Jurnal Fisika Unand (JFU)
Vol. 14, No. 6, November 2025, hal. 606 – 613
ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online)
https://doi.org/10.25077/jfu.14.6.606-613.2025

Open Access

Implementasi *Smart Irrigation System* berbasis Komunikasi ESP-NOW dan *Alternate Wetting and Drying* (AWD) di Sawah Area Sumatera Selatan

Ayu Kirani Azzahra, Junita Insyirah Nur Huwaida, Menik Ariani, Assaidah*
Program Studi Magister Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 7 Agustus 2025
Direvisi: 14 Oktober 2025
Diterima: 25 November 2025

Kata kunci:
Alternate Wetting and Drying
ESP-NOW
Sensor Ultrasonik
Smart Irrigation System

ABSTRAK

Smart Irrigation System telah dirancang dan diimplementasikan dengan memanfaatkan metode *Alternate Wetting and Drying* (AWD) dan sensor ultrasonik untuk membantu petani memantau serta menjaga ketinggian air di lahan sawah agar sesuai kebutuhan padi. Sistem akan mengirim notifikasi *WhatsApp* ketika ketinggian air melebihi 15 cm di atas permukaan tanah. Hasil kalibrasi sensor menunjukkan *error* sebesar 0% dan linieritas sensor dengan meteran bernilai 1,0 yang menandakan sensor bekerja dengan akurat. Pengujian laboratorium dilakukan pada tiga kondisi air, yaitu 15 cm di bawah permukaan tanah, tepat 15 cm di atas permukaan tanah, dan lebih dari 15 cm. Kondisi ini sesuai untuk kriteria ketinggian air yang baik melalui penggunaan metode AWD. Komunikasi antara *transmitter* dan *receiver* menggunakan ESP-NOW dan berjalan stabil. Sistem berhasil menginstruksikan katup solenoid untuk membuka ketika air berada di bawah 15 cm dan menutup ketika mencapai 15 cm. Penundaan sekitar 7 detik terjadi saat solenoid membuka karena jenis *Normally Closed* (NC) membutuhkan arus tinggi. Saat air melebihi 15 cm, sistem mengirim notifikasi kepada petani untuk melakukan pengurasan. Hasil uji lapangan menunjukkan pembacaan ketinggian air 25 cm sesuai dengan alat ukur referensi dan berhasil memberikan peringatan yang akurat agar petani menghidupkan pompa hingga tinggi muka air kembali ke kondisi ideal.

Keywords:
Alternate Wetting and Drying
ESP-NOW
Ultrasonic sensor
Smart Irrigation System

Penulis Korespondensi:
Assaidah
Email: assaidah@unsri.ac.id

The Smart Irrigation System was designed and implemented by utilizing the Alternate Wetting and Drying (AWD) method and an ultrasonic sensor to assist farmers in monitoring and maintaining water levels in paddy fields according to crop requirements. The system sends a WhatsApp notification when the water level exceeds 15 cm above the soil surface. Sensor calibration results showed an error of 0% and a linearity value of 1.0 when compared with a reference measuring tape, indicating accurate sensor performance. Laboratory testing was conducted under three water-level conditions: 15 cm below the soil surface, exactly 15 cm above the soil surface, and more than 15 cm. These conditions align with the recommended water-level criteria for AWD implementation. Communication between the transmitter and receiver used the ESP-NOW protocol, which operated stably. The system successfully instructed the solenoid valve to open when the water level was below 15 cm and to close once it reached 15 cm. A delay of approximately 7 seconds occurred during valve opening due to the Normally Closed (NC) type, which requires higher current. When the water level exceeded 15 cm, the system sent notifications to the farmer to initiate drainage. Field test results showed that a water-level reading of 25 cm matched the reference measurement and the system successfully delivered accurate alerts, prompting the farmer to activate the pump until the water level returned to its ideal condition.

