Sistem Monitoring Penyiraman Pada Lahan Pertanian Berbasis ESP32 dan ESP-NOW

Winnie R Pramudita1, Prof. Dr. Hj. Sriwati, ST., MT1, Muhammad Khaidir, ST,.MT1, Faridah, ST.,MT1, Saktiani Kariem, ST,.MT1, M Hasyim Rahman[1]

[1] Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Makassar

Coprespondent Author : pramudita1901@gmail.com

***Abstract* — This study designs and implements an automated watering system for agricultural land based on ESP32 and ESP-NOW communication protocols, consisting of a master node and several slave nodes. The system operates automatically and adaptively based on environmental conditions, triggering irrigation only when the soil moisture is below a predefined threshold and no rain is detected. Testing results demonstrate that inter-device communication is stable with low latency and minimal power consumption, making it highly suitable for small-to-medium-scale agricultural lands. The system successfully improves irrigation efficiency and water conservation. Future development can incorporate internet connectivity, renewable energy sources such as solar panels, and historical data storage for comprehensive performance analysis.**

***Keyword* — ESP-NOW, ESP32, Internet of Things, smart agriculture, watering system.**

Abstrak — Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis pada lahan pertanian berbasis ESP32 dan protokol komunikasi ESP-NOW, yang terdiri dari satu node master dan beberapa node slave. Sistem mampu bekerja secara otomatis dan adaptif terhadap kondisi lingkungan, dengan penyiraman hanya dilakukan saat kelembapan tanah berada di bawah ambang batas dan tidak sedang hujan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi antarperangkat berjalan stabil dengan latensi rendah serta konsumsi daya minimal, sehingga layak diterapkan di lahan pertanian berskala kecil hingga menengah. Sistem ini terbukti meningkatkan efisiensi penyiraman dan penggunaan air. Pengembangan selanjutnya dapat mencakup integrasi koneksi internet, sumber energi terbarukan seperti panel surya, serta penyimpanan data historis untuk analisis kinerja yang lebih komprehensif..

Kata kunci — ESP-NOW, ESP32, Internet of Things, sistem penyiraman, pertanian cerdas.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang mana petani merupakan mata pencaharian mayoritas masyarakatnya. Lahan pertanian yang begitu luas menjadikan sektor pertanian di Indonesia salah satu yang terpenting dalam mendukung dan menopang ketahanan pangan nasional.

Besarnya sektor pertanian di Indonesia memberi sumbangsih pada pembentukan Gross National Product (GNP) dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), serta turut menyejahterakan masyarakat pedesaan dengan menyerap tenaga kerja dalam jumlah yang besar, juga menyediakan kebutuhan akan pangan bagi rumah tangga, industri, bahkan negara [1].

Pangan dan energi merupakan dua hal yang saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan. Apabila stabilitas salah satu atau kedua hal tersebut terganggu, dampak yang ditimbulkan mampu mengancam ketahanan nasional satu bangsa secara non-militer [2].

Di era yang semakin maju ini, sektor pertanian menjadi pusat pembangunan ekonomi nasional karena sifatnya yang kokoh terhadap guncangan ekonomi yang tidak menentu, serta memiliki peranan strategis yang dapat menopang pemulihan dan pembangunan ekonomi negara dalam jangka panjang [3].

Pada triwulan ketiga di tahun 2023, sektor pertanian di Indonesia mencatat pertumbuhan sebesar 1.46% dan memberikan kontribusi untuk Produk Domestik Bruto sebanyak 13,57%. Pencapaian ini tentunya didukung oleh petani-petani Indonesia dalam perannya menjaga dan mendukung ketahanan pangan nasional [4].

Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan bahwa jumlah petani di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 27.802.434 orang. Diketahui dari jumlah tersebut, sebanyak 17.251.432 orang merupakan petani gurem [5].

Meski angka yang tercatat terbilang besar, adanya modernisasi memengaruhi minat masyarakat untuk terjun ke sektor pertanian. Minat generasi muda saat ini lebih memilih untuk pindah dan bekerja pada sektor industri dan jasa yang menyebabkan tenaga kerja pada sektor pertanian berkurang sehingga berdampak pada penurunan hasil pertanian secara signifikan.

