

PERANCANGAN SISTEM KENDALI IRIGASI SALURAN SEKUNDER DAN OTOMATISASI PENGUMPULAN SAMPAH PADA ALIRAN AIR SAWAH MENGGUNAKAN ESP32

Rizki Pramudya¹⁾, Dewi Laksmiati²⁾

¹²Universitas Bina Sarana Informatika, Jakarta

email: iki.prmdya20@gmail.com

ABSTRAK

Irigasi pertanian merupakan sektor yang penting dalam pertanian, terutama di Indonesia di mana sistem irigasi umumnya digunakan dalam pengairan. Penggunaan irigasi mempengaruhi kualitas padi yang ditanam, dengan memastikan pasokan air yang cukup agar pertumbuhan tanaman optimal. Namun, terdapat masalah dengan saluran irigasi sekunder yang kotor dan kurang terawat, yang dapat menyebabkan banjir dan mengganggu pertumbuhan tanaman serta mengurangi hasil panen. Oleh karena itu, penulis bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol irigasi dan pengumpul sampah otomatis menggunakan Esp32 yang terhubung dengan *Internet of Things* (IoT). Sistem ini menggunakan mikrokontroler esp32 sebagai sistem kontrol, dengan input dari sensor ultrasonik dan sensor *load cell*. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur tinggi air yang kemudian diproses oleh esp32 untuk menggerakkan motor servo yang berfungsi membuka pintu irigasi. Sensor *load cell* digunakan untuk mengukur beban pada bak penampung sampah. Data dari kedua sensor ini dapat diakses melalui *platform* Blynk, yang berfungsi sebagai sistem pemantauan tinggi air dan beban bak penampung, serta mengirimkan notifikasi sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan.

Kata kunci: Irigasi, Pengumpul sampah otomatis, *Internet of Things* (IoT), blynk

ABSTRACT

Agricultural irrigation plays a crucial role in the field of agriculture, particularly in Indonesia, where irrigation systems are commonly employed to supply water to crops. The quality of cultivated rice heavily relies on effective irrigation practices, ensuring that rice plants receive an adequate water supply for optimal growth. However, challenges arise from the inadequate maintenance and pollution of secondary irrigation channels, leading to floods that disrupt crop growth and reduce yields. To address these issues, the author proposes the development of an automated irrigation control and waste collection system using the Esp32 microcontroller, which will be integrated with an IoT system. The device incorporates ultrasonic sensors and load cells as input sensors. The ultrasonic sensors measure water levels, enabling the Esp32 to control a servo motor responsible for opening the irrigation gate. Concurrently, load cells measure the weight of the waste collection tank. Data from these sensors can be directly accessed via the Blynk platform, serving as a monitoring system for water levels and waste load in the collection tank, while also providing notifications based on predefined conditions.

Keywords: irrigation, Automatic waste collector, *Internet of Things*, blynk

PENDAHULUAN

Irigasi pertanian menjadi sektor penting pada lingkup pertanian, dimana pertanian di Indonesia umumnya menggunakan sistem irigasi dalam pengairannya. Sistem

pengairan ini terbanyak di seluruh persawahan yang ada. Penggunaan irigasi mempengaruhi kualitas padi yang ditanam, untuk memastikan tanaman padi mendapatkan pasokan air yang cukup agar

tumbuh dengan baik. Namun, masih banyak daerah di Indonesia yang mengalami kesulitan dalam pasokan air yang cukup untuk pertanian. Selain itu, terdapat saluran irigasi sekunder yang kotor dan tidak terawat dengan baik. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya banjir, sehingga pertumbuhan tanaman akan terganggu dan berkurangnya hasil panen. Saluran irigasi sekunder merupakan saluran yang akan membawa air dari saluran primer menuju saluran tersier.