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Sumatera Selatan berpotensi menjadi lumbung pangan nasional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2024), produksi padi mencapai 2.842.560 ton, dengan Kabupaten Banyuasin sebagai penyumbang terbesar (kumparan, 9 Januari 2025). Dukungan pemerintah juga terlihat dari kunjungan Presiden Prabowo Subianto ke Banyuasin pada 23 April 2023 untuk meluncurkan Gerakan Indonesia Menanam (Gerina). Berkat perhatian pemerintah yang begitu besar pada sektor pertanian, sistem irigasi menjadi kunci agar swasembada beras dapat tercapai. Salah satu teknik pemantauan sistem irigasi adalah menggunakan metode *Alternate Wetting and Drying* (AWD) serta penggunaan sensor untuk otomasi pemantauan ketinggian level air di lahan sawah.

Penelitian terdahulu yang dilakukan Dutta et al. (2020) di Puri, India, menunjukkan bahwa AWD mampu menghemat air dengan biaya rendah, namun menghadapi kendala seperti rendahnya kesadaran petani, biaya pengendalian gulma yang tinggi, dan kondisi lahan bergelombang. Tolentino et al. (2021) menggabungkan AWD dengan *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan irigasi berbasis jaringan dengan ketinggian air normal 10 cm dan maksimal 15 cm. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik dan Zigbee untuk mengirim data ke NodeMCU ESP8266, yang mengatur pintu penyiraman otomatis dengan waktu buka 2,7 detik. Pada riset tersebut belum diterapkan secara *real-time* di sawah. Sejumlah penelitian yang dipublikasikan oleh Siddiqui et al. (2021), Pham et al. (2021), Kalyan & Ganiginti (2022), dan Kumar et al. (2024) membuktikan bahwa penerapan IoT pada sistem AWD dapat meningkatkan efisiensi *monitoring* irigasi dan menghemat penggunaan air. Pada bagian komunikasi data, Kusuma et al. (2025) memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) dengan sensor TOF10120 dan mikrokontroler ESP32 untuk mengukur kedalaman air. Namun akurasi sensor hanya 3,83%. Sistem serupa juga dibuat oleh Kabir et al. (2024) menggunakan *scale* sensor yang mengandalkan komunikasi internet antara sistem utama dan aktuator pompa air, sehingga sangat bergantung pada gelombang radio. Phuphanin & Tasakorn (2025) mengembangkan sistem pemantau irigasi menggunakan sensor DHT22 (suhu dan kelembaban) serta HC-SR04 (ketinggian air) dengan ESP32 dan komunikasi ESP-NOW untuk mengontrol pompa dari jarak jauh.

Protokol ESP-NOW telah banyak diterapkan di bidang lain karena efektif untuk komunikasi data seperti aplikasi *smart gardening* oleh Ameen & Al-Sheikh (2024), *weather monitoring* yang dibuat Khan et al. (2024), *water pump control system* oleh Siyam et al. (2025), *secure home automation* oleh Paguay et al. (2023), robot pertanian oleh Isnanto et al. (2020), Urazayev et al. yang mengevaluasi kinerja ESP-NOW di lingkungan dalam ruangan (2023) serta protokol sistem komunikasi suara yang *low-cost* antar bangunan telah diterapkan Hoang et al. (2019). Pada penelitian Phuphanin & Tasakorn (2025) sistem hanya aktif saat kondisi air kering. Penggunaan tiga ESP32 (satu master dan dua node) dengan komunikasi dua arah yang menyebabkan kompleksitas serial, risiko sinkronisasi data, serta penurunan efisiensi, konsumsi daya, dan biaya tinggi. Berdasarkan sejumlah penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang *Smart Irrigation System* yang murah, efisien, dan sederhana untuk mengatur level air di sawah agar tanaman padi tidak kekeringan maupun kebanjiran sehingga dapat tumbuh optimal dan mendapatkan hasil panen yang produktif.

