

KOMPARASI KINERJA DESAIN SISTEM MODULAR PINTU AIR OTOMATIS SALURAN IRIGASI SEKUNDER BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)

Angger Tri Prasetya¹, Eko Noerhayati², Ade Fitriyanti Ulul Azmi³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Malang

e-mail: 22201051093@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Universitas Islam Malang

e-mail: eko.noerhayati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Universitas Islam Malang

e-mail: adefitriyanti@unisma.ac.id

ABSTRAK

Manual irrigation water management frequently leads to inefficient water distribution and inadequate real-time monitoring. To address this issue, this study designed and implemented a modular Internet of Things (IoT)-based automatic sluice gate system for secondary irrigation channels using an ESP32 microcontroller, the Blynk platform, a stepper motor, various supporting sensors, and a solar panel as the main power source. System performance was evaluated under gate opening conditions of 4 cm, 6 cm, 8 cm, and 10 cm, with each condition tested five times. The study aimed to compare the performance of the proposed IoT-based automatic sluice gate with findings from previous research, identify factors contributing to performance differences, and assess the system's effectiveness in enhancing irrigation water management. Data analysis was carried out using linear regression, correlation analysis, and the Independent Samples T-Test in SPSS. The statistical results yielded Sig. (2-tailed) values of 0.864, 0.858, 0.867, 0.823, and 0.870, all exceeding the significance threshold of 0.05. These results indicate that no statistically significant differences were observed between laboratory and field performance. Overall, the developed system operated reliably, enabled real-time monitoring, and contributed to more effective irrigation water distribution and management.

Keywords: *Internet of Things (IoT), automatic sluice gate, ESP32, secondary irrigation channel, irrigation management, real-time monitoring.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian memiliki peran yang cukup penting dalam memenuhi kebutuhan pangan nasional. Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan produksi pertanian adalah ketersediaan air yang selalu mencukupi melalui sistem irigasi. Namun, pengelolaan pintu air di sebagian besar jaringan irigasi masih dilakukan secara manual, sehingga dapat menyebabkan distribusi yang air tidak merata atau efektif dan dapat memunculkan potensi pemborosan karena air mengalir secara tidak teratur [1].

Perkembangan *teknologi Internet of Things* (IoT) dapat membuka peluang untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan air melalui sistem pemantauan dan pengendalian yang

dilakukan dari jarak jauh. Teknologi IoT memungkinkan sensor dan aktuator beroperasi secara *real-time* melalui jaringan internet, sehingga alur dari pengaturan aliran air bisa dilakukan secara lebih cepat dan akurat [2].

Penelitian terdahulu menampilkan bahwa penerapan pintu air otomatis berbasis Internet of things dapat meningkatkan efisiensi distribusi air secara merata dan juga dapat mempermudah proses pengendalian sistem irigasi melalui pengendalian jarak jauh. Namun, pada sebagian besar penelitian masih dilakukan skala laboratorium dan hal tersebut belum tentu juga bisa diterapkan di lapangan dengan kondisi yang berbeda, sehingga diperlukan pengujian langsung di lapangan untuk mengetahui tingkat kesesuaian sistem terhadap kondisi yang sebenarnya di lapangan.

Penelitian memiliki tujuan untuk membandingkan kinerja sistem antara pintu air otomatis berbasis IoT pada kondisi laboratorium dengan lapangan serta mengevaluasi efektivitas penerapannya pada saluran irigasi sekunder.

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana kinerja sistem pintu air otomatis berbasis IoT yang dikembangkan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya?
2. Faktor apa saja yang memengaruhi perbedaan hasil kinerja antara penelitian ini dan penelitian terdahulu?
3. Seberapa efektif sistem pintu air otomatis berbasis IoT dalam meningkatkan pengelolaan air irigasi?

1.3 Tujuan penelitian

1. Menganalisis dan membandingkan kinerja sistem pintu air otomatis berbasis IoT dengan penelitian yang berada dilaboratorium.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor apa saja yang dapat menyebabkan perbedaan kinerja antara penelitian ini dan penelitian yang ada di laboratorium.
3. Mengevaluasi efektivitas sistem pintu air otomatis berbasis IoT dalam meningkatkan pengelolaan air irigasi.