Irigasi merupakan suatu usaha pengelolaan dan penyediaan air sebagai penunjang kebutuhan pertanian. Pengadaan dan pengelolaan irigasi memerlukan biaya yang signifikan untuk membangun infrastruktur dan memelihara sistem irigasi agar dapat digunakan dengan baik. Oleh karena itu, pengaturan yang tepat sangat penting untuk memastikan pemanfaatan air irigasi dapat dioptimalkan secara efisien. Kebutuhan air pada irigasi dipengaruhi oleh berbagai kondisi, baik alamiah maupun aktivitas manusia. Salah satu masalah yang sering terjadi dalam pengelolaan irigasi adalah fluktuasi debit air yang dapat terjadi secara tak terduga, sehingga diperlukan sistem pengaturan yang dapat mengendalikan aliran air dari saluran irigasi sekunder ke saluran irigasi tersier agar dapat terdistribusi secara optimal. Saat ini banyak dari masyarakat yang membuang sampah sisa ke saluran irigasi air. Banyak orang yang saat ini mengabaikan tindakan membuang sampah sisa ke saluran air irigasi. Sampah yang sering kali dibuang mencakup bahan organik seperti dedaunan yang gugur, sisa pembungkus makanan, dan sisa-sisa tanaman padi. Banyak sampah anorganik, terutama plastik, yang dibuang sembarangan di saluran irigasi selain sampah organik. Ketika sampah plastik terbawa oleh air dan menumpuk di saluran irigasi, dapat menyebabkan penyumbatan

dan menghambat aliran air yang menuju area pertanian. Akibatnya, pertanian dapat mengalami kekurangan air dan pertumbuhan tanaman padi menjadi terganggu, yang dapat berdampak pada gagal panen.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Setiadi et al., 2018) dengan judul Penerapan *Internet of Things* (IoT) Pada Sistem Irigasi (*Smart Irrigation*). Pada pelaksanaan saluran air irigasi sering terjadi kenaikan debit air pada saluran irigasi yang tidak dapat diprediksi secara waktu. Oleh karena itu merancang sistem smart irigasi yang dapat bekerja secara otomatis untuk membuka dan menutup pintu irigasi.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Syelly et al., 2021) yang berjudul Model Konseptual Sistem Irigasi Padi Sawah Otomatis Menggunakan Arduino Berbasis Android. Penelitian ini dilakukan mengontrol perairan pertanian padi menggunakan mikrokontroler ATmega328, *water level sensor* sebagai *input*, *bluetooth Hc 05*, dan pompa sebagai *output*.

Oleh karena itu, penulis ingin membuat sistem kendali irigasi dan pengumpul sampah otomatis menggunakan Esp32 yang akan terkoneksi dengan sistem IoT. Hal ini akan memudahkan petani dalam memantau dan menendalikan alat-alat ini dari jarak jauh dan meningkatkan efisiensi dalam penggunaannya. Diharapkan, alat ini dapat membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam pertanian serta menjaga keberlangsungan lingkungan pertanian.

Irigasi

Menurut Suhardjono (1994) mengatakan bahwa “irigasi adalah sejumlah air yang pada umumnya diambil dari sungai atau bendung yang dialirkan

melalui sistem jaringan irigasi untuk menjaga keseimbangan jumlah air di dalam tanah” (Maria Chaterine Sinurat et al., 2023). Sedangkan menurut Hansen (1990) merupakan “penggunaan air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman” (Maria Chaterine Sinurat et al., 2023)

Esp32

“ESP32 adalah sebuah mikrokontroler dengan dua inti CPU Xtensa LX6 yang menggunakan teknologi 40 nm. Setiap inti CPU dapat dikendalikan secara independen. Memiliki 520 KB SRAM on-chip untuk data dan instruksi. Modul SoC seperti ESP32-Wrover dilengkapi dengan flash SPI eksternal sebesar 4 MB dan tambahan 8 MB SPI PSRAM. Terdapat berbagai fitur komunikasi seperti SPI, I2S, I2C, CAN, UART, Ethernet MAC, dan IR, yang bervariasi tergantung pada jenis modulnya. ESP32 juga memiliki sensor-sensor standar seperti Hall Sensor, sensor suhu, dan sensor sentuh. Selain itu, chip SoC ini menyediakan akselerasi perangkat keras untuk kriptografi seperti AES, SHA-2, RSA, dan ECC, serta generator angka acak (RNG)” (Babiuch et al., 2019)