II. METODE

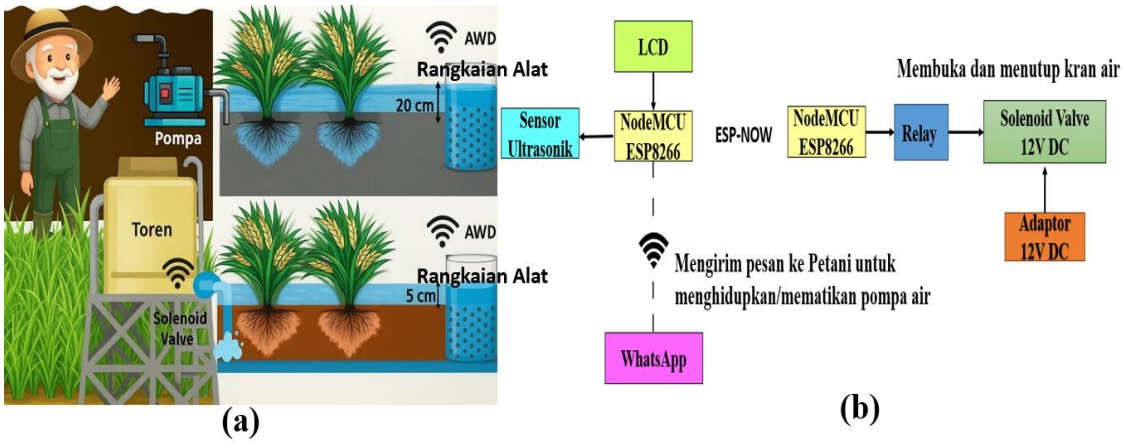
2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya untuk kalibrasi dan pengujian lapangan dilakukan di sawah.

2.2 Bagian Alir Sistem

Desain sistem yang telah dibuat seperti tampak pada Gambar 1, sistem terbagi menjadi dua bagian yaitu pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Komponen tansmitter terdapat NodeMCU yang berfungsi untuk mengirim *WhatsApp* dan melakukan komunikasi ESP-NOW dengan *receiver*, sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengukur ketinggian air, dan LCD untuk menampilkan hasil ukur sensor. Bagian *receiver* terdiri dari NodeMCU yang menerima informasi dari *transmitter* melalui komunikasi ESP-NOW, relay 5 V digunakan untuk mengatur tegangan solenoida, solenoida valve 12 V untuk membuka kran air secara otomatis, dan adaptor 12 V sebagai penyedia tegangan untuk solenoida

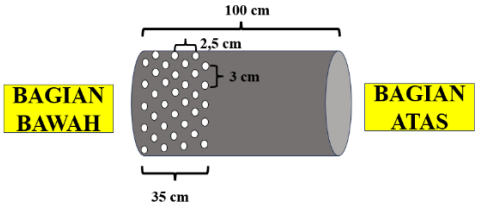
12 V. Cara kerja sistem dimulai dari sensor pada *transmitter* yang melakukan pengukuran ketinggian air. Jika air kurang dari 15 cm dari atas permukaan tanah maka informasi diteruskan ke *receiver* agar membuka kran. Ketika air sudah berada pada level 15 cm di atas tanah maka *transmitter* mengirim instruksi ke *receiver* untuk menutup kran. Sebaliknya, ketika hasil pengukuran ketinggian air lebih dari 15 cm di atas permukaan tanah, *transmitter* mengirim pesan singkat *WhatsApp* ke petani untuk menghidupkan pompa dan memompa air keluar dari lahan sawah. Sensor ultrasonik diletakkan tepat di atas AWD (100 cm dari dasar pipa), sehingga kotak yang berisi rangkaian alat menutupi pipa (AWD).