1.4 Manfaat penelitian

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang irigasi modern, khususnya teknologi Internet of Things yang diterapkan untuk pengelolaan air di pertanian.
2. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya terkait sistem irigasi otomatis dan *smart farming*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Irigasi

Irigasi adalah salah satu upaya untuk penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air agar dapat mendukung dalam kegiatan pertanian agar kebutuhan air tanaman dapat terpenuhi secara optimal. Ketersediaan air yang cukup dan terdistribusi secara merata menjadi

salah satu faktor yang sangat penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian

Pada salah satu sistem irigasi yaitu sistem irigasi konvensional, pengaturan aliran air irigasi umumnya masih dilakukan secara manual sehingga sering dapat menimbulkan ketidakefisienan distribusi air, keterlambatan pengambilan dalam mengambil keputusan, dan kebutuhan tenaga kerja yang sangat tinggi.

Irigasi mempunyai tujuan untuk mencocokkan kebutuhan air tanaman secara spasial dan temporal untuk meminimalkan kehilangan air dan mengoptimalkan produktivitas pada lahan yang akan dialiri air. Otomatisasi (sensor ketinggian air, pintu bermotor) mempunyai peran yang cukup penting untuk pengaturan aliran yang responsif. IoT memfasilitasi akuisisi data waktu nyata dan kontrol otomatis, meningkatkan daya tanggap sistem irigasi [3].

2.2 Pintu Air Otomatis

Pintu air merupakan bangunan hidrolis yang memiliki fungsi untuk mengatur debit dan tinggi muka air pada saluran irigasi. Seiring perkembangan teknologi, sistem pengoperasian pintu air berkembang dari sistem manual menjadi sistem otomatis yang dapat mengendalikan bukaan pintu berdasarkan kondisi lapangan.

Penerapan pintu air otomatis memberikan berbagai keuntungan, antara lain meningkatkan efisiensi distribusi air, mengurangi kesalahan operasional, serta mempercepat proses pengambilan keputusan dalam pengelolaan jaringan irigasi karena telah terprogram dengan aplikasi yang sangat membantu hal tersebut.

2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah salah satu konsep yang dapat memungkinkan perangkat-perangkat elektronik saling terkoneksi melalui jaringan internet, sehingga mampu melakukan pertukaran data dan pengendalian secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung. [4]. Dalam bidang irigasi, teknologi IoT dapat dimanfaatkan untuk memantau kondisi lingkungan seperti tinggi muka air dan kelembapan tanah secara *real-time* [5]. Data yang diperoleh dari sensor dapat

langsung terkirim ke pengguna melalui aplikasi berbasis internet sehingga proses pemantauan dan pengendalian dapat dilakukan dari jarak jauh dengan lebih cepat, akurat, dan tentunya tidak membutuhkan waktu yang lama.

2.4 Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang sering digunakan untuk pengembangan sistem IoT karena telah dilengkapi dengan modul WiFi dan Bluetooth terintegrasi. ESP32 memiliki kemampuan pemrosesan data yang baik, konsumsi daya yang relatif rendah, serta kompatibel dengan berbagai jenis sensor dan aktuator. Pada sistem pintu air otomatis, ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang menerima data dari sensor, mengolah informasi, dan mengirimkan perintah kepada motor penggerak pintu air [6].

2.5 Aplikasi Blynk

Blynk adalah suatu *platform Internet of Things* yang memungkinkan pengguna dapat melakukan monitoring dan pengendalian perangkat elektronik melalui *smartphone*. *Platform* ini menyediakan tampilan yang cukup mudah untuk digunakan sehingga pengguna dapat memantau data sensor secara real-time dan mengoperasikan perangkat dari jarak jauh. Dalam sistem pintu air otomatis, aplikasi *Blynk* dapat digunakan sebagai media komunikasi antara pengguna dan mikrokontroler ESP32 untuk mengendalikan bukaan pintu air secara langsung melalui jaringan internet [7].