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) menurut Rekomendasi ITU-T Y.2060 didefinisikan sebagai “sebuah penemuan yang mampu menyelesaikan permasalahan yang ada melalui penggabungan teknologi dan dampak sosial. Jika ditinjau dari standarisasi secara teknik, IoT dapat digambarkan sebagai infrastruktur global untuk memenuhi kebutuhan informasi masyarakat, memungkinkan layanan canggih dengan interkoneksi baik secara fisik dan virtual berdasarkan pada yang telah ada dan perkembangan informasi serta teknologi komunikasi (ICT)” (Yudhanto & Azis, 2019)

Ultrasonik HC-SR04

Sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah salah satu sensor jarak yang digunakan dalam proyek elektronik dan robotika. Sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik 40KHz untuk mengukur jarak antara sensor dan objek di depannya. Dengan cara mengirimkan pulsa ultrasonik dan mendeteksi waktu yang dibutuhkan untuk pulsa tersebut kembali setelah memantul dari objek

“Sensor ini dapat memicu pulsa hingga 20 kali per detik dan mendeteksi objek hingga jarak 3 meter.” (Puspasari et al., 2019)

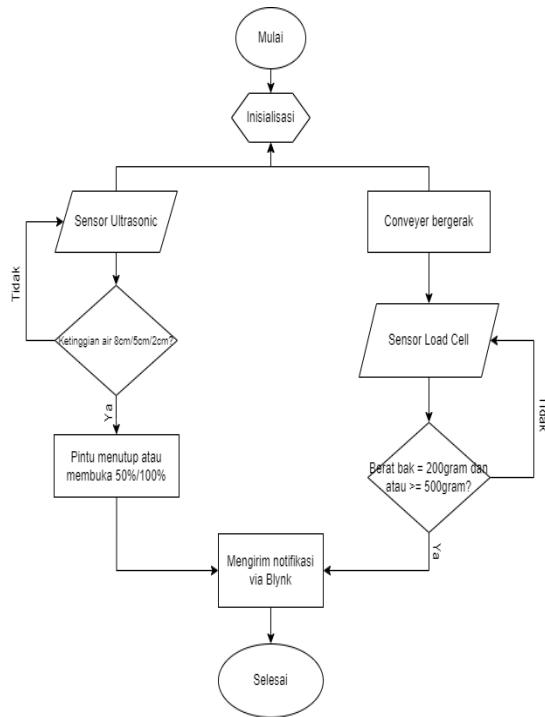
Load cell Sensor

Load cell adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur gaya atau tekanan pada suatu benda. Saat gaya atau tekanan diterapkan pada *load cell*, sensor ini akan mengalami perubahan bentuk yang mengakibatkan perubahan nilai resistansi pada sensor. Dengan memanfaatkan perubahan nilai resistansi ini, *load cell* dapat menghasilkan keluaran listrik yang dapat digunakan untuk mengukur besarnya gaya atau tekanan yang diberikan pada sensor

METODE PENELITIAN

Konsep penelitian pada perancangan sistem kendali irigasi dan pengumpul sampah otomatis pada saluran air sawah menggunakan Esp32. Perancangan ini bertujuan untuk mengatur debit air yang masuk ke area persawahan secara otomatis berdasarkan ketinggian air yang didapat dari sensor ultrasonik. Untuk memastikan saluran irigasi tetap bersih sistem ini juga memiliki konveyor otomatis yang berguna mengumpulkan sampah yang terapung ke dalam bak sampah yang tersedia. Perancangan ini menggunakan mikrokontroler Esp32, sensor ultrasonik,

sensor *load cell*, driver l298n dan motor dc. Selain itu untuk dapat memantau ketinggian air dan beban dari penampung sampah menggunakan *blynk*. Alur kerja sistem dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart sistem

Pada penelitian dan perancangan alat ini terdiri dari lima tahap. Tahap tersebut terdiri dari tahap persiapan, tahap perancangan, tahap pembuatan alat, tahap pengujian dan pengambilan data.