Gambar 1 (a) Desain *Smart Irrigation System* (b) Komponen alat yang digunakan

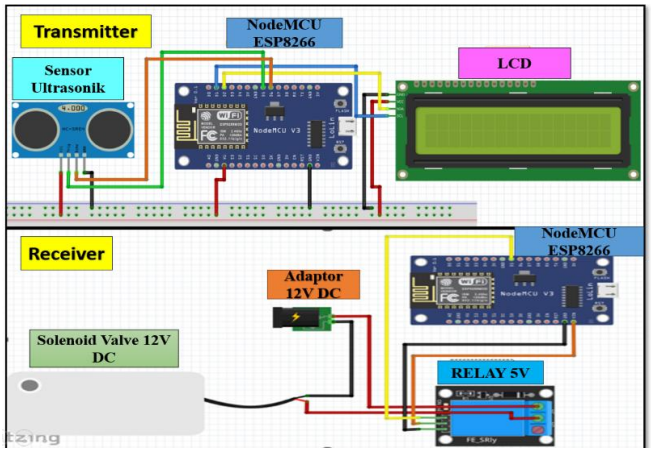
2.3 Perancangan Alat

Sebelum melakukan perangkaian alat, dilakukan pembuatan tabung AWD dengan menggunakan pipa berdiameter 3 inchi dan tinggi 1 meter. Pada Gambar 2 pelubangan pipa dilakukan menggunakan solder setinggi 35 cm dari bawah untuk jalan masuknya air. Jarak lubang atas dan bawah sebesar 2,5 cm serta jarak lobang kiri dan kanan sebesar 3 cm.



Gambar 2 Tabung AWD

Kemudian dilakukan pengecekan tiap komponen sehingga ketika proses perakitan sistem keseluruhan tidak ada kendala alat yang rusak. Berikutnya dilakukan kalibrasi pada sensor ultrasonik HC-SR04. Jika sensor sudah standar, maka dilanjutkan dengan uji lab dan uji di lapangan. Skema alat yang dibuat seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Rangkaian alat pada *Smart Irrigation System*

Rangkaian *hardware* terbagi menjadi dua yaitu *transmitter* dan *receiver*. Pin-pin yang digunakan pada *transmitter*, yakni pin VV pada NodeMCU yang mengeluarkan *output* tegangan 5 V dihubungkan secara paralel dengan pin VCC pada sensor ultrasonik dan LCD. Pin ground NodeMCU diparalel untuk memenuhi kebutuhan ground pada sensor dan LCD. Pin D1 NodeMCU dihubungkan dengan pin SCL LCD, pin D2 dengan pin SDA LCD, pin D5 dengan pin Trig sensor ultrasonik, serta pin D6 dengan pin Echo sensor ultrasonik. Kemudian bagian *receiver*, pin VV NodeMCU dihubungkan dengan VCC relay, sedangkan pin ground NodeMCU disambungkan ke ground relay. Ground solenoida dihubungkan ke ground adaptor. Selanjutnya, pin D5 NodeMCU dihubungkan dengan pin IN relay, pin COM relay dihubungkan dengan positif adaptor, dan pin NO relay dihubungkan dengan positif solenoida.

III. HASIL DAN DISKUSI

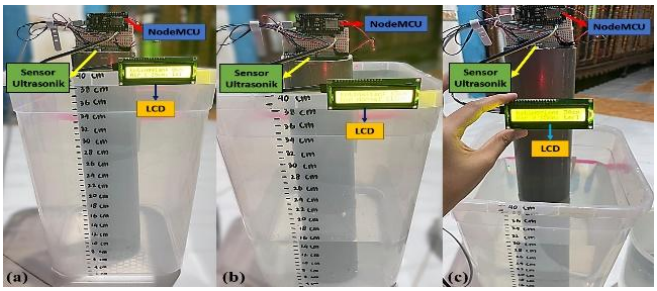
3.1 Hasil Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Kalibrasi dilakukan agar sensor dapat mengukur ketinggian air dengan baik melalui pembanding konvensional seperti alat ukur meteran. Program mikrokontroler pada *transmitter* menggunakan perintah/ *syntax* seperti yang tampak pada Gambar 4 untuk mendapatkan ketinggian air.

```
138   int jarak_ke_air = sonar.ping_cm();
139   int ketinggianAir = TINGGI_PIPA_CM - jarak_ke_air;
```