2.6 Panel Surya

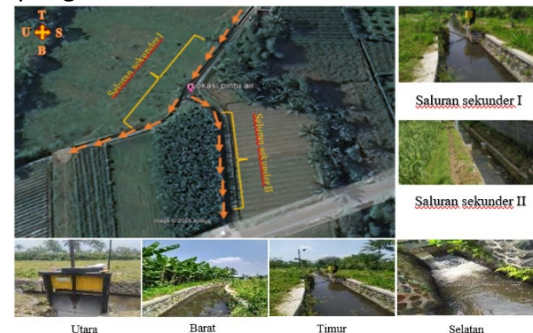
Photovoltaic (PV) atau juga bisa disebut panel surya merupakan teknologi yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik dan kemudian energi tersebut disimpan didalam baterai. Teknologi ini menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang banyak dikembangkan karena ramah lingkungan dan mampu mengurangi ketergantungan pada energi fosil [8]. Efisiensi panel surya ditentukan oleh perbandingan antara energi matahari yang diterima dengan energi listrik yang dihasilkan. Seiring meningkatnya kebutuhan energi dan berkurangnya ketersediaan sumber energi fosil, pemanfaatan panel surya menjadi salah satu

alternatif yang semakin penting untuk mendukung kebutuhan energi yang berkelanjutan [9].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Lokasi

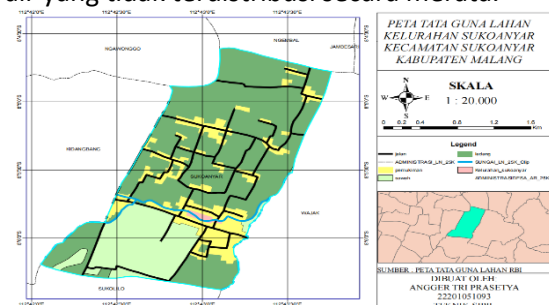
Penelitian dilaksanakan dilokasi saluran irigasi sekunder di Kecamatan Pakis, Kabupaten Malang, yang memiliki peran penting dalam mendukung kebutuhan air pertanian, khususnya tanaman jagung. Lokasi ini dipilih sebagai tempat uji coba sistem karena mewakili kondisi lapangan yang sebenarnya. Penelitian ini meliputi perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, serta implementasi dan evaluasi kinerja sistem pintu air otomatis yang dilakukan secara langsung di lapangan.



Gambar 1 Lokasi Penelitian
(Sumber: Penulis, 2026)

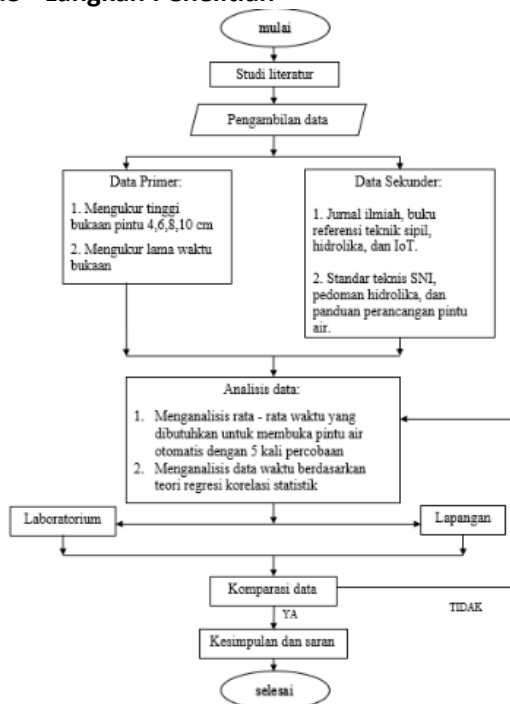
3.2 Tata Guna Lahan

Penelitian dilakukan pada jaringan irigasi pertanian yang mewakili kondisi tata guna lahan sawah, ladang, dan lahan pertanian irigasi. Pemilihan lokasi didasarkan pada variasi jenis penggunaan lahan, pola tanam, serta ketersediaan saluran irigasi yang memungkinkan penerapan sistem pintu air otomatis dan juga Lokasi ini dipilih karena aliran air yang tidak terdistribusi secara merata.

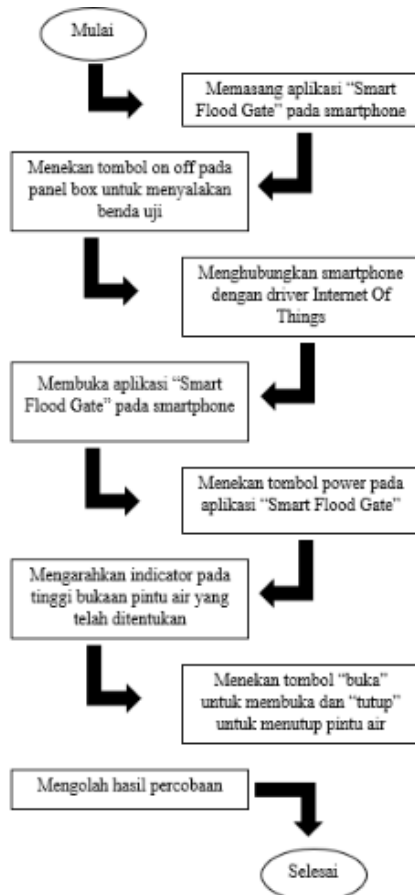


Gambar 2 Peta Tata Guna Lahan
(Sumber: Penulis, 2026)

3.3 Langkah Penelitian



Gambar 3 Bagan Alir Penelitian
(Sumber : Penulis, 2026)



Gambar 4 Bagan Alir Aplikasi
(Sumber: Penulis, 2026)

4. PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Penelitian

Penelitian dalam penelitian memiliki bertujuan untuk menilai kinerja dari sistem operasi bukaan pintu air irigasi otomatis disalurkan irigasi sekunder dengan menggunakan *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi dan dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32.

1. Saluran Irigasi Permukaan

Dalam sistem irigasi ini, air berasal dari sumber seperti sungai yang kemudian dialirkan melalui bendungan atau bangunan pengambilan. Distribusi air menuju lahan pertanian dilakukan dengan memanfaatkan gaya gravitasi dan keadaan kontur daerah, sehingga aliran mengikuti kontur tanah. Sehingga, lahan yang memiliki elevasi lebih tinggi akan teraliri terlebih dahulu sebelum air mengalir ke lahan yang berada pada elevasi lebih rendah.

2. Pintu Air Otomatis

Pintu air dibuat dan dirakit agar sesuai dengan ukuran dimensi saluran irigasi dilapangan. Mekanisme bukaan pintu dapat digerakkan dengan motor stepper yang dikendalikan secara otomatis berdasarkan data sensor dan juga secara manual melalui jaringan internet.

3. Sistem Kendali Berbasis *Internet of Things* (IoT) Dengan ESP32

Teknologi kendali berbasis IoT dapat memungkinkan perangkat fisik dipantau, dikendalikan, dan dioperasikan dari jarak jauh melalui internet. Pada penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai pusat kendali utama karena memiliki fitur WiFi terintegrasi serta kemampuan pemrosesan yang memadai. ESP32 juga dihubungkan dengan aplikasi Smart Flood Gate agar pengguna dapat melakukan pemantauan dan pengendalian sistem melalui smartphone.

4. Sumber Daya Panel Surya

Pada penelitian ini, sistem pengendalian otomatis pintu air irigasi memanfaatkan panel surya sebagai sumber utama penyedia energi listrik. Pemanfaatan

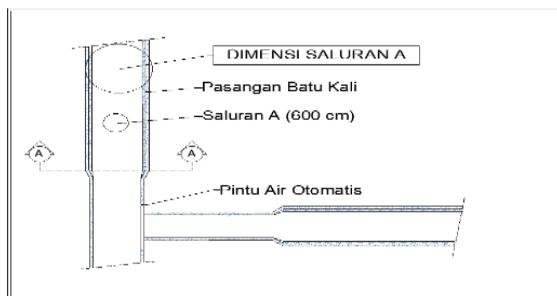
energi surya dipilih karena mampu mendukung pengoperasian sistem secara mandiri, meningkatkan efisiensi penggunaan energi, serta mengurangi dampak terhadap lingkungan. Selain itu, sumber energi ini sangat sesuai diterapkan pada kawasan irigasi yang belum memiliki akses ke jaringan listrik konvensional.

4.2 Dimensi Saluran Irigasi

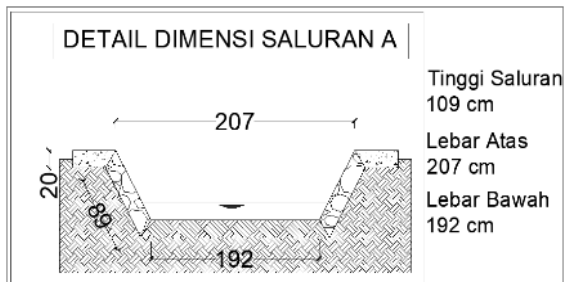
Saluran yang terdapat pada lokasi penelitian ini ada 2 bentuk saluran yaitu saluran berbentuk persegi dan trapesium dengan ukuran yang berbeda, untuk detail ukuran saluran sebagai berikut :