Tahap Persiapan

Pada tahap ini, dilakukan studi literatur dan pengumpulan informasi terkait dengan masalah yang akan diteliti. Peneliti melakukan analisis kebutuhan, merumuskan tujuan penelitian, dan mengidentifikasi batasan-batasan yang perlu diperhatikan.

Tahap Perancangan

Pada tahap ini, dilakukan perancangan sistem atau alat berdasarkan hasil analisis

kebutuhan dan tujuan penelitian. Peneliti merancang diagram alur, blok diagram, atau skema sistem yang menggambarkan komponen-komponen utama dan hubungan antara komponen-komponen tersebut. Selain itu, tahap perancangan juga melibatkan pemilihan dan spesifikasi komponen yang cocok dalam pembuatan alat.

Tahap Pembuatan

Setelah perancangan selesai, tahap berikutnya adalah pembuatan alat sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Pada tahap ini, peneliti melakukan konstruksi, pengadaan komponen, dan perakitan alat sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

Tahap Pengujian

Setelah alat selesai dibuat, tahap selanjutnya adalah pengujian. Pada tahap ini, peneliti melakukan pengujian terhadap alat untuk memastikan bahwa alat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian dan spesifikasi yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan untuk mengukur performa alat, keandalan, ketepatan, dan kinerja sistem secara keseluruhan.

Tahap Pengambilan Data

Tahap terakhir adalah pengambilan data. Pada tahap ini, peneliti menggunakan alat yang telah dibuat untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian. Data yang didapat kemudian dianalisis dan dievaluasi sebagaimana tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini, sebagai berikut:

No	Nama Komponen	Jumlah
1	Esp32	1
2	Sensor Ultrasonik	1
3	Sensor Load cell	1
4	Modul HX711	1
5	Driver L298N	1
6	Motor Dc	1
7	Motor Servo	1
8	Jumper	Secukupnya
9	Breadboard	1
10	Adaptor 12V	1

Tabel 1 Bahan penelitian

Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian, sebagai berikut:

No	Nama alat	Jumlah
1	Solder	1
2	Multimeter	1
3	Lem tembak	1
4	Gergaji	1
5	Tang potong	1
6	Laptop	1
7	Bor + mata bor	1

Tabel 3 Alat penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan dan pengujian terhadap beberapa sistem kendali irigasi dan pengumpul sampah otomatis yang menggunakan Esp32 pada saluran irigasi sawah menunjukkan bahwa sistem ini mampu secara otomatis mengatur irigasi berdasarkan kondisi lingkungan, serta secara efektif mengumpulkan sampah pada saluran irigasi sawah. Hal ini memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi dan menjaga kebersihan saluran irigasi dari sampah. Berikut pembahasan mengenai *input*, *process* dan *output*.

Sebagaimana yang di jabarkan di Gambar 1. Sistem dimulai dengan inialisasi program dan titik awal. Untuk mengukur ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik. Mikrokontroler ESP32 akan melakukan pengolahan data yang diterima dari sensor tersebut. Jika ketinggian air 2cm pintu terbuka 100%, ketinggian mencapai 5cm, pintu akan terbuka 50%, dan jika ketinggian air mencapai 8cm, pintu akan tertutup sepenuhnya. Selanjutnya, sistem akan mengirimkan notifikasi mengenai ketinggian air melalui aplikasi *Blynk*. Selain itu, konveyor akan bergerak sesuai program untuk menaikkan sampah yang terdapat pada saluran irigasi dan mengumpulkannya ke dalam bak penampung. Sensor *load cell* berfungsi untuk mengukur beban pada bak penampung sampah. Jika berat sampah ≥ 500 gram, sistem akan mengirimkan notifikasi bahwa bak penampung penuh. Dengan demikian, sistem ini mengintegrasikan pengukuran ketinggian air, pengendalian pintu, pengiriman notifikasi, pengumpulan sampah, pengukuran berat, dan pengiriman notifikasi pengisian bak penampung sampah

Pengujian Akurasi Sensor Jarak Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan membandingkan hasil tes dan pengukuran aktual menggunakan alat ukur penggaris dengan rumus pengukuran

$$\text{error} = \frac{\text{nilai sebenarnya} - \text{hasil pengukuran}}{\text{nilai sebenarnya}} \times 100\%$$

Uji Coba ke-	Jarak sebenarnya	Hasil ukur ultrasonik	selisih	% error
1	5cm	5cm	0cm	0%
2	7cm	7cm	0cm	0%
3	10cm	10cm	0cm	0%
4	15cm	14cm	1cm	6,66%
5	17cm	16cm	1cm	5,88%

Tabel 1. Hasil pengukuran sensor ultrasonik dengan penggaris

Berdasarkan hasil pengujian yang tercantum dalam tabel diatas, sensor ultrasonik telah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan harapan. Saat sensor membaca ketinggian air sebesar 2cm, servo yang bertindak sebagai penggerak pintu irigasi akan terbuka sepenuhnya (100%). Pada ketinggian air 5cm, pintu irigasi akan terbuka sebanyak 50%, dan ketika ketinggian air mencapai 8cm, pintu akan tertutup untuk mempertahankan air. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dan hasilnya menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi ketika jarak antara sensor ultrasonik dan permukaan air kurang dari atau sama dengan 10cm. Rata-rata kesalahan (*error*) yang terjadi adalah sebesar 7,9%. Dengan demikian, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik pada sistem kendali irigasi berfungsi dengan baik dan memberikan tingkat akurasi yang tinggi dalam mengukur ketinggian air pada saluran irigasi. Hal ini memungkinkan pengaturan yang tepat dalam pengoperasian pintu irigasi, sehingga air dapat dikendalikan dengan efektif dan sesuai

dengan kebutuhan tanaman yang sedang tumbuh.

Pengujian Akurasi Sensor Berat (*Load cell*)

Uji Coba ke-	Beban	Timbangan	Load cell	Selisih	% error
1	200gram	200gram	199,28gram	0,72gram	0,36%
2	170gram	170gram	168,85gram	1,15gram	0,68%
3	240gram	240gram	239,71gram	0,29gram	0,012%

Tabel 3. Pengujian sensor *load cell*

Pengujian sensor *load cell* juga menggunakan metode perbandingan, hasil pengesanan *load cell* pada bak sampah dibandingkan dengan berat objek yang sama/ yang diukur dengan timbangan. Hasil pengujian yang terdokumentasikan dalam Tabel 3 menunjukkan bahwa sensor *load cell* berfungsi dengan baik. Pada pengujian dengan beban 200 gram, sensor *load cell* membaca sebesar 199,88 gram, dengan nilai *error* sebesar 0,36%. Selanjutnya, pada pengujian dengan beban 170 gram, sensor *load cell* menunjukkan nilai pembacaan sebesar 168,76 gram, dengan nilai *error* sebesar 0,73%. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sensor *load cell* bekerja dengan baik dan memberikan hasil yang akurat. Meskipun terdapat sedikit kesalahan dalam pembacaan, nilai *error* yang tercatat relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sensor *load cell* dapat diandalkan dalam mengukur beban pada bak penampung sampah dengan presisi yang memadai. Dengan adanya sensor *load cell* yang berfungsi dengan baik, sistem ini memungkinkan pengukuran yang akurat terhadap beban sampah yang terkumpul dalam bak penampung. Informasi ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses pengelolaan sampah serta memantau kapasitas bak penampung secara efektif.

Pengujian Pengaturan Irigasi

No	Pengujian	Motor servo	Keterangan
1	Ketinggian air = 2 cm	Bergerak 180 (pintu terbuka 100%)	Sesuai
2	Ketinggian air = 5 cm	Bergerak 90 (pintu terbuka 50%)	Sesuai
3	Ketinggian air = 8 cm	Bergerak 0 (pintu tertutup total)	Sesuai

Tabel 4. Pengujian Moto Servo

Pengujian irigasi otomatis dilakukan dengan pe Motor servo digunakan untuk menggerakkan pintu irigasi berdasarkan pembacaan sensor ultrasonik. Berdasarkan hasil pengujian yang terdokumentasikan dalam Tabel 4, sensor telah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan harapan. Saat sensor membaca ketinggian air sebesar 8cm, motor servo akan bergerak 180°. Pada ketinggian air 5cm, servo akan bergerak sebesar 90°, dan ketika ketinggian air mencapai 2cm, servo akan bergerak ke sudut 0°. Pengujian ini memberikan bukti bahwa sensor ultrasonik telah berperan penting dalam mengendalikan motor servo secara akurat. Ketika ketinggian air mencapai ambang batas yang ditentukan, servo merespons dengan pergerakan yang sesuai, memungkinkan pintu irigasi terbuka atau tertutup dengan sudut yang tepat. Dengan demikian, hasil pengujian ini menyimpulkan bahwa sensor ultrasonik telah berfungsi dengan baik dalam membaca ketinggian air pada saluran irigasi, dan motor servo merespons dengan tepat sesuai dengan pembacaan sensor. Hal ini memungkinkan pengendalian yang efektif terhadap pintu irigasi, mengoptimalkan penggunaan air dalam irigasi pertanian.

Uji Fungsi Pengangkut Sampah

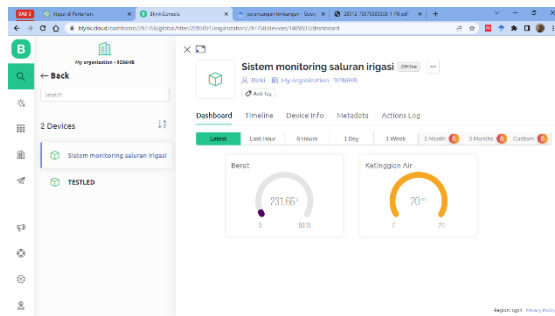
Motor DC, yang digunakan sebagai penggerak konveyor untuk mengangkat sampah dari permukaan saluran irigasi ke bak penampung sampah. Dalam pengujian, rangkaian menggunakan dua motor DC, yang membutuhkan tegangan sebesar 12 volt. Untuk memastikan bahwa motor DC menerima tegangan 12 volt, digunakan driver L298N yang terhubung dengan mikrokontroler. Hasil pengujian, sebagaimana tercantum dalam Tabel 5, menunjukkan bahwa motor DC telah bekerja dengan baik dan sesuai dengan program yang ditetapkan.

Uji Coba	Input 1	Input 2	Waktu	Hasil
1	High	Low	5 menit	Motor dc berputar ke kanan selama 5 menit
2	Low	Low	2 menit	Motor dc berhenti berputar selama 2 menit

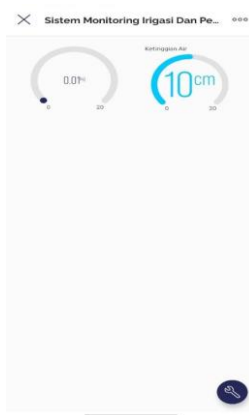
Tabel 5. Pengujian Motor DC

Pengujian Monitoring dan Notifikasi

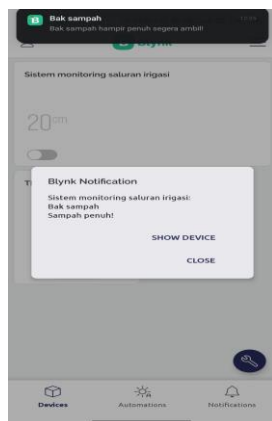
Pengujian dilakukan dengan mengamati widget *media monitoring* dan notifikasi pada aplikasi Blynk. Untuk monitoring ditunjukkan pada Gambar 2, ditampilkan informasi mengenai nilai ketinggian air dan berat pada penampung sampah. Sementara itu, pengujian notifikasi terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, *Blynk* telah memenuhi harapan yang telah ditetapkan.



Gambar 2. Tampilan web blynk



Gambar 3. Tampilan blynk smartphone



Gambar 4. Tampilan notifikasi

SIMPULAN

Secara keseluruhan, hasil pengujian sistem irigasi dan pengumpul sampah otomatis pada aliran air sawah yang menggunakan ESP32 telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan harapan yang telah

ditetapkan. Komponen-komponen utama seperti sensor ultrasonik, servo, sensor *load cell*, dan motor DC berfungsi dengan baik. Sensor ultrasonik berfungsi dengan baik dalam membaca ketinggian air pada saluran irigasi. Servo yang bertugas sebagai penggerak pintu irigasi bekerja dengan baik dan sesuai dengan program yang telah ditetapkan. Sensor *load cell* beroperasi dengan baik dan mampu membaca beban yang diterima dengan akurasi yang tinggi. Motor DC sebagai penggerak konveyor mampu berfungsi dengan baik sesuai dengan waktu berputar dan berhenti yang telah ditentukan. Platform Internet of Things (IoT) Blynk dapat menampilkan nilai yang diperoleh oleh sensor serta mampu mengirimkan notifikasi sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan dalam program. Selain itu, Blynk sebagai platform IoT memberikan kontribusi yang penting dalam memantau dan mengendalikan sistem secara jarak jauh, dengan kemampuan menampilkan nilai sensor dan mengirimkan notifikasi sesuai dengan program yang telah ditetapkan, sehingga alat ini dapat membuat pekerjaan petani menjadi lebih efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

Babiuch, M., Foltynnek, P., & Smutny, P. (2019). Using the ESP32 microcontroller for data processing. *Proceedings of the 2019 20th International Carpathian Control Conference, ICCCC 2019, May 2019*. <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765944>

Maria Chaterine Sinurat, B., Herdianta Sitepu, J., Ginting, R., & Gultom, A. (2023). ANALISA DESAIN JARINGAN IRIGASI D.I. SERDANG KABUPATEN DELI SERDANG. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol 11 No, 3.

<https://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/tekniksipil/article/view/2690>

- Puspasari, F.-, Fahrurrozi, I.-, Satya, T. P., Setyawan, G.-, Al Fauzan, M. R., & Admoko, E. M. D. (2019). Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due Untuk Sistem Monitoring Ketinggian. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 15(2), 36. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v15i2.4393>
- Setiadi, D., Nurdin, M., & Muhaemin, A. (2018). PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IoT) PADA SISTEM MONITORING IRIGASI (SMART IRIGASI). *Jurnal Infotronik*, 3(2).
- Syelly, R., Hati, I., Laksmana, I., & Rozi, S. (2021). Model Konseptual Sistem Irigasi Padi Sawah Otomatis Menggunakan Arduino Berbasis Android. *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, 17(2), 51. <https://doi.org/10.35889/progresif.v17i2.647>
- Yudhanto, Y., & Azis, A. (2019). *Pengantar Teknologi Internet of Things (IoT)*.