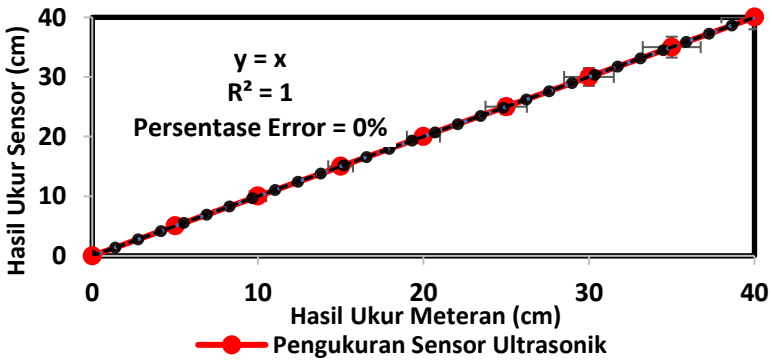
Gambar 4 Program ketinggian air

Gambar 5a, 5b dan 5c adalah proses kalibrasi sensor untuk pembacaan level air 0, 15 dan 30 cm, berturut-turut. Pengukuran di lapangan, level 0 berarti 15 cm di bawah permukaan tanah, level 15 berarti permukaan tanah dan level 30 berarti 15 cm di atas permukaan tanah.



Gambar 5 (a) Kalibrasi ketika air 0 cm (b) Kalibrasi ketika air 15 cm (c) Kalibrasi ketika air 30 cm

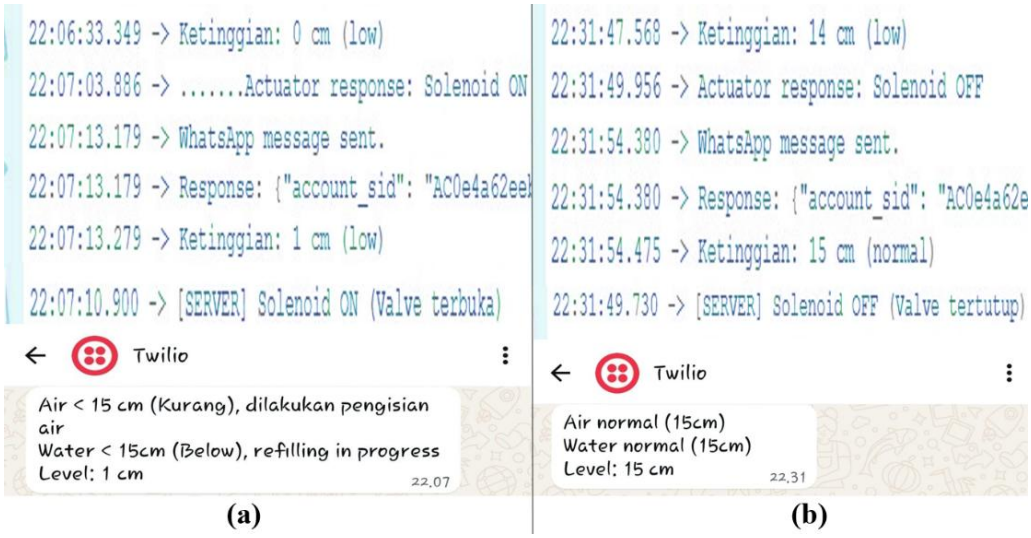
Berdasarkan kalibrasi yang dilakukan didapatkan hasil seperti pada Gambar 6. Saat kalibrasi, ketinggian air diatur dari 0 cm sampai 40 cm dengan resolusi setiap 1 cm. Data pengukuran diambil dalam tiga kali perulangan pengukuran. Hasilnya, sensor ultrasonik memiliki ketelitian sebesar 1 cm dengan nilai R^2 =1 yang berarti hubungan antara data sensor dan alat ukur referensi adalah linier. Persentase *error* yang diperoleh dari *excel* sebesar 0%. Dengan demikian, sensor bekerja dengan standar yang sesuai (data pengujian dapat dilihat pada link berikut https://bit.ly/AWDSmartIrrigationSystem).