1. Saluran irigasi trapesium

a. Detail dimensi saluran A

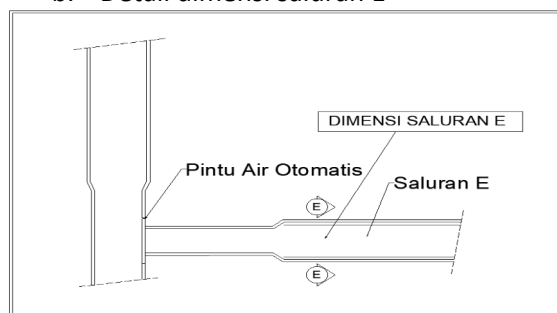


Gambar 5 Peta Saluran Irigasi A
(Sumber: Penulis, 2026)

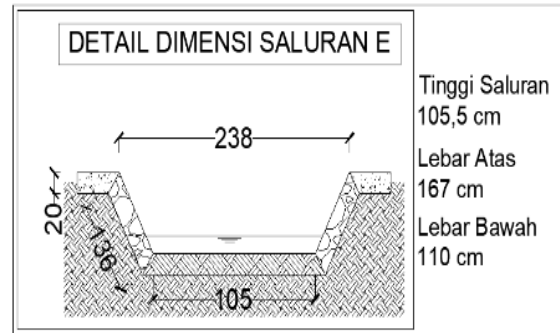


Gambar 6 Potongan Saluran Irigasi A
(Sumber: Penulis, 2026)

b. Detail dimensi saluran E

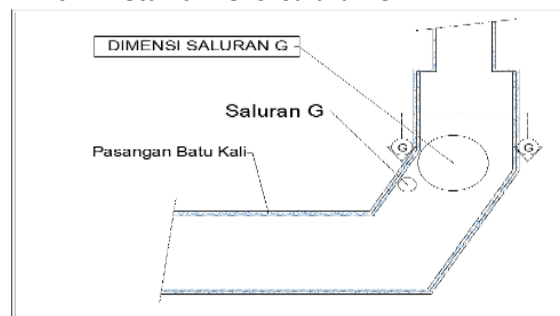


Gambar 7 Peta Saluran Irigasi E
(Sumber: Penulis, 2026)

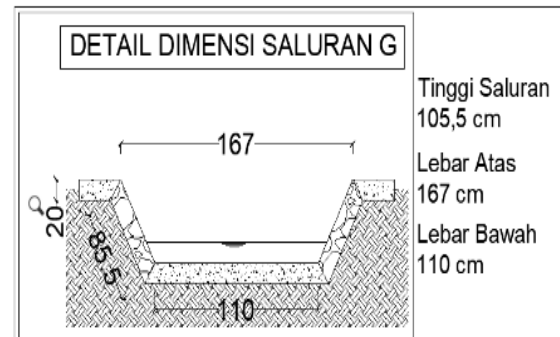


Gambar 8 Potongan Saluran Irigasi E
(Sumber: Penulis, 2026)

c. Detail dimensi saluran G



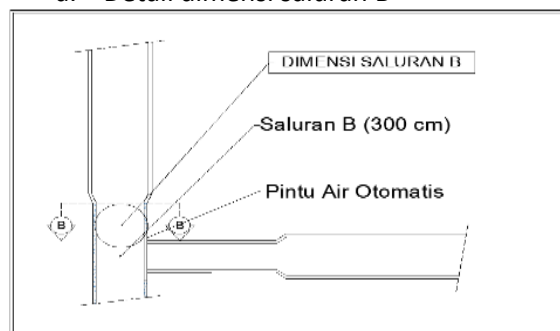
Gambar 9 Peta Saluran Irigasi G
(Sumber: Penulis, 2026)



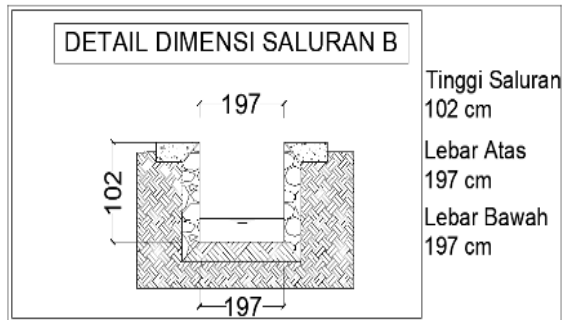
Gambar 10 Potongan Saluran Irigasi G
(Sumber: Penulis, 2026)

2. Saluran irigasi persegi

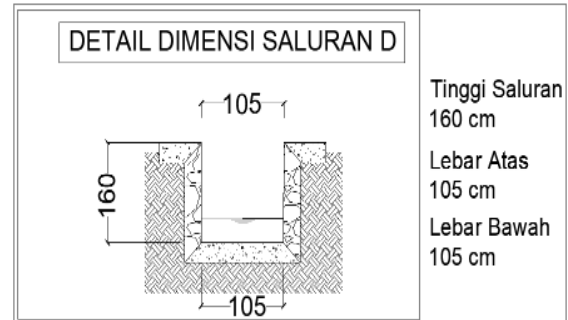
a. Detail dimensi saluran B



Gambar 11 Peta Saluran Irigasi B
(Sumber: Penulis, 2026)

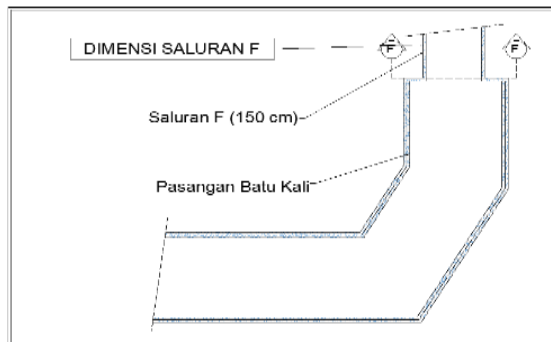


Gambar 12 Potongan Saluran Irigasi B
(Sumber: Penulis, 2026)

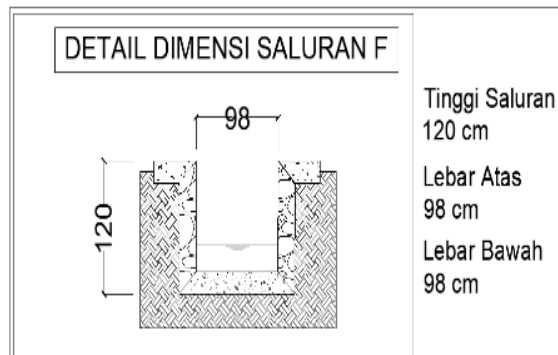


Gambar 14 Potongan Saluran Irigasi D
(Sumber: Penulis, 2026)

b. Detail dimenasi saluran F

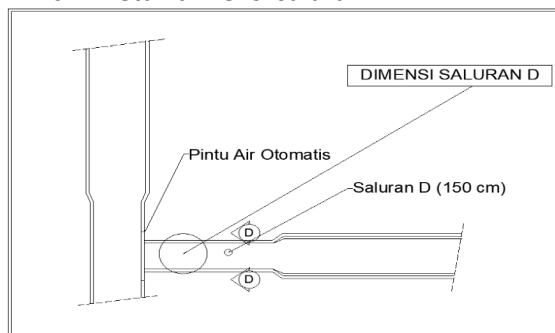


Gambar 11 Peta Saluran Irigasi F
(Sumber: Penulis, 2026)



Gambar 12 Potongan Saluran Irigasi F
(Sumber: Penulis, 2026)

c. Detail dimensi saluran D

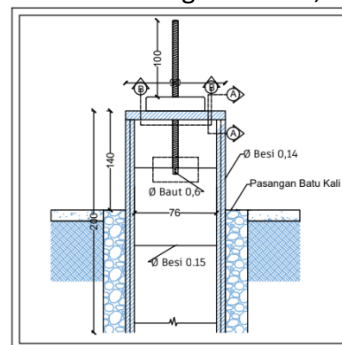


Gambar 13 Peta Saluran Irigasi D
(Sumber: Penulis, 2026)

4.3 Dimensi Pintu Air

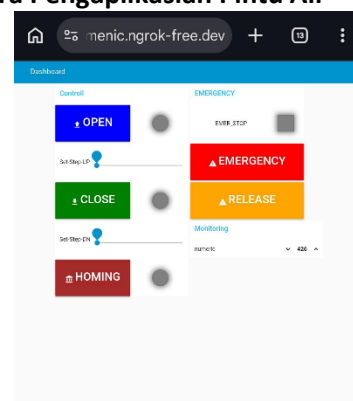
Pintu air dirancang menggunakan bahan besi tahan karat sehingga mampu menahan tekanan aliran air yang kuat serta tetap mudah dioperasikan oleh motor stepper. Desainnya dibuat menyerupai pintu air tipe geser vertikal (*sluice gate*). Adapun ukuran atau dimensi pintu air yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Tinggi total pintu : 200 cm
- Lebar total atas pintu : 90 cm
- Lebar total bawah : 90 cm
- Tebal besi rangka : 0,15 cm



Gambar 15 Gambar Detail Dimensi Pintu Air
(Sumber: Penulis, 2026)

4.4 Cara Pengaplikasian Pintu Air



Gambar 16 Tampilan aplikasi pintu air
(Sumber: Penulis, 2026)

Keterangan :

- Tombol on dan off memiliki fungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan sistem kendali pintu air otomatis.
- Slide Bar ukuran bukaan pintu memiliki fungsi untuk mengatur besarnya bukaan pintu air secara manual dengan satuan sentimeter
- Tombol Buka digunakan untuk membuka pintu air sesuai dengan nilai bukaan yang telah ditentukan melalui slide bar.
- Tombol Tutup mempunyai fungsi untuk menutup pintu air sampai mencapai posisi yang telah diatur pada slide bar.
- Tombol Emergency memiliki fungsi sebagai fitur penghentian darurat. Jika terjadi kesalahan atau dalam kondisi yang tidak diinginkan, tombol ini dapat ditekan untuk menghentikan pengoperasian.

4.5 Hasil Komparasi Data Laboratorium dan Lapangan

1. Komparasi Percobaan Pertama

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Waktu bukaan	Equal variances assumed	0,001	0,979	0,178	6	0,864	0,70250	3,9
	Equal variances not assumed			0,178	6,000	0,864	0,70250	3,9

Berdasarkan tabel percobaan pertama dapat dilihat bahwa untuk nilai Signifikansi. (2-tailed) sebesar 0,864, dimana hal tersebut lebih kecil dari dasar pengambilan keputusan dari ketentuan uji *independent sample T test* dengan nilai sebesar 0,05. Untuk Sig. (2-tailed) 0,864 > 0,05 yang mempunyai arti bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara waktu bukaan pada Laboratorium dengan Lapangan.

2. Hasil Komparasi Percobaan Kedua

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Waktu bukaan	Equal variances assumed	0,000	0,995	0,187	6	0,858	0,72500	3,85000
	Equal variances not assumed			0,187	6,000	0,858	0,72500	3,85000

Berdasarkan percobaan kedua dapat diketahui bahwa untuk nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0,858, dimana hal tersebut lebih kecil dari dasar pengambilan keputusan dari

ketentuan uji *independent sample T test* dengan nilai sebesar 0,05. Untuk Sig. (2-tailed) 0,858 > 0,05 yang berarti bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara waktu bukaan pada Laboratorium dengan Lapangan.

3. Hasil Komparasi Percobaan Ketiga

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Waktu bukaan	Equal variances assumed	0,001	0,973	0,175	6	0,867	0,67500	3,8
	Equal variances not assumed			0,175	5,999	0,867	0,67500	3,8

Berdasarkan pada tabel percobaan ketiga dapat diketahui bahwa untuk nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0,867, dimana hal tersebut lebih kecil dari dasar pengambilan keputusan dari ketentuan uji *independent sample T test* dengan nilai sebesar 0,05. Untuk Sig. (2-tailed) 0,867 > 0,05 itu berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara waktu bukaan pada Laboratorium dengan Lapangan.

4. Hasil Komparasi Percobaan Keempat

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Er Differ.
Waktu bukaan	Equal variances assumed	0,002	0,963	0,233	6	0,823	0,91250	3,90
	Equal variances not assumed			0,233	5,999	0,823	0,91250	3,90

Berdasarkan tabel percobaan keempat dapat diketahui bahwa untuk nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0,823, dimana hal tersebut lebih kecil dari dasar pengambilan keputusan dari ketentuan uji *independent sample T test* dengan nilai sebesar 0,05. Untuk Signifikansi. (2-tailed) 0,823 > 0,05 yang mempunyai arti bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara waktu bukaan pada Laboratorium dengan Lapangan.

5. Hasil Komparasi Percobaan kelima

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Waktu bukaan	Equal variances assumed	0,007	0,935	0,171	6	0,870	0,67500	3,94
	Equal variances not assumed			0,171	5,992	0,870	0,67500	3,94

Berdasarkan tabel percobaan kelima dapat diketahui bahwa untuk nilai Sig. (2-tailed)

sebesar 0,870, dimana hal tersebut lebih kecil dari dasar pengambilan keputusan dari ketentuan uji *independet sample T test* dengan nilai sebesar 0,05. Untuk Signifikansi. (2-tailed) $0,870 > 0,05$ bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara waktu bukaan pada Laboratorium dengan Lapangan.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji pada lima percobaan yang telah dilakukan yang membandingkan waktu bukaan pintu air di Laboratorium dan Lapangan, diperoleh nilai Sig. (2-tailed) berturut-turut sebesar 0,864; 0,858; 0,867; 0,823; dan 0,870. Seluruh nilai signifikansi tersebut lebih besar dari taraf signifikansi yang digunakan ($\alpha = 0,05$). Hasil ini menunjukkan bahwa sistem atau model yang diuji di laboratorium memiliki tingkat kesesuaian yang baik terhadap kondisi aktual di lapangan, sehingga dapat digunakan sebagai representasi yang andal dalam menggambarkan kinerja pintu air *sluice gate*.

5.2 Saran

1. Pemeliharaan rutin sangat diperlukan pembersihan berkala pada mekanisme penggerak dan sensor untuk menghindari gangguan akibat penumpukan sedimen di saluran irigasi yang dapat menghambat buka tutup pintu air yang ada di lapangan.
2. Meningkatkan SDM untuk memberikan pelatihan teknis bagi kelompok tani pengguna agar dapat mengoperasikan aplikasi dan melakukan perbaikan ringan pada perangkat IoT secara mandiri.
3. Menambahkan fitur notifikasi darurat pada sistem jika terjadi kegagalan daya atau gangguan jaringan internet di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Juhan, N., Ibrahim, A., Abdullah, H., Teknik Mesin, J., Teknik Elektro, J., & Negeri Lhokseumawe Jln, P. B. (n.d.). *Rancang Bangun Smart Irigasi Berbasis Internet of Things*.
- [2] Noerhayati, E., Suprpto, B., Wirateruna, E. S., & Mardiyani, S. A. (2022a). PENERAPAN PINTU AIR OTOMATIS PADA BANGUNAN BAGI SALURAN IRIGASI GUNA MENINGKATKAN

HASIL PANEN PETANI BERBASIS IOT. In *JURNAL PEMBELAJARAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT* (Vol. 3, Number 3).

- [3] Mulyadi, A. N. S. (2021). ANALISA SISTEM JARINGAN IRIGASI TERSIER DESA CITARIK KECAMATAN PELABUHAN RATU KABUPATEN SUKABUMI. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 6, 40–46.
- [4] Noerhayati, E., Seikha Arthanev, F., Hidayatulloh, H., Mubarak Nuzulul, M., Andriani, V., Setia Ningrum, E., Ismiyah, Z., Fakhriroh, N., Amri Azzani, M., Qadafi Al-Ghifar, M., Galla, A., Kamila Bachsin, N., & Artikel, R. (2023). Pengoprasian dan pemeliharaan pintu air irigasi berbasis IoT aplikasi BLYNK Info Artikel ABSTRAK. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 408(2), 408–414.
- [5] Azmi, A. F. U., Mustika, S. N., Noerhayati, E., Rochman, B. A., & Mohamad, I. N. (2026). Modelling And Laboratory Test of An IoT-Solar Energy Based Automatic Irrigation Gate System. *BIO Web of Conferences*, 209, 04011.
- [6] Wahyudi, W., Pradana, A. I., & Permatasari, H. (2025). Implementasi Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT untuk Pertanian Greenhouse. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 5(2).
- [7] Utami Rakhmawati, P., & Kunci, K. (2024). *Analisis Komunikasi Platform Internet of Things Aplikasi Blynk*. 9, 2024.
- [8] Amalia Putri, R., Tannya Yanwar, S., Maula Everlin, S., & Ali Herupratama, S. (2024). *STUDI EFISIENSI PANEL SURYA DALAM MENGHASILKAN LISTRIK DI BERBAGAI KONDISI CUACA Study of the Efficiency of Solar Panels in Generating Electricity in Various Weather Conditions*.
- [9] Rochman, B. A., Noerhayati, E., & Fitriyanti, A. (2025a). DESAIN MODULAR PINTU AIR IRIGASI UNTUK SALURAN SEKUNDER BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). In *Jurnal Rekayasa Sipil* / (Vol. 283, Number 2).