian fungsionalitas sistem berdasarkan masukan dan keluaran tanpa memperhatikan struktur internal kode. Selain itu, dilakukan pengujian akurasi pengukuran ketinggian air dengan membandingkan pembacaan sensor terhadap pengukuran manual menggunakan meteran, dilakukan sebanyak 10 kali pada tanggal 23 April 2026 pada kondisi air yang relatif stabil. Pengujian notifikasi WhatsApp dilakukan sebanyak 10 kali dengan mensimulasikan perubahan status ketinggian air.

HASIL

Pengembangan Sistem

Sistem monitoring ketinggian air sungai berhasil dikembangkan menggunakan metode RAD melalui empat tahapan: perencanaan kebutuhan, desain sistem, proses pengembangan, dan implementasi. Sistem terdiri dari perangkat keras IoT yang dipasang di tepi Sungai Ngasinan dan *website* berbasis *Laravel* yang dapat diakses secara publik melalui <https://semarumsiaga.my.id>.

Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras terdiri dari *NodeMCU ESP8266*, sensor ultrasonik *HC-SR04*, LCD 16x2 dengan modul I2C, dan *power bank*. Sensor *HC-SR04* dihubungkan ke *NodeMCU* dengan konfigurasi: VCC → 5V, GND → GND, Trig → D6, Echo → D5. Modul I2C LCD dihubungkan melalui pin SDA → D2 dan SCL → D1. Seluruh komponen ditempatkan dalam *box* pelindung kedap air, sementara sensor dipasang pada *bracket* akrilik yang mengarah langsung ke permukaan air sungai.

Logika Pemrograman Nodemcu

Perangkat *NodeMCU* diprogram menggunakan Arduino IDE dengan library *ESP8266WiFi.h*, *ESP8266HTTPClient.h*, *ArduinoJson.h*, dan *LiquidCrystal_I2C.h*. Sistem membaca data jarak dari sensor *HC-SR04*, mengonversinya menjadi ketinggian air ($\text{tinggiAir} = \text{tinggiWadah} - \text{jarakSensor}$), menentukan status kondisi, mengirim data ke *server* melalui *HTTP POST*, dan menampilkan informasi pada LCD 16x2 setiap interval yang dapat dikonfigurasi. Pengaturan *threshold* secara otomatis diperbarui setiap satu menit melalui mekanisme *polling* ke *server*.

Implementasi Antarmuka Website

Website menyediakan beberapa halaman utama yang dapat diakses oleh masyarakat umum tanpa perlu login, yaitu: (1) Halaman Utama yang menampilkan data ketinggian air terkini dalam bentuk tabel real-time beserta indikator status kondisi air; (2) Halaman Grafik Tinggi Air yang menampilkan visualisasi grafik garis perubahan ketinggian air berdasarkan rentang waktu; dan (3) Halaman Edukasi dan Nomor Penting yang memuat informasi mitigasi banjir dan kontak darurat. Selain halaman publik, tersedia *dashboard* admin yang mencakup: pengelolaan data sungai, pengaturan parameter perangkat, kelola konten edukasi, konfigurasi notifikasi *WhatsApp*, pendaftaran warga penerima notifikasi, serta halaman riwayat pembacaan sensor.

Hasil Pengujian *Black Box Testing*

Pengujian *Black Box Testing* dilakukan terhadap tiga kelompok fungsionalitas, yaitu halaman publik, halaman admin, dan sistem IoT. Seluruh skenario pengujian berhasil dengan status "Berhasil" tanpa ditemukan kesalahan pada fungsi utama sistem.

Tabel 1. Ringkasan hasil *black box testing*

Kelompok Pengujian	Jumlah Skenario	Berhasil	Gagal
Halaman Publik (User/Warga)	6	6	0
Halaman Admin	13	13	0
Sistem IoT	5	5	0
Total	24	24	0

Pengujian Akurasi Pengukuran Ketinggian Air

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor IoT terhadap pengukuran manual menggunakan meteran sebanyak 10 kali pada kondisi air yang relatif stabil.

Tabel 2. Hasil pengujian akurasi pengukuran ketinggian air

No	Manual (cm)	IoT (cm)	Selisih (cm)	MAPE (%)	Akurasi (%)
1	266	268,5	2,5	0,940	99,06
2	266	269,0	3,0	1,128	98,87
3	266	269,0	3,0	1,128	98,87
4	266	266,9	0,9	0,338	99,66
5	266	268,8	2,8	1,053	98,95
6	266	269,0	3,0	1,128	98,87
7	266	268,4	2,4	0,902	99,10
8	266	269,0	3,0	1,128	98,87
9	266	269,0	3,0	1,128	98,87
10	266	269,7	3,7	1,391	98,61
Rata-rata	266	-	2,73	1,026	98,97

Berdasarkan Tabel 2, sistem menghasilkan Mean Absolute Error (MAE) sebesar 2,73 cm, Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 2,82 cm, dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 1,026%, sehingga akurasi rata-rata sistem adalah **98,97%**. Selisih terbesar terjadi pada pengukuran ke-10 (3,7 cm) dan terkecil pada pengukuran ke-4 (0,9 cm). Variasi selisih diduga disebabkan oleh objek terapung di permukaan sungai, riak arus air, serta pengaruh suhu dan kelembapan udara terhadap kecepatan rambat gelombang ultrasonik.

Pengujian Notifikasi *Whatsapp*

Pengujian notifikasi WhatsApp dilakukan 10 kali dengan mensimulasikan perubahan status ketinggian air. Seluruh pengujian berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%. Rata-rata delay pengiriman adalah $\pm 49,9$ detik, dengan delay terpendek 45 detik dan terpanjang 55 detik. Notifikasi hanya dikirim ketika status air meningkat ke SIAGA atau BAHAYA, tidak ketika status turun, sehingga menghindari pesan yang tidak diperlukan.

Tabel 3. Hasil pengujian notifikasi WhatsApp

No	Perubahan Status	Output yang Diharapkan	Delay	Status
1	AMAN → SIAGA	Notifikasi SIAGA terkirim	± 45 detik	Berhasil
2	SIAGA → BAHAYA	Notifikasi BAHAYA terkirim	± 52 detik	Berhasil
3	BAHAYA → SIAGA	Tidak ada notifikasi	–	Berhasil
4	AMAN → SIAGA	Notifikasi SIAGA terkirim	± 48 detik	Berhasil
5	SIAGA → BAHAYA	Notifikasi BAHAYA terkirim	± 55 detik	Berhasil
6–10	(Lanjutan pengujian)	Sesuai skenario	± 47 – 53 detik	Berhasil

DISKUSI

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan penelitian terdahulu. Pertama, sistem ini dilengkapi tiga level indikator bahaya (AMAN, SIAGA, dan BAHAYA) yang memberikan informasi kondisi air secara lebih rinci kepada masyarakat. Fitur ini sejalan dengan konsep *early warning system* yang menekankan pentingnya penyampaian informasi risiko secara bertingkat agar pengguna dapat mengambil tindakan yang sesuai dengan tingkat ancaman yang dihadapi. Dibandingkan penelitian Harjanto et al. (2025) yang tidak memiliki indikator bahaya serta Eka et al. (2023) dan Habib et al. (2023) yang hanya menerapkan dua level status, sistem ini mampu memberikan dukungan pengambilan keputusan yang lebih baik bagi masyarakat dalam menghadapi potensi banjir.

Sistem mengintegrasikan notifikasi otomatis melalui WhatsApp yang memungkinkan penyebaran informasi secara cepat dan luas. Temuan ini mendukung teori kualitas informasi yang menyatakan bahwa efektivitas suatu sistem informasi tidak hanya ditentukan oleh akurasi data, tetapi juga oleh kecepatan dan kemudahan akses informasi oleh pengguna. Dibandingkan notifikasi berbasis aplikasi tertentu seperti Blynk pada penelitian Eka et al. (2023), penggunaan WhatsApp lebih relevan karena merupakan platform komunikasi yang umum digunakan masyarakat Indonesia. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai sarana komunikasi risiko yang lebih efektif.

Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi sebesar 98,97% dengan nilai MAPE 1,027%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 mampu menghasilkan pengukuran yang sangat baik pada lingkungan sungai setelah dilakukan proses kalibrasi. Temuan ini sejalan dengan pendapat Ayyuw (2025) yang menyatakan bahwa akurasi sensor HC-SR04 dapat mencapai 95%–99% bergantung pada metode pemasangan dan kondisi lingkungan. Secara teoretis, hasil ini memperkuat konsep bahwa proses kalibrasi dan penyesuaian parameter sistem merupakan faktor penting dalam meningkatkan reliabilitas sensor pada implementasi IoT di lingkungan nyata.

Fitur manajemen multi-pengguna dan penyimpanan data historis menjadi nilai tambah yang belum ditemukan pada penelitian terdahulu. Dari perspektif sistem informasi, penyimpanan data historis memungkinkan proses analisis tren dan evaluasi kondisi sungai secara berkelanjutan, sementara manajemen multi-pengguna mendukung penyebaran informasi yang lebih luas kepada masyarakat. Temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan sistem IoT tidak hanya berfokus pada akuisisi data secara real-time, tetapi juga pada pengelolaan informasi yang dapat mendukung mitigasi bencana secara lebih efektif.

Meskipun demikian, sistem masih memiliki beberapa keterbatasan. Sistem bergantung pada ketersediaan jaringan Wi-Fi dan hanya melakukan pemantauan pada satu titik di Sungai Ngasinan sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi seluruh aliran sungai. Selain itu, sensor HC-SR04 masih rentan terhadap gangguan lingkungan seperti riak air dan benda terapung yang menyebabkan variasi selisih pengukuran antara 0,9 cm hingga 3,7 cm. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem dengan jaringan komunikasi yang lebih luas, penggunaan beberapa titik sensor, serta integrasi sensor yang lebih tahan terhadap kondisi lingkungan sungai.

KESIMPULAN

Sistem monitoring ketinggian air sungai berbasis *Internet of Things (IoT)* berhasil dikembangkan menggunakan *NodeMCU ESP8266* dan sensor ultrasonik *HC-SR04* yang terintegrasi dengan *website* berbasis *Laravel* di Desa Semarum, Kecamatan Durenan, Kabupaten Trenggalek. Sistem mampu melakukan pembacaan ketinggian air secara otomatis setiap satu menit dan menampilkan data secara *real-time* melalui *website* serta LCD 16x2 di lokasi pemasangan. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode *Black Box Testing*, seluruh 24 skenario pengujian pada tiga kelompok fungsionalitas (halaman publik, halaman admin, dan sistem IoT) berhasil dengan status "Berhasil". Pengujian akurasi menunjukkan rata-rata akurasi 98,97% (MAPE 1,027%), sementara pengujian notifikasi *WhatsApp* menunjukkan tingkat keberhasilan 100% dengan rata-rata *delay* ± 50 detik. Dengan demikian, sistem dapat digunakan sebagai media monitoring dan pendukung peringatan dini banjir berbasis *IoT* secara *real-time*.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa rekomendasi untuk pengembangan selanjutnya:

- Menambahkan algoritma filter data seperti *median filter* atau *moving average* pada program *NodeMCU* untuk meminimalkan kesalahan pembacaan sensor akibat gangguan objek di permukaan sungai.
- Menambahkan beberapa titik sensor pada lokasi berbeda di sepanjang aliran sungai agar proses monitoring dapat dilakukan secara lebih menyeluruh dan representatif.
- Menambahkan koneksi alternatif seperti jaringan seluler GSM atau LoRa sebagai cadangan ketika jaringan *Wi-Fi* tidak tersedia.

- Mengembangkan fitur analisis data historis yang lebih lengkap untuk mendukung prediksi potensi banjir di masa mendatang.

REFERENSI

- Agustin, R. D., Suchayo, I., & Yantidewi, M. (2022). Rancang bangun alat monitoring pasang surut air laut berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266 dan HC-SR04. *JlIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 6(2), 147–157.
- Ardiansyah, I. R., & Iskandar, J. (2024). Sistem Monitoring Volume Bahan Bakar Minyak Untuk Kendaraan Bermotor Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Sensor Ultrasonik HY-SRF05. *Journal of Informatics and Computer Science (JOINCOS)*, 1(2), 29–35.
- Ayyuw, D. A. N. (2025). Comparison Of Accuracy And Precision Of Distance Readings On HC-SR04, JSN-SR04T, And A02YYUW Ultrasonic Sensors. 27(1), 19–29.
- Eka, W., Anggara, F., Yuana, H., & Puspitasari, W. D. (2023). Rancang Bangun Alat Monitor Ketinggian Air Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP32 dan Framework Blynk. 7(5), 3837–3845.
- Habib, M., Hudry, A., Fathoni, F., Ulkhaq, Y., Rifki, P. T., & H, M. A. (2023). Perancangan Sistem Pendeteksi dan Monitoring Ketinggian Air Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP8266. 2(3), 87–93.
- Harjanto, P. P., Pradana, A. I., & Pamekas, B. W. (2025). Sistem Pemantauan Ketinggian Air Pada Bendungan Berbasis Internet Of Things. 14(105), 472–485.
- Hendrian, Y., Ramadhan, G. F., & Nugroho, P. A. (2024). Prototype Sistem Monitoring Banjir Berbasis Thingspeak Menggunakan NodeMCU. 5(1), 1–6.
- Kharisma, R. S., & Puspitaningrum, N. A. (2025). Design and implementation of an IoT-based real-time water level monitoring system of belik river at Yogyakarta city. 206–214.
- Mushofa & Maseri, A. C. (2024). Pemanfaatan teknologi IoT untuk mendukung pembelajaran interaktif dan pengelolaan sarana prasarana di lembaga pendidikan Islam. *Sibatik Journal*, 4(4), 1–10.
- Poetra, A. A., Nandika, R., & Wijaya, T. K. (2023). Prototipe Sistem Monitoring Ketinggian Air Pada Tangki Berbasis Internet Of Things. 6(1), 97–108.
- Pratama, E. A., Krisgianti, S., & Paramita, H. M. (2023). Penerapan metode Rapid Application Development (RAD) pada pengembangan sistem informasi inventaris aset Desa Rempoah. *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, 6(1), 49–59.
- Putri, C. H., & Informatika, T. (2025). *Cendikia Pendidikan*. 17(9). <https://doi.org/10.9644/sindoro.v3i9.252>
- Sondang, S. (2024). Penerapan Metode RAD Dalam Pengembangan Sistem Informasi Pemesanan Jasa Percetakan Berbasis Web. 8, 871–881.
- Sujadi, H., Nurdiana, N., & Maulana, R. I. (2023). Pengembangan Sistem Smart Village Berbasis Internet of Things untuk Meningkatkan Kualitas Hidup di Desa. *Journal of Applied Computer Science And Technology (JACOST)*, 4(2), 141–146.
- Umar, M. A. (2020). A Study of Software Testing: Categories, Levels, Techniques, and Types. <https://doi.org/10.36227/techriv.12578714.v1>
- Ukri, R. I., Faturochman, W., Dauni, P., Husain, A., & Abdurrohman, I. (2023). Design of Flood Early Warning Monitoring System Using a ESP32 Microcontroller Ultrasonic Sensor Based on Website and Telegram Chat Bot. 1(2), 101–110.