Sistem pertanian yang konvensional dan kurangnya keterlibatan teknologi yang digunakan turut memperparah kondisi ini. Tata cara bertani yang mencakup penyiraman dan pemantauan lahan yang masih manual tentunya membutuhkan banyak tenaga kerja dan waktu yang menjadikannya kurang efisien. Hasil yang diperoleh pun sering kali tidak sebanding dengan tenaga yang dikeluarkan.

Permasalahan ini menunjukkan perlunya penerapan teknologi yang dapat mengotomatisasi proses penyiraman dan membantu pemantauan kondisi lahan sehingga lebih efisien. Salah satu bentuk penerapannya adalah sistem penyiraman otomatis yang dapat memantau kondisi lahan sehingga dapat menyesuaikan kebutuhan air yang dibutuhkan.

Dengan adanya sistem penyiraman dan pemantauan lahan yang berbasis otomatisasi, dapat mencegah pemborosan air dan menekan risiko tanaman layu atau mati akibat waktu penyiraman yang tidak konsisten [6].

Penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan ESP-NOW dapat dirancang untuk memudahkan pengiriman data secara nirkabel antarperangkat dalam jarak dekat, contohnya seperti pada sensor dan aktuator.

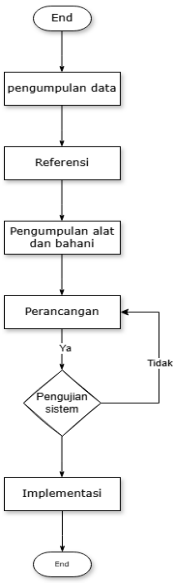
Penelitian selanjutnya oleh Sigalingging dkk, pada tahun 2024 menyatakan bahwa ESP-NOW dirancang untuk memudahkan pengiriman data secara nirkabel pada jarak dekat, menjadikan ESP-NOW pilihan yang ideal untuk lahan pertanian di daerah terpencil [7].

Dengan memanfaatkan ESP-NOW dan ESP32 sebagai penerapan teknologi modern pada sektor pertanian, diharapkan mampu untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja. Maka dari itu, penelitian ini dipandang sebagai langkah inovatif dan terbarukan untuk mendukung keberlanjutan sektor pertanian pada era modern.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat eksperimen rekayasa teknologi atau *engineering research* dengan pendekatan kuantitatif. Metode ini digunakan agar kinerja sistem monitoring penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan modul mikrokontroler ESP32 dan protokol komunikasi ESP-NOW dapat dikembangkan dan diuji sehingga memungkinkan penyiraman otomatis berdasarkan kondisi lingkungan. Selain itu, metode engineering research

Tahapan penelitian yang dilakukan secara sistematis ditunjukkan pada Gambar 1. Tahapan penelitian ini meliputi pengumpulan data, studi referensi, pengumpulan alat bahan, perancangan, pengujian sistem, serta implementasi.

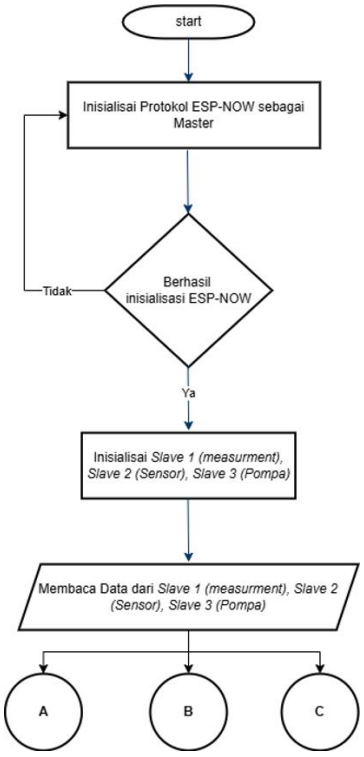


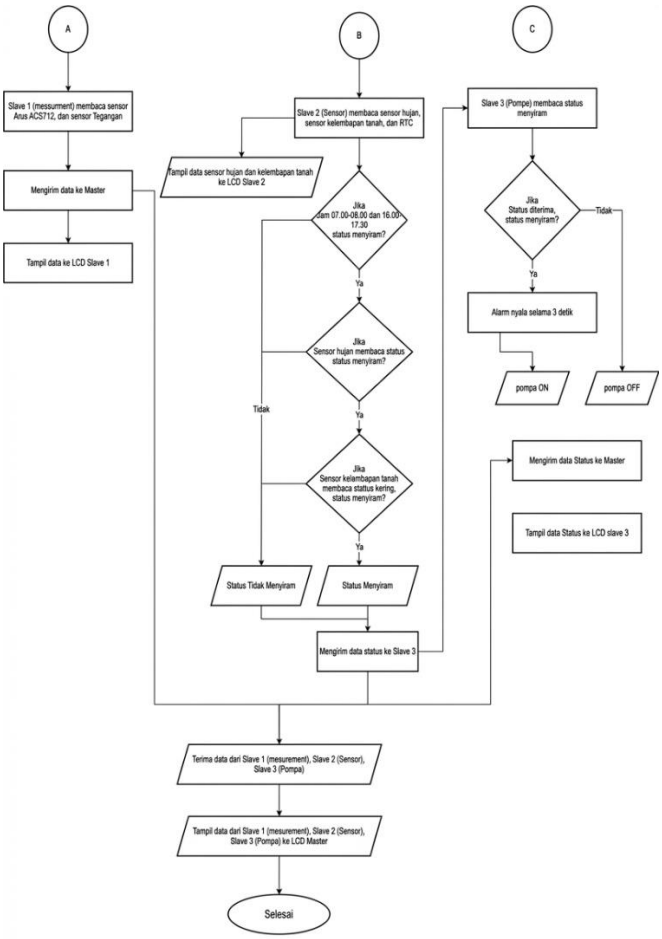
Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Aspek utama dalam desain penelitian ini mencakup pengumpulan data, pengukuran, dan analisis. Pengumpulan data akan dilakukan oleh pembacaan sensor kelembapan tanah, sensor hujan, dan sensor arus/tegangan. Hasil pembacaan sensor-sensor tersebut akan dikirim secara nirkabel melalui protokol komunikasi ESP-NOW menuju dua unit modul ESP32, yang mana salah satunya bertindak sebagai pengirim data dan yang lainnya bertindak sebagai pengendali pompa penyiraman. Mikrokontroler akan memproses logika penyiraman dan akan menampilkan statusnya melalui LCD.

Alur kerja sistem monitoring dan penyiraman otomatis ditunjukkan pada Gambar 2. *Flowchart* tersebut menggambarkan proses kerja sistem mulai dari inisiaisasi komunikasi ESP-NOW hingga proses pengolahan dan pertukaran data antarperangkat. Setelah inisialisasi sistem berhasil, sistem akan menjalankan masing-masing *slave* sesuai dengan fungsinya. *Slave* 1 bertindak sebagai *measurement*, melakukan pembacaan sensor arus ACS712 dan sensor tegangan. *Slave* 2 bertindak sebagai pembacaan sensor hujan, sensor kelembapan tanah, dan RTC. Data dari hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada LCD masing-masing *slave* dan dikirimkan melalui modul komunikasi ESP-NOW.

Kemudian *Slave* 2 akan menentukan status penyiraman berdasarkan waktu, kondisi hujan, dan kondisi kelembapan tanah. Status ini kemudian akan dikirimkan kepada *Slave* 3 yang berfungsi untuk mengendalikan pompa, yaitu kondisi 1 atau 0. Informasi status dari masing-masing *slave* akan dikirimkan kembali ke *master* setelah pengendalian pompa dilakukan. Seluruh data yang telah diterima selanjutnya akan ditampilkan pada LCD master.





Gambar 2. *Flowchart* Alat

III. HASIL

Total luas lahan pertanian yang digunakan sebagai sampel uji pada penelitian ini adalah 225 m². Tujuannya agar proses pengamatan lebih terfokus serta dapat dianalisis secara detail.

Indikator yang dicatat yaitu kelembapan tanah, kondisi hujan, serta status pompa tiap pagi dan sore hari dalam jangka waktu pengujian selama tujuh hari. Hasil uji digunakan untuk menilai kinerja sistem dalam mendukung efisiensi penyiraman beserta ketepatan respons sistem terhadap kondisi lingkungan.

Pada temuan pertama, data menunjukkan bahwa komunikasi antarperangkat dengan protokol komunikasi ESP-NOW dapat berjalan stabil dengan latensi rendah. Data dari sensor kelembapan dan intensitas hujan dapat dikirimkan dengan akurat, sehingga keputusan penyiraman dapat dilakukan secara tepat tanpa adanya keterlambatan yang signifikan.

Kemudian, terdapat kesesuaian antara kondisi di lapangan dan pola fluktuasi yang diperoleh dari data pembacaan sensor kelembapan tanah. Sensor mampu mendeteksi ketika kelembapan mencapai titik kritis yang menjadi patokan sistem untuk melakukan penyiraman, sehingga sensor mengirimkan perintah untuk mengaktifkan pompa. Temuan ini menunjukkan bahwa algoritma pengambilan keputusan pada sistem telah bekerja dengan baik sesuai dengan desain awal.

Ketika curah hujan cukup tinggi, secara otomatis sistem akan menunda pengaktifan pompa. Hal ini tentunya akan menghemat penggunaan air serta energi. Uji coba di lapangan menunjukkan bahwa durasi aktif pompa dan frekuensi berhasil dikontrol sesuai dengan data dari sensor secara konsisten selama periode pengujian.

Selain pencapaian tersebut, terdapat beberapa kendala teknis minor. Contohnya seperti gangguan sinyal pada antena yang saling tidak berhadapan. Kendala ini menunjukkan bahwa implementasi sistem ini dapat bekerja lebih optimal pada area lahan pertanian yang ukurannya terbatas, atau dengan penggunaan repeater. Hal ini bisa menjadi perhatian untuk pengembangan lebih lanjut di masa depan.

Tabel 1 merupakan kumpulan data jarak pengiriman antar node *slave* dan *master* 1 – 15 meter.

Tabel 1. Hasil Pengujian Jarak Komunikasi Antarnode ESP32

Node Pengirim	Node Penerima	Jarak (m)	Waktu Data Diterima	Latensi (ms)	RSSI (Dbm)	Status
Slave 1	Master	5	15:11:32	12	-52	Terkirim
Slave 2	Master	5	15:18:44	14	-54	Terkirim
Slave 3	Slave 3	5	15:30:21	13	-53	Terkirim
Slave 4	Master	5	15:43:58	15	-55	Terkirim
Slave 5	Master	10	15:55:10	25	-61	Terkirim
Slave 6	Master	10	16:03:45	26	-63	Terkirim
Slave 7	Slave 3	10	16:15:27	35	-60	Terkirim
Slave 8	Master	10	16:28:56	15	-62	Terkirim
Slave 9	Master	15	16:40:15	66	-70	Terkirim
Slave 10	Master	15	16:52:33	54	-72	Terkirim
Slave 11	Slave 3	15	17:05:20	59	-69	Terkirim
Slave 12	Master	15	17:18:42	61	-73	Terkirim
Slave 13	Master	20	17:31:05	58	-78	Terkirim
Slave 14	Master	20	17:45:22	79	-80	Tidak Terkirim
Slave 15	Slave 3	20	17:58:39	88	-76	Terkirim
Slave 16	Master	20	18:12:10	63	-82	Tidak Terkirim

Berdasarkan data dari Tabel 1, dapat ditarik kesimpulan bahwa komunikasi antarnode tetap stabil hingga jarak 15 meter, sesuai dengan kondisi dan batasan area lahan penelitian. Jarak ini menjadi keterbatasan utama, karena ukuran lahan yang digunakan untuk pengujian cukup terbatas.

Penggunaan antena eksternal sangat disarankan untuk menjaga kestabilan komunikasi. Antena antarnode harus dihadapkan secara langsung agar transmisi data tetap

optimal dan mengurangi kemungkinan potensi gangguan sinyal akibat posisi atau hambatan fisik di sekitar.

Pada Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian efisiensi penggunaan air selama sistem otomatis bekerja.

Tabel 2. Pengambilan Data Harian Lapangan

Tanggal	Master	Slave 1	Slave 2	Slave 3
24 Mei 2025	**Waktu:** 7:0:22 **Kelembapan**: 100 **Cuaca:** Terang **Pompa:** Aktif	**Tegangan:** 11.8V **Arus:** 0.65 A	**Pompa:** Aktif **Status:** Menyiram	**Menyiram:** Aktif **Cuaca:** Terang
24 Mei 2025	**Waktu:** 17:1:19 **Tegangan**: 11.85V **Arus:** 1.57A **Pompa:** Aktif	**Tegangan:** 11.71V **Arus:** 1.18 A	**Pompa:** Aktif **Status:** Menyiram	**Menyiram:** Aktif **Cuaca:** Terang
25 Mei 2025	**Waktu:** 7:0:09 **Kelembapan**: 68% **Cuaca:** Terang **Pompa:** Tidak Aktif	**Tegangan:** 12.00V **Arus:** 1.15 A	**Pompa:** Aktif **Status:** Menyiram	**Menyiram:** Aktif **Cuaca:** Terang
25 Mei 2025	**Waktu:** 17:0:07 **Kelembapan**: 68% **Cuaca:** Terang **Pompa:** Aktif	**Tegangan:** 11.85V **Arus:** 1.03 A	**Pompa:** Aktif **Status:** Menyiram	**Menyiram:** Aktif **Cuaca:** Terang
26 Mei 2025	**Waktu:** 7:1:22 **Kelembapan**: 32% **Cuaca:** Terang **Pompa:** Tidak Aktif	**Tegangan:** 11.88V **Arus:** 0.91 A	**Pompa:** Mati **Status:** Tidak Menyiram	**Kelembapan:** 35% **Cuaca:** Terang
26 Mei 2025	**Waktu:** 17:0:22 **Kelembapan**: 60% **Cuaca:** Terang **Pompa:** Aktif	**Tegangan:** 11.91V **Arus:** 1.03 A	**Pompa:** Aktif **Status:** Menyiram	**Menyiram:** Aktif **Cuaca:** Terang
27 Mei 2025	**Waktu:** 7:0:09 **Kelembapan**: 43% **Cuaca:** Terang **Pompa:** Tidak Aktif	**Tegangan:** 11.91V **Arus:** 1.11 A	**Pompa:** Mati **Status:** Tidak Menyiram	**Kelembapan:** 13% **Cuaca:** Gerimis
27 Mei 2025	**Waktu:** 17:0:18 **Kelembapan**: 60% **Cuaca:** Terang **Pompa:**Aktif	**Tegangan:** 11.76V **Arus:** 1.06 A	**Pompa:** Mati **Status:** Tidak Menyiram	**Kelembapan:** 13% **Cuaca:** Gerimis
28 Mei 2025	**Waktu:** 17:1:19 **Tegangan:**11.93V **Arus:** 1.07A **Pompa:**Tidak Aktif	**Tegangan:** 11.99V **Arus:** 1.40 A	**Pompa:** Mati **Status:** Tidak Menyiram	**Kelembapan:** 44% **Cuaca:** Terang
28 Mei 2025	**Waktu:** 17:0:22 **Kelembapan**: 60% **Cuaca:** Terang **Pompa:** Aktif	**Tegangan:** 11.77V **Arus:** 1.20 A	**Pompa:** Mati **Status:** Tidak Menyiram	**Kelembapan:** 35% **Cuaca:** Terang
29 Mei 2025	**Waktu:** 7:0:09 **Kelembapan**: 68% **Cuaca:** Terang **Pompa:** Tidak Aktif	**Tegangan:** 12.00V **Arus:** 1.15 A	**Pompa:** Aktif **Status:** Menyiram	**Menyiram:** Aktif **Cuaca:** Terang
29 Mei 2025	**Waktu:** 17:0:07 **Kelembapan**: 68% **Cuaca:** Terang **Pompa:** Aktif	**Tegangan:** 11.85V **Arus:** 1.03 A	**Pompa:** Aktif **Status:** Menyiram	**Menyiram:** Aktif **Cuaca:** Terang
30 Mei 2025	**Waktu:** 7:7:05 **Kelembapan**: 51% **Cuaca:** Terang **Pompa:** Aktif	**Tegangan:** 11.76V **Arus:** 1.34 A	**Pompa:** Aktif **Status:** Menyiram	**Menyiram:** Aktif **Cuaca:** Terang
30 Mei 2025	**Waktu:** 17:0:28 **Kelembapan**: 86% **Cuaca:** Terang **Pompa:** Aktif	**Tegangan:** 12.08V **Arus:** 0.92 A	**Pompa:** Aktif **Status:** Menyiram	**Menyiram:** Aktif **Cuaca:** Terang

Berdasarkan data dari Tabel 2, terdapat pola keterikatan antara kelembapan tanah, curah hujan, dan aktivitas penyiraman otomatis oleh sistem. Pengamatan yang dilakukan selama tujuh hari, mulai dari tanggal 20 sampai dengan 27 Mei 2025, menunjukkan bahwa sistem melakukan respons terhadap kelembapan tanah dengan ambang batas 50%. Hal tersebut berarti sistem akan mengaktifkan pompa apabila kelembapan melebihi ambang batas 50% dan sebaliknya, pompa akan dinoaktifkan oleh sistem jika ambang batas di bawah atau sama dengan 50%.

Pada tanggal 20 Mei 2025, kelembapan menyentuh angka 100% pada pagi maupun sore hari. Ini berarti sistem mengaktifkan pompa sesuai dengan logika awal sistem. Kesimpulan yang dapat ditarik pada pengujian tanggal ini yaitu, sistem berjalan dengan baik pada saat kondisi tanah sangat lembab.

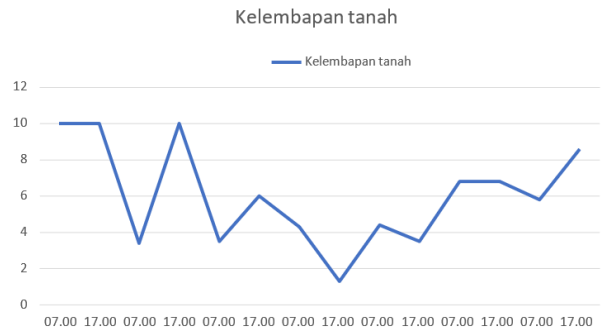
Pada tanggal 21 Mei 2025, pukul 07.00 tingkat kelembapan hanya 34% dan pompa dinonaktifkan. Kemudian pada pukul 17.00, tingkat kelembapan naik menjadi 100% dan sistem mengaktifkan pompa. Hal tersebut mengindikasikan sistem telah merespons dengan tepat terhadap perubahan kondisi di lapangan dalam satu hari.

Pada tanggal 22 Mei 2025 di pagi hari, tingkat kelembapan berada di angka 35% serta pompa dinonaktifkan. Lalu pada sore hari, kelembapan naik menjadi 60% dan sistem menonaktifkan pompa. Pola ini terus berulang dan menunjukkan konsistensi sistem yang mengikuti ambang batas kelembapan 50%.

Pada tanggal 23 dan 24 Mei 2025, seluruh nilai kelembapan berada di bawah 50% yaitu 43%, 13%, 44%, dan 35%. Hal ini mengakibatkan sistem menonaktifkan pompa sepanjang hari. Kondisi di lapangan pada tanggal 23 Mei 2026 bahkan terjadi gerimis pada sore hari. Meskipun demikian, sistem tetap tidak mengaktifkan pompa karena kelembapan tetap berada pada tingkat yang rendah yaitu sebesar 13%. Ini menunjukkan bahwa sistem telah bekerja sesuai dengan logika awal.

Pada tanggal 26 sampai 27 Mei 2025, kelembapan seluruhnya berada pada tingkat di atas 50%, yaitu sebesar 68%, 68%, 58%, dan 86%. Ini mengