

SISTEM MONITORING DAN KONTROL PINTU BENDUNGAN BERBASIS NODEMCU DAN ENERGI TERBARUKAN

Abas Rifai¹⁾, Arnes Sembiring²⁾, Kristina Annatasia Br Sitepu³⁾, Saifuddin Muhammad Jalil⁴⁾

¹⁾Teknik Informatika, STMIK Kaputama, Binjai, Indonesia

²⁾Teknik Informatika, Universitas Medan Area, Medan, Indonesia

³⁾Teknik Informatika, STMIK Kaputama, Binjai, Indonesia

⁴⁾Teknik Industri, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara, Indonesia

abasrifai321@gmail.com¹⁾, arnessembiring@staff.uma.ac.id²⁾, kannatasia88@gmail.com³⁾,
saifuddin@unimal.ac.id⁴⁾

Abstrak

Pintu bendungan memiliki peran strategis dalam pengelolaan sumber daya air, mencakup irigasi, pengendalian banjir, hingga penyediaan air bersih bagi masyarakat. Namun, di banyak daerah, sistem pengoperasian pintu masih bersifat manual dan sangat tergantung pada intervensi manusia. Ketergantungan ini menyebabkan keterlambatan dalam merespons fluktuasi volume air secara tiba-tiba, terutama pada saat cuaca ekstrem, yang berisiko menimbulkan bencana seperti banjir dan kekeringan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem otomatisasi pintu bendungan berbasis Internet of Things (IoT), dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai unit kendali utama. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian permukaan air secara real-time, sementara sensor hujan memantau kondisi cuaca. Sistem ini dilengkapi panel surya sebagai sumber energi terbarukan guna mendukung keberlanjutan operasional. Motor servo digunakan untuk membuka dan menutup pintu bendungan secara otomatis berdasarkan data sensor yang dianalisis secara cerdas. Seluruh data dikirimkan ke aplikasi Blynk, memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui perangkat seluler. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini bekerja secara akurat, responsif, dan andal dalam berbagai kondisi simulasi. Temuan ini menawarkan solusi teknologi yang inovatif, hemat energi, dan berpotensi diterapkan secara luas dalam sistem pengelolaan air terpadu di masa depan.

Kata Kunci: Internet of Things, Otomatisasi Bendungan, NodeMCU ESP8266, Sensor Ultrasonik, Panel Surya

1. Pendahuluan

Pintu bendungan memiliki peran yang sangat penting dalam pengelolaan sumber daya air, terutama dalam pengendalian aliran air sungai atau waduk untuk mencegah terjadinya bencana hidrologis seperti banjir dan kekeringan. Dalam sistem pengelolaan air skala besar, seperti irigasi pertanian, penyediaan air bersih, dan pembangkit listrik tenaga air, keberadaan pintu bendungan yang dapat dioperasikan secara tepat dan efisien menjadi sangat krusial [1]. Salah satu tantangan utama dalam sistem pengelolaan bendungan adalah keterbatasan respons terhadap perubahan kondisi debit air yang bisa terjadi secara tiba-tiba, terutama saat musim hujan atau ketika terjadi cuaca ekstrem.

Sayangnya, hingga saat ini, sebagian besar pintu bendungan di berbagai daerah di Indonesia maupun negara berkembang lainnya masih dioperasikan secara manual. Proses ini umumnya memerlukan intervensi manusia secara langsung di lokasi, yang tidak hanya membutuhkan waktu, tetapi juga rawan terhadap keterlambatan dalam pengambilan keputusan. Keterlambatan tersebut dapat mengakibatkan ketidaksesuaian antara kondisi debit air aktual dengan tindakan pengaturan pintu, sehingga berisiko memperparah keadaan, baik itu dalam bentuk banjir akibat debit air yang meluap, maupun kekeringan karena distribusi air yang tidak efisien [2]. Hal ini menjadi permasalahan serius yang memerlukan solusi teknologi yang tepat guna.

Seiring perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, konsep Internet of Things (IoT) telah membuka peluang besar untuk menghadirkan solusi otomasi dalam berbagai bidang, termasuk dalam pengelolaan infrastruktur sumber daya air. IoT memungkinkan berbagai perangkat sensor dan aktuator terhubung dalam satu sistem yang saling berkomunikasi, mengumpulkan data secara real-time, dan merespons secara otomatis atau melalui kendali jarak jauh [3]. Dalam konteks bendungan, penerapan IoT dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem otomatisasi pintu air yang lebih efisien, responsif, dan akurat dalam menanggapi dinamika kondisi lingkungan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengajukan sebuah purwarupa sistem otomatisasi pintu bendungan berbasis Internet of Things yang mampu beroperasi secara mandiri dan efisien dengan sumber energi terbarukan. Purwarupa sistem (selanjutnya disebut dengan sistem) ini dirancang dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama, yaitu NodeMCU sebagai mikrokontroler berbasis Wi-Fi yang berfungsi sebagai otak dari sistem, sensor ultrasonik yang digunakan untuk memantau ketinggian air pada permukaan bendungan secara

kontinu, serta rain sensor untuk mendeteksi intensitas curah hujan di area sekitar. Kedua sensor ini berperan penting dalam memberikan data lingkungan yang aktual sehingga sistem dapat mengambil keputusan yang tepat dalam mengatur buka-tutup pintu bendungan secara otomatis.

Untuk menjawab tantangan keterbatasan akses listrik di beberapa lokasi bendungan, sistem ini juga dilengkapi dengan panel surya sebagai sumber energi utama. Panel surya ini akan mengisi baterai yang menyediakan daya bagi seluruh perangkat elektronik dalam sistem, sehingga memungkinkan sistem ini untuk beroperasi secara mandiri (stand-alone) tanpa ketergantungan pada pasokan listrik dari jaringan PLN. Penggunaan energi terbarukan ini tidak hanya membuat sistem lebih mandiri, tetapi juga mendukung inisiatif pengelolaan infrastruktur yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Seluruh sistem dikendalikan dan dimonitor secara real-time melalui aplikasi Blynk, sebuah platform IoT yang memungkinkan pengguna untuk mengakses dan mengendalikan perangkat dari jarak jauh melalui smartphone [4] [5]. Dengan menggunakan antarmuka Blynk, pengguna dapat memantau data ketinggian air dan intensitas hujan secara langsung, serta menerima notifikasi apabila terjadi kondisi kritis yang membutuhkan perhatian atau intervensi lebih lanjut. Selain itu, pengguna juga dapat mengendalikan buka-tutup pintu bendungan secara manual dari jarak jauh apabila diperlukan, misalnya saat terjadi gangguan sensor atau kondisi darurat lainnya.

Penelitian ini menghasilkan sebuah solusi teknologi yang tidak hanya efisien dan efektif, tetapi juga terjangkau dan aplikatif untuk berbagai wilayah yang membutuhkan sistem pengelolaan air cerdas berbasis IoT dan energi terbarukan. Dengan demikian, penerapan teknologi seperti ini berpotensi untuk mendukung ketahanan air nasional, meningkatkan kesiapsiagaan terhadap bencana hidrometeorologi, dan memperkuat sistem infrastruktur yang adaptif terhadap perubahan iklim di masa depan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode prototyping, yaitu sebuah metode yang berfokus pada proses iteratif dengan melibatkan serangkaian tahapan yang sistematis mulai dari analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi prototipe, hingga tahap pengujian dan evaluasi. Metode ini dipilih karena mampu memfasilitasi pengembangan sistem secara bertahap serta memungkinkan perbaikan dan penyempurnaan berkelanjutan berdasarkan hasil pengujian dan umpan balik yang diperoleh selama proses pengembangan [6].

Pada tahap analisis kebutuhan, dilakukan pengkajian terhadap aspek fungsional dan non-fungsional yang diperlukan dalam sistem otomatisasi pintu bendungan. Proses perancangan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan diagram blok, rangkaian skematik, serta desain antarmuka pengguna guna memberikan gambaran menyeluruh mengenai sistem yang akan dikembangkan. Implementasi prototipe melibatkan perakitan komponen perangkat keras, termasuk NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian permukaan air, sensor hujan untuk mendeteksi intensitas curah hujan, serta motor servo yang berfungsi sebagai aktuator pembuka dan penutup pintu bendungan [7]. Sistem ini juga dilengkapi dengan sumber daya mandiri berupa panel surya, solar charge controller, dan baterai aki guna menjamin ketersediaan energi yang stabil dan berkesinambungan. Di sisi lain, perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler dan aplikasi Blynk sebagai platform IoT untuk pemantauan dan pengendalian sistem secara daring. Sinergi antara perangkat keras dan perangkat lunak ini memungkinkan sistem bekerja secara otomatis dan efisien dalam mengelola pengoperasian pintu bendungan secara real-time. Tahap akhir dari penelitian ini mencakup pengujian dan evaluasi menyeluruh terhadap sistem guna memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik, akurat, dan sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang.

Proses Penelitian

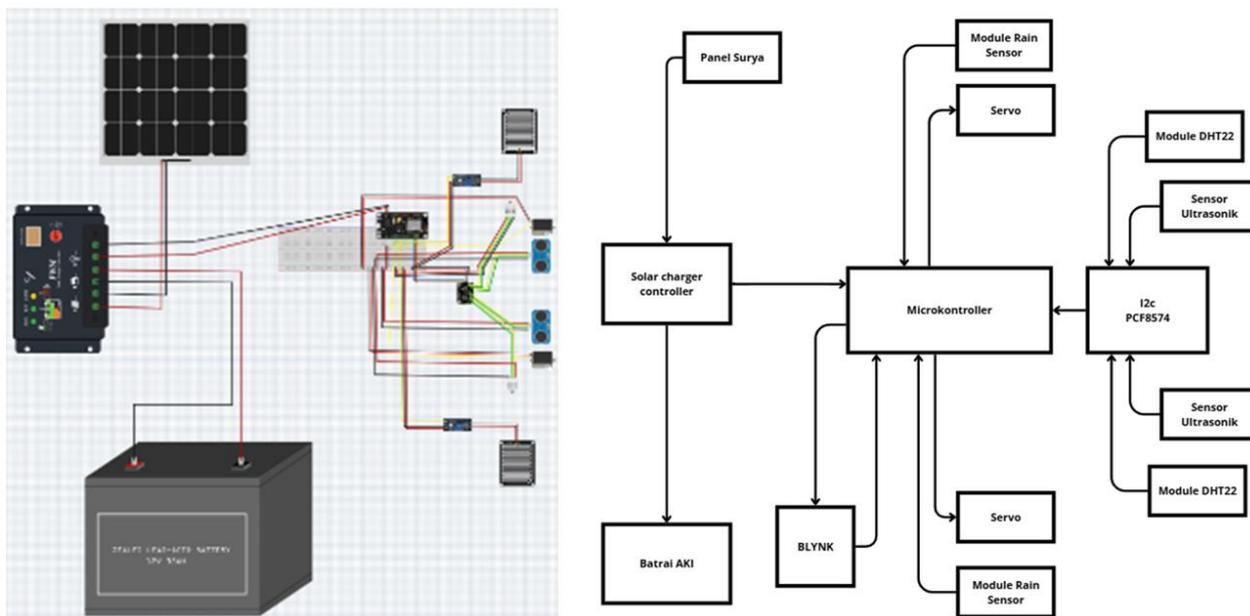
Penelitian ini dirakit dan diprogram sesuai dengan desain sistem yang telah dibuat pada tahap perancangan. Proses implementasi dimulai dengan merakit seluruh komponen perangkat keras, yaitu NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali [8], sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian permukaan air [9], *rain sensor* untuk mendeteksi kondisi cuaca [10], dan motor servo yang berfungsi sebagai aktuator untuk membuka dan menutup pintu bendungan secara otomatis [11]. Panel surya beserta *solar charger controller* dan baterai aki dipasang untuk memastikan sistem mendapatkan pasokan energi secara mandiri tanpa ketergantungan pada sumber listrik eksternal [12]. Setiap komponen dihubungkan dan disusun agar dapat saling berkomunikasi dengan baik dalam satu rangkaian yang terintegrasi.

Selanjutnya, perangkat lunak sistem dikembangkan dan diunggah ke NodeMCU menggunakan Arduino IDE. Program yang dibuat memungkinkan NodeMCU untuk membaca data dari berbagai sensor yang terpasang dan memproses informasi tersebut untuk menentukan tindakan yang harus diambil, seperti menggerakkan servo motor sesuai kondisi air [13]. Data yang diperoleh dari sensor juga dikirimkan secara *real-time* ke aplikasi Blynk melalui jaringan internet, sehingga pengguna dapat memantau kondisi bendungan serta mengontrol sistem secara manual jika diperlukan. Dengan integrasi ini, sistem mampu memberikan solusi yang efektif dalam pengelolaan pintu bendungan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang responsif, efisien [14], dan dapat diakses dari jarak jauh.

Diagram Sistem

Gambar 1 menunjukkan diagram sistem penelitian ini dan hubungan antar komponen yang saling terintegrasi untuk membentuk suatu sistem otomatisasi pintu bendungan berbasis *Internet of Things* (IoT) [15]. NodeMCU

ESP8266 berperan sebagai pusat kendali yang mengatur dan mengolah data yang diterima dari berbagai sensor. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi ketinggian permukaan air secara *real-time*, sedangkan *rain sensor* berfungsi untuk mendeteksi keberadaan hujan. Data yang diperoleh dari sensor ini kemudian diproses oleh NodeMCU untuk menentukan kondisi operasional pintu bendungan, sehingga sistem dapat merespons secara otomatis terhadap perubahan lingkungan tanpa keterlibatan manusia secara langsung.



Gambar 1. Diagram Sistem

Selain itu, sistem dilengkapi dengan motor servo yang berfungsi sebagai aktuator mekanis untuk membuka dan menutup pintu bendungan sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh NodeMCU berdasarkan data sensor yang diterima [16]. Keseluruhan sistem ini didukung oleh sumber energi yang berasal dari panel surya, yang kemudian disimpan di dalam baterai aki melalui *solar charger controller*. Penggunaan energi terbarukan ini memungkinkan sistem beroperasi secara mandiri dan berkelanjutan, bahkan di lokasi yang tidak memiliki akses listrik konvensional. Dengan konfigurasi ini, sistem mampu bekerja secara efisien, ramah lingkungan, serta dapat membantu mengurangi risiko banjir dan kekeringan akibat keterlambatan dalam pengoperasian pintu bendungan.

3. Hasil Penelitian

Sistem yang telah dirancang dan dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan kemampuan operasional yang sangat baik dalam dua mode utama, yaitu mode otomatis dan mode manual yang terintegrasi melalui aplikasi Blynk. Pada mode otomatis, sistem secara *real-time* membaca data dari beberapa sensor penting, yakni sensor ultrasonik yang berfungsi mendeteksi ketinggian permukaan air, sensor hujan yang hanya mendeteksi keberadaan hujan tanpa mengukur intensitasnya, serta sensor suhu yang memantau kondisi lingkungan sekitar bendungan. Data yang diperoleh dari ketiga sensor ini kemudian diolah oleh mikrokontroler NodeMCU dengan algoritma yang sudah diprogram sedemikian rupa agar mampu menentukan tindakan terbaik. Berdasarkan parameter ambang batas yang telah ditetapkan sebelumnya, NodeMCU secara otomatis mengatur bukaan pintu bendungan melalui motor servo, sehingga pintu dapat membuka atau menutup sesuai dengan kondisi aktual di lapangan tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung. Mekanisme ini memastikan bahwa pengelolaan aliran air dapat berjalan secara efisien, akurat, dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Sementara itu, mode manual memberikan fleksibilitas tambahan kepada pengguna melalui antarmuka aplikasi Blynk yang terhubung secara nirkabel menggunakan jaringan *internet*. Melalui aplikasi ini, pengguna dapat memantau secara *real-time* berbagai kondisi lingkungan seperti ketinggian permukaan air, keberadaan hujan, dan suhu sekitar bendungan. Selain fungsi monitoring, aplikasi Blynk juga menyediakan fitur kontrol manual yang memungkinkan pengguna membuka atau menutup pintu bendungan secara langsung dari jarak jauh menggunakan smartphone atau perangkat lain yang terhubung ke internet. Fitur ini sangat bermanfaat terutama dalam situasi khusus, misalnya saat diperlukan pengambilan keputusan yang lebih kompleks atau ketika terjadi gangguan pada sensor sehingga mode otomatis tidak dapat berjalan dengan optimal. Dengan demikian, mode manual menjadi pelengkap penting yang memberikan kontrol penuh dan memastikan keamanan operasional sistem bendungan.

Hasil pengujian terhadap prototipe sistem yang telah dikembangkan menunjukkan performa yang memuaskan dalam mensimulasikan berbagai skenario peningkatan volume air dan perubahan cuaca. Sistem mampu merespons dengan cepat dan tepat, menyesuaikan bukaan pintu bendungan secara dinamis sesuai data sensor yang diterima. Respons ini menunjukkan efektivitas sistem dalam mengelola aliran air secara adaptif, sehingga potensi risiko

banjir maupun kekeringan dapat diminimalkan secara signifikan. Keandalan sistem juga terbukti dalam kondisi simulasi yang beragam, memperkuat keyakinan bahwa solusi otomatisasi ini dapat diterapkan secara nyata di lapangan. Dengan adanya kemampuan monitoring dan kontrol jarak jauh melalui aplikasi Blynk, sistem ini memberikan nilai tambah berupa kemudahan pengelolaan dan pengawasan yang lebih efisien serta responsif terhadap berbagai kondisi yang berubah-ubah.

Implementasi

Sistem otomatisasi pintu bendungan dirakit dan diprogram berdasarkan desain yang telah direncanakan dengan menggunakan NodeMCU sebagai pusat kendali utama. NodeMCU dipilih karena kemampuannya dalam mengakses jaringan Wi-Fi serta mendukung integrasi berbagai sensor dan aktuator dalam satu platform yang kompak. Dalam implementasinya, NodeMCU dikonfigurasi untuk membaca data dari sensor ultrasonik yang berfungsi mendeteksi ketinggian permukaan air, serta rain sensor yang hanya mendeteksi keberadaan hujan, apakah sedang turun hujan atau tidak. Informasi yang diperoleh dari kedua sensor tersebut kemudian diproses secara *real-time* oleh NodeMCU untuk menentukan tindakan yang harus diambil terkait pengendalian pintu bendungan.

Berdasarkan hasil pemrosesan data dari sensor, NodeMCU mengendalikan motor servo yang berfungsi membuka atau menutup pintu bendungan secara otomatis sesuai dengan kondisi lingkungan yang terdeteksi. Mekanisme ini memungkinkan pintu bendungan untuk menyesuaikan bukaan secara dinamis guna mengatur aliran air secara efektif dan responsif tanpa perlu campur tangan manusia secara langsung. Sistem ini juga memastikan respons yang cepat terhadap perubahan kondisi seperti kenaikan permukaan air atau saat hujan mulai turun, sehingga dapat membantu meminimalkan risiko banjir maupun kekeringan.

Selain fungsi otomatisasi, sistem ini juga dilengkapi dengan kemampuan monitoring jarak jauh melalui aplikasi Blynk. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan secara langsung ke aplikasi tersebut, sehingga pengguna dapat memantau kondisi bendungan dan status sistem secara *real-time* melalui perangkat yang terhubung ke *internet*, seperti smartphone atau tablet. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya beroperasi secara otomatis, tetapi juga memberikan kemudahan bagi pengguna untuk melakukan kontrol dan pemantauan dari lokasi mana pun, meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas pengelolaan bendungan.

Pengujian

Pengujian ada beberapa tahap yaitu :

a. Pengujian perhitungan manual

Pengujian perhitungan manual dilakukan sebagai langkah verifikasi untuk memastikan bahwa sensor ultrasonik yang digunakan dalam sistem mampu mengukur jarak permukaan air dengan tingkat akurasi yang memadai. Pada pengujian ini, data jarak yang diperoleh dari pembacaan sensor ultrasonik dibandingkan secara langsung dengan hasil perhitungan manual berdasarkan prinsip dasar gelombang ultrasonik. Rumus yang digunakan untuk menghitung jarak secara manual adalah:

$$\text{Jarak} = \frac{\text{kecepatan suara} \times \text{waktu tempuh}}{2} \quad (3.1)$$

Rumus ini didasarkan pada fakta bahwa gelombang ultrasonik yang dipancarkan oleh sensor akan merambat hingga mengenai permukaan air, lalu memantul kembali ke sensor [17]. Waktu yang diukur adalah total perjalanan gelombang bolak-balik, sehingga hasilnya dibagi dua untuk mendapatkan jarak satu arah dari sensor ke permukaan air. Dalam perhitungan ini, kecepatan suara di udara diasumsikan konstan pada nilai standar sekitar 343 meter per detik pada suhu ruangan.

Dengan membandingkan hasil perhitungan manual tersebut dengan data jarak yang secara otomatis direkam oleh sensor ultrasonik, dapat dianalisis tingkat kesesuaian dan akurasi sensor dalam kondisi pengujian. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap toleransi kesalahan yang terjadi, sehingga dapat ditentukan apakah penyimpangan hasil sensor masih berada dalam batas yang dapat diterima untuk aplikasi pengukuran ketinggian air di bendungan. Langkah ini sangat penting untuk menjamin bahwa sistem otomatisasi dapat beroperasi dengan andal dan memberikan data yang valid sebagai dasar pengendalian pintu bendungan secara tepat.

Tabel 1. Pengujian Manual

No	Jarak actual (cm)	Pembaca sensor (cm)	Error (%)
1	10	8	2%
2	15	14	1%
3	20	18	2%
4	25	24.5	0.5%
5	28	26	2%

b. Pengujian menggunakan library sonar

Pengujian menggunakan *library* sonar dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan dan kestabilan pembacaan sensor ultrasonik ketika dioperasikan dengan bantuan pustaka (*library*) khusus yang tersedia pada *platform* NodeMCU. *Library* sonar ini dirancang untuk menyederhanakan proses pembacaan jarak dengan secara otomatis mengukur waktu tempuh gelombang ultrasonik dan mengonversinya menjadi nilai jarak, sehingga pengguna tidak perlu melakukan perhitungan waktu tempuh secara manual. Dengan menggunakan *library* ini, pemrograman menjadi lebih efisien dan proses pengambilan data sensor dapat berjalan lebih cepat dan konsisten. Setelah melakukan pengujian dengan *library* sonar, hasil pembacaan jarak yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan data hasil pengukuran manual yang sebelumnya dilakukan menggunakan rumus dasar kecepatan gelombang ultrasonik. Perbandingan ini penting untuk memastikan bahwa penggunaan *library* tidak mengurangi akurasi dan reliabilitas sistem secara keseluruhan. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk mengamati kestabilan pembacaan sensor dalam berbagai kondisi, termasuk saat simulasi perubahan ketinggian permukaan air. Dengan validasi ini, dapat dipastikan bahwa sistem otomatisasi pintu bendungan dapat bekerja dengan baik dan memberikan data yang konsisten serta dapat diandalkan saat diterapkan pada lingkungan nyata. Hasil dari pengujian menggunakan *library* sonar ini menjadi salah satu indikator penting dalam menilai performa dan keandalan sistem secara menyeluruh.

Tabel 2. Pengujian Menggunakan Library Sonar

No	Jarak actual (cm)	Pembaca sensor (cm)	Error (%)
1	10	9	1%
2	15	13	2%
3	20	19	1%
4	25	23	2%
5	28	26	2%

Evaluasi

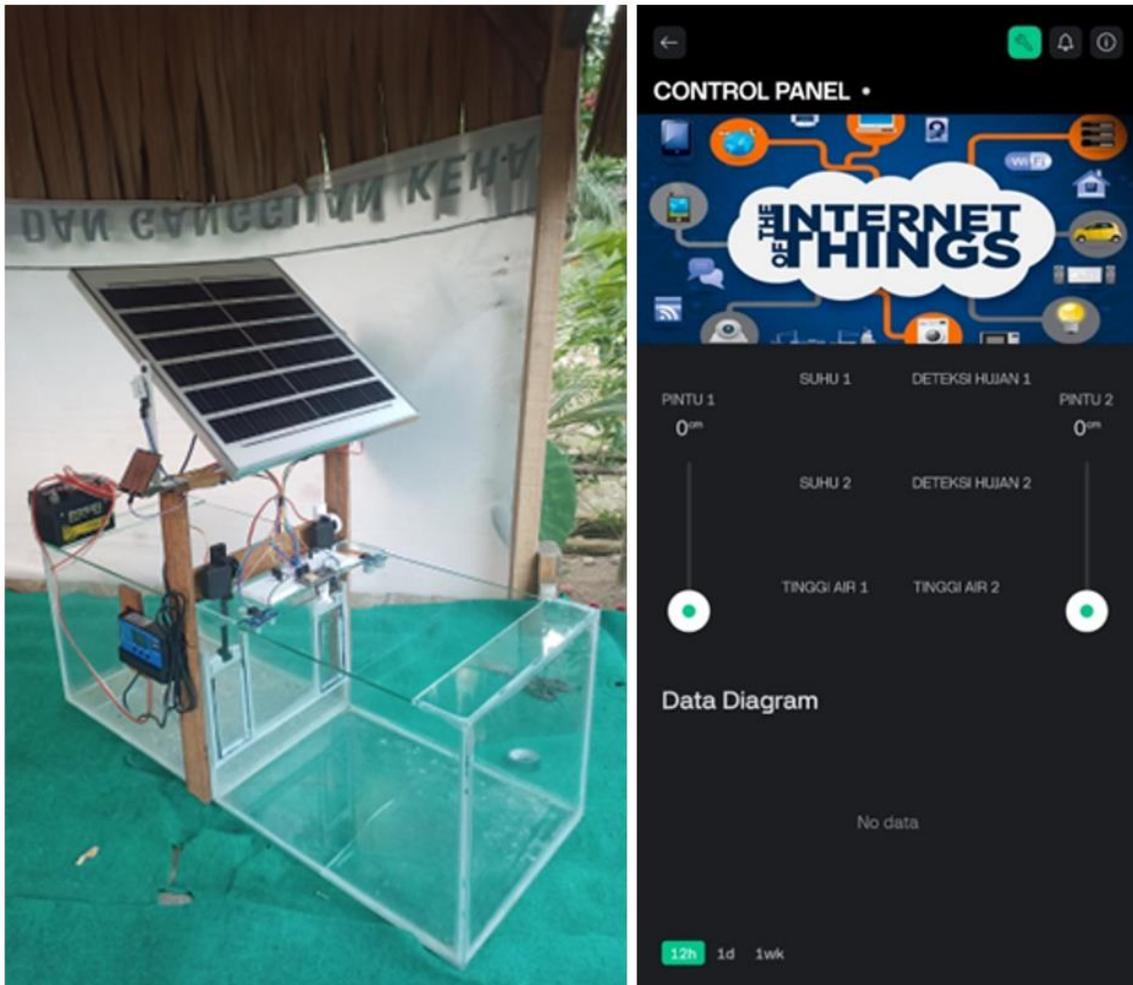
Sistem otomatisasi pintu bendungan yang telah dirancang berhasil menunjukkan kinerja optimal baik dalam mode otomatis maupun mode manual melalui aplikasi Blynk. Dalam pengujian, sistem mampu merespons perubahan kondisi lingkungan secara *real-time*, seperti kenaikan permukaan air dan peningkatan intensitas hujan. Sensor ultrasonik memberikan data akurat mengenai ketinggian air, sementara sensor hujan mendeteksi curah hujan secara sensitif dan konsisten. Berdasarkan data yang diterima, mikrokontroler NodeMCU memproses informasi dan mengatur gerakan pintu bendungan secara otomatis. Saat kondisi air melampaui ambang batas tertentu, pintu akan terbuka sebagian atau seluruhnya, tergantung pada tingkat urgensi. Seluruh informasi dan aktivitas sistem ditampilkan secara langsung di dashboard aplikasi Blynk, memungkinkan pengguna untuk memantau situasi kapan pun dan dari mana pun.

Selain mode otomatis, sistem juga menyediakan mode manual yang dapat diakses melalui antarmuka aplikasi, memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk melakukan intervensi langsung jika dibutuhkan, misalnya ketika terjadi gangguan sensor atau saat kondisi tertentu memerlukan penanganan khusus. Integrasi dengan panel surya juga terbukti efektif dalam menyediakan sumber energi yang cukup untuk menjalankan seluruh komponen sistem, termasuk sensor, mikrokontroler, dan motor servo. Hal ini menjadikan sistem mampu beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada jaringan listrik konvensional, sekaligus mendukung prinsip keberlanjutan melalui penggunaan energi terbarukan. Secara keseluruhan, sistem ini dinilai efektif, responsif, dan ramah lingkungan, serta memiliki potensi besar untuk diterapkan pada infrastruktur pengelolaan air di berbagai wilayah, terutama yang rawan banjir dan kekeringan.

Rancang Antarmuka dan Hasil Prototype

Antarmuka aplikasi Blynk dirancang untuk memfasilitasi kendali pengguna ke sistem dan menampilkan berbagai informasi penting terkait kondisi bendungan secara *real-time* seperti yang ditunjukkan di gambar 2. Informasi yang disajikan meliputi status suhu lingkungan sekitar bendungan, tingkat curah hujan yang terdeteksi oleh *rain sensor*, serta ketinggian permukaan air yang diukur oleh sensor ultrasonik. Data-data tersebut disajikan dalam format yang mudah dipahami, seperti grafik, indikator digital, dan notifikasi, sehingga pengguna dapat dengan cepat memantau perubahan kondisi lingkungan secara akurat dan tepat waktu. Penyajian data secara *real-time* ini sangat membantu dalam pengambilan keputusan, terutama dalam situasi kritis yang berpotensi menimbulkan risiko banjir atau kekeringan.

Selain berfungsi sebagai media monitoring, aplikasi Blynk juga dilengkapi dengan fitur kontrol manual yang memungkinkan pengguna untuk mengoperasikan pintu bendungan dari jarak jauh. Melalui fitur ini, pengguna dapat membuka atau menutup pintu secara langsung sesuai kebutuhan dan kondisi di lapangan, tanpa harus berada di lokasi secara fisik. Tampilan aplikasi yang sederhana dan *user-friendly* mempermudah pengguna, bahkan yang tidak memiliki latar belakang teknis sekalipun, untuk melakukan monitoring dan pengendalian secara efektif. Dengan adanya kemudahan akses dan kontrol ini, diharapkan pengguna dapat mengambil tindakan cepat dan tepat untuk mengantisipasi perubahan debit air dan potensi bencana yang mungkin terjadi, sehingga pengelolaan sumber daya air dapat dilakukan secara optimal dan responsif.



Gambar 2. Hasil Purwarupa dan Antarmuka Pengguna

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan purwarupa sistem otomatisasi pintu bendungan berbasis Internet of Things (IoT) yang menggunakan energi terbarukan dari panel surya sebagai sumber daya utama. Sistem dirancang untuk memantau dan mengendalikan ketinggian air pada bendungan secara otomatis melalui sensor ultrasonik dan sensor hujan yang dikendalikan oleh mikrokontroler NodeMCU. Integrasi teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi air dan cuaca secara real-time serta pengaturan bukaan pintu bendungan secara cerdas berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Implementasi pada aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna turut memberikan kemudahan dalam proses pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui perangkat seluler tanpa memerlukan kehadiran fisik di lokasi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara akurat, stabil, dan responsif dalam berbagai skenario simulasi, termasuk peningkatan debit air dan hujan dengan intensitas tinggi, sehingga mendukung pengelolaan air yang lebih efisien, adaptif, dan andal. Selain itu, pemanfaatan panel surya meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan sistem, menjadikannya solusi ramah lingkungan yang ideal untuk diterapkan di wilayah terpencil yang minim akses listrik. Pada penelitian selanjutnya, upaya yang dapat dilakukan adalah penambahan fitur monitoring visual dan sistem notifikasi berbasis kondisi darurat. Pengembangan antarmuka yang lebih interaktif serta penambahan fitur notifikasi berbasis kecerdasan buatan juga dapat meningkatkan fungsionalitas dan keandalan sistem berikutnya.

6. References

- [1] V. Dermawan, E. N. Cahya, M. N. Hidayat, and N. Sholawatini, "Operation of Flushing Gate on Sediment Flushing Efficiency: A Case Study of Alale Weir," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 30, no. 1, pp. 126–134, 2024, doi: 10.14710/mkts.v30i1.60651.
- [2] A. T. Priyatna and A. Basry, "Prototype Sistem Pengendalian Pintu Air Otomatis Dengan Menggunakan Arduino Uno," *Tekinfo J. Bid. Tek. Ind. dan Tek. Inform.*, vol. 22, no. 2, pp. 1–14, 2021, doi: 10.37817/tekinfo.v22i2.1739.
- [3] R. D. Windiasmoro, "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Pintu Air Otomatis Pengendali Banjir Berbasis Internet of Things . Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Pintu Air Otomatis Pengendali

- Banjir Berbasis Internet of Things Rizki Dwi Windiasmoro Lusya Rakhmawat,” *J. Tek. Elektro*, pp. 41–48, 2024.
- [4] P. U. Rakhmawati, “Analisis Komunikasi Platform Internet of Things Aplikasi Blynk,” vol. 9, no. 2502, pp. 40–46, 2024.
- [5] I. Syukhron, “Penggunaan Aplikasi Blynk untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar berbasis IoT,” *Electrician*, vol. 15, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.23960/elc.v15n1.2158.
- [6] D. Meisak, Hendri, and S. R. Agustini, “Penerapan Metode Prototype Pada Perancangan Sistem Informasi Penjualan Mediatama Solusindo Jambi,” *STORAGE J. Ilm. Tek. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 4, pp. 1–11, 2022, doi: 10.55123/storage.v1i4.1066.
- [7] A. Fauziah, I. Saleh, and I. Usman, “Pengembangan prototipe sistem monitoring level ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik berbasis internet of things,” *J. Apl. Fis.*, vol. 20, no. 02, pp. 1–8, 2024, doi: 10.62749/jaf.v20i02.p1-8.
- [8] Tri Sulistyorini, Nelly Sofi, and Erma Sova, “Pemanfaatan Nodemcu Esp8266 Berbasis Android (Blynk) Sebagai Alat Alat Mematikan Dan Menghidupkan Lampu,” *J. Ilm. Tek.*, vol. 1, no. 3, pp. 40–53, 2022, doi: 10.56127/juit.v1i3.334.
- [9] T. N. Arifin, G. Febriyani Pratiwi, and A. Janrafasih, “Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak,” *J. Tera*, vol. 2, no. 2, pp. 55–62, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnaltera/>
- [10] Erlangga Bayu Yudho Prakoso, Dista Dian Saputri, Dhian Joedhistiro, Egie Irawan, and Rudi Susanto, “Rancang Bangun Alat Alarm Peringatan Hujan dengan Menggunakan Sensor Raindrop Untuk Petani,” *Uranus J. Ilm. Tek. Elektro, Sains dan Inform.*, vol. 2, no. 3, pp. 83–92, 2024, doi: 10.61132/uranus.v2i3.218.
- [11] M. Amin, “Kontrol Kran Air Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Sensor Ultrasonik,” *InfoTekjar*, vol. 2, pp. 0–4, 2020.
- [12] M. Junaldy, S. R. U. A. Sompie, and S. Patras, “Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 9–14, 2019.
- [13] A. Widodo, A. Sumaedi, and E. Hendrawati, “Memfaatkan Teknologi Sensor Dht22 Pada Sistem Manajemen Gudang Modern,” *Tensile*, vol. 2, no. 3, pp. 138–146, 2024.
- [14] A. Selay *et al.*, “Karimah Tauhid, Volume 1 Nomor 6 (2022), e-ISSN 2963-590X,” *Karimah Tauhid*, vol. 1, no. 2963–590X, pp. 861–862, 2022.
- [15] A. Zalukhu, P. Swingly, and D. Darma, “Perangkat Lunak Aplikasi Pembelajaran Flowchart,” *J. Teknol. Inf. dan Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 61–70, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.istp.ac.id/index.php/jtii/article/view/351>
- [16] S. Abadi, Y. Klistafani, S. Nurlatifa, and J. Christanto, “Prototipe Sistem Gate Otomatis pada Bendungan PLTA,” *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 21, no. 1, pp. 1–7, 2023, doi: 10.31963/sinergi.v21i1.4175.
- [17] T. F. Ramadhan and W. Triono, “Sistem Monitoring Ketinggian Air Dan Pengendalian Pintu Air Berbasis Microcontroller Nodecode Mcu Esp8266,” *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.56244/fiki.v10i2.396.