Gambar 6 Grafik hasil kalibrasi sensor ultrasonik dengan meteran

3.2 Hasil Pengujian Skala Laboratorium

Pengujian performa system skala laboratorium dilakukan dengan mengambil nilai-nilai kritis untuk ketinggian air, yakni 0 cm yang berarti lahan kekeringan sehingga keran air otomatis terbuka dan mengairi lahan hingga ketinggian 15 cm, ketinggian air melebihi 15 cm yang berarti lahan kebanjiran sehingga *transmitter* akan mengirimkan pesan *WhatsApp* ke petani untuk melakukan pengurasan/penyedotan air. Gambar 7 adalah contoh tangkapan layar serial monitor mikrokontroler dan pesan/notifikasi ke *user*.



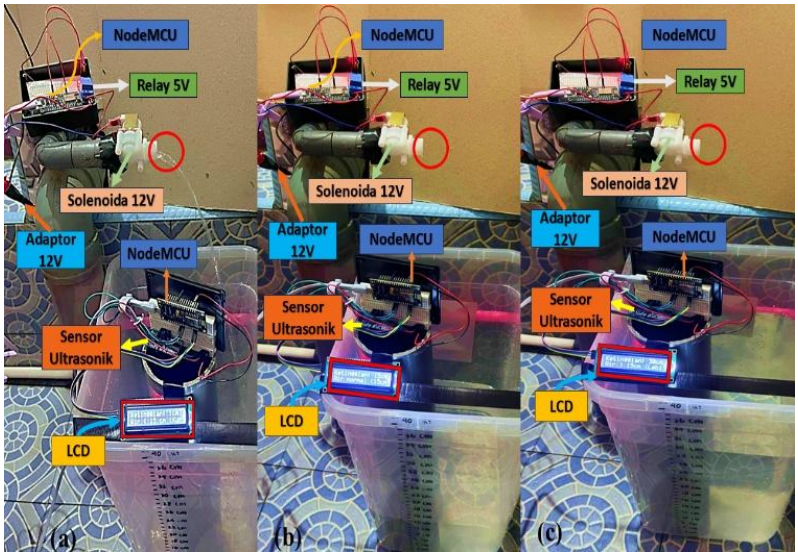
Gambar 7 (a) Tangkap layar serial monitor *transmitter* ketika ketinggian air kurang dari 15 cm (kiri) dan contoh notifikasi *Whatsapp* ke petani bahwa sedang dilakukan pengairan pada sawah, (b) Tangkap layar serial monitor saat ketinggian air 15 cm dan contoh notifikasi pada *WhatsApp*

Ketika air keran dihidupkan otomatis oleh sistem dan level air pada lahan mulai bertambah, sistem kemudian akan mengirimkan perintah kepada penerima yang terhubung pada *valve* untuk menutup keran saat tinggi air menyentuh angka 15 cm seperti yang tampak pada Gambar 6 (b). Sistem juga mengirimkan notifikasi kepada petani lewat *WhatsApp* bahwa level air di lahan padi berada pada kondisi normal. Komunikasi yang digunakan dari *transmitter* ke *receiver* agar membuka katup *valve* solenoida pada keran adalah protokol ESP-NOW. Proses membuka atau menutupnya solenoida mengalami *delay* selama 7 detik dikarenakan solenoida bertipe *Normally Close* (NC). Artinya, ketika tidak ada arus solenoida akan terus tertutup sehingga saat diberi arus dan tegangan yang sesuai solenoida akan terbuka. Pada proses penyedian arus dan tegangan tersebut dibutuhkan waktu karena adanya perbedaan yang besar antara kapasitas mikrokontroller dengan kebutuhan daya solenoida. Tidak ada *delay* saat keran diperintahkan untuk sistem untuk ditutup. Gambar 8 merupakan gambaran sistem saat air melebihi 15 cm. Secara otomatis, sistem akan mengirim pesan *WhatsApp* ke petani untuk memompa air keluar dari lahan dan solenoida berada pada posisi OFF.



Gambar 8 Tangkap layar serial monitor saat ketinggian air melebihi angka normal 15 cm dan contoh notifikasi *WhatsApp* yang diterima *user*

Keadaan pengujian skala laboratorium ditunjukkan pada Gambar 9. Terlihat dari gambar bahwa air mengalir dari katup jika ketinggian air kurang dari 15 cm (Gambar 9(a)); keran tertutup sehingga air tidak mengalir saat air berada diketinggian 15 cm (Gambar 9(b)); keran tertutup saat ketinggian air di atas 15 cm (Gambar 9(c)).



Gambar 9(a) Sistem dengan keadaan air kurang dari 15 cm (b) Sistem dengan keadaan level air 15 cm (c) Sistem dengan keadaan level air lebih dari 15 cm

3.3 Hasil Uji Lapangan secara *Real-Time*

Pengujian dilakukan disalah satu sawah yang ada di Kelurahan Pulokerto, Kecamatan Gandus, Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan. Saat itu kondisi tanaman padi memang terendam air karena hujan yang turun rutin sebelumnya dan tidak terdapat *drainase* irigasi. Alat dipasang tegak lurus dengan permukaan tanah seperti ditunjukkan pada Gambar 10 (a). Pengukuran sensor dilakukan tiap 200 ms sekali, namun untuk pelaporan *WhatsApp* data yang dikirim *transmitter* berupa data tiap 10 menit sekali (Gambar 10 (b)). Berdasarkan informasi pada Gambar 10 (b) diketahui bahwa 20 menit pertama ketinggian air yang dikirim ke *WhatsApp* memiliki selisih 1 cm dari tinggi yang sebenarnya karena alat ukur referensi menunjukkan ketinggian 25 cm, bukan 24 cm. Hal ini dikarenakan adanya gangguan dari Bebek-bebek yang berenang di sawah tersebut. Setelah gangguan hilang, angka yang ditunjukkan oleh notifikasi sesuai dengan alat ukur referensi.



Gambar 10 a) Posisi pemasangan alat di sawah (kiri); b) Notifikasi *WhatsApp* saat uji lapangan

IV. KESIMPULAN

Telah didesain, dibangun dan diterapkan sistem irigasi cerdas agar lahan sawah mendapatkan pemantauan pengairan yang sesuai kebutuhan tanaman padi. Kalibrasi sensor ultrasonik yang digunakan berhasil menunjukkan linieritas sebesar 1 dengan alat ukur referensi dan error sebesar 0%. Uji

laboratorium menunjukkan sistem dapat memberikan reaksi dan notifikasi yang diinginkan saat variasi ketinggian air mengikuti simulasi keadaan sesungguhnya di lapangan. Ketika air kurang dari 15 cm, keran/ valve solenoid terbuka untuk mengalirkan air ke dalam lahan dan menutup kembali jika tinggi air mencapai 15 cm. Ketika air melebihi 15 cm, notifikasi *WhatsApp* dikirmkan kepada petani agar segera menghidupkan pompa air untuk menyedot kelebihan air di lahan. Saat uji lapangan di sawah, sistem mampu mendeteksi ketinggian air sebesar 25 cm dan berhasil mengirimkan notifikasi kepada *user* tanpa *delay*.

DAFTAR PUSTAKA

Ameen, I. A., & Al-Sheikh, M. A. (2024). Wireless Sensor Networks for Smart Gardening: ESP-NOW and Blynk IoT Integration for Water and Energy Optimization. International Journal of Computational and Electronic Aspects in Engineering, 5(3), 101–115. https://doi.org/10.26706/ijceae.5.3.20240804

Dutta, B. P., Mishra, A., & Kanungo, A. P. (2020). Constraints Perceived by the Farmers for Adoption of Alternate Wetting and Drying (AWD) Technology in Puri District of Odisha, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9(4), 181–185. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.904.023

Hoang , T. N., Van ,S. T., & Nguyen, B. D. (2019). ESP-NOW Based Decentralized Low Cost Voice Communication Systems For Buildings, International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEE), Ho Chi Minh City, Vietnam, 2019, pp. 108-112, doi: 10.1109/ISEE2.2019.8921062.

Isnanto, R. R., Windarto Y. E, Gloriawan J. I. D., & Cesara , F. N. (2020). Design of a Robot to Control Agricultural Soil Conditions using ESP-NOW Protocol, 2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC), Gorontalo, Indonesia, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICIC50835.2020.9288575.

Kabir, M. S., Niloy, K. M., Hossen, M. I., Afrose, S., and Mofazzol, M. I. H. (2024). Development of IoT-based Scale Sensor to Measure AWD System Water Level in Crop Field. 2024 IEEE 3rd International Conference on Robotics, Automation, Artificial-Intelligence and Internet-of-Things (RAAICON), Dhaka, Bangladesh, 2024, pp. 158-162, doi: 10.1109/RAAICON64172.2024.10928536.

Kalyan, P., & Ganiginti, P. (2022). Alternate wet drying method in paddy cultivation in India by using soil moisture sensors: A review. https://www.researchgate.net/publication/361518006.

Khan , S. M., Mahi, M. T., &Rasheduzzaman, M. (2024). Design and Implementation of a Low-Cost Weather Monitoring System using ESP-NOW, 2024 13th International Conference on Electrical and Computer Engineering (ICECE), Dhaka, Bangladesh, 2024, pp. 437-442, doi: 10.1109/ICECE64886.2024.11024940.

Kumar, M., Sahni, R. K., Waghaye, A. M., &Randhe, R. D. (2024). Electronic Sensor-Based Automated Irrigation System for Rice Cultivated Under Alternate Wetting and Drying Technique. AgriEngineering, 6, 4720–4738. https://doi.org/10.3390/agriengineering6040270

Kusuma, I. N. T. Y., Budisanjaya, I. P. G., Sumiyati, S., Nugroho, A. P., Sulastri, N. N., & Tika, I. W. (2025). Design and Implementation of an IoT-Based Irrigation Management System for Alternate Wetting and Drying (AWD) Technique in Rice Cultivation. Jurnal Teknik Pertanian Lampung, 14(4), 1256–1267. https://doi.org/10.23960/jtep-l.v14i4.1256-1267

Paguay , J. A. C., Brito, G. A. H., Rojas , D. L. H., and Calva , J. J. C. (2023). Secure home automation system based on ESP-NOW mesh network, MQTT and Home Assistant platform. IEEE Latin America Transactions, 21(7), pp. 829-838, July 2023, doi: 10.1109/TLA.2023.10244182.

Pham, V. B., Diep, T. T., Fock, K., & Nguyen, T. S. (2021). Using the Internet of Things to promote alternate wetting and drying irrigation for rice in Vietnam's Mekong Delta. Agronomy for Sustainable Development, 41(43). https://doi.org/10.1007/s13593-021-00705-z/Published

Phuphanin, A., &Tasakorn, M. (2025). Prototype of alternate wetting and drying rice cultivation using internet of things for precision agriculture. TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control), 23(2), 455–465. https://doi.org/10.12928/telkomnika.v23i2.26529

Siddiqui, M., Akther, F., Rahman, G. M. E., Elahi, M. M., Mostafa, R., & Wahid, K. A. (2021). Dimensioning of wide-area alternate wetting and drying (Awd) system for iot-based automation. Sensors, 21(18). https://doi.org/10.3390/s21186040

Siyam , A. R., Kheyal , P. A., Sadika, A., Rana, M. M. & Siam, M. T. H. (2025) A Fast IoT Integrated, Modular and Offline-Capable Smart Water Pump Control System Using ESP-NOW Communication Protocol. 2025 International Conference on Quantum Photonics, Artificial Intelligence, and Networking (QPAIN), Rangpur, Bangladesh, 2025, pp. 1-5, doi: 10.1109/QPAIN66474.2025.11171997.

Tolentino, L. K. S., Bacaltos, P. C., Cruz, R. M. V., Dela Cruz, N. J. S., Medina, L. R. S., Panergalin, J. V., Padilla, M. V. C., & Velasco, J. S. (2021). Autogation: An alternate wetting and drying-based automatic irrigation and paddy water level control system through internet of things. Agrivita, 43(3), 479–494. https://doi.org/10.17503/agrivita.v43i3.2627.

Urazayev, D., Eduard, A., Ahsan, M., & Zorbas, D. Indoor Performance Evaluation of ESP-NOW. 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/SIST58284.2023.10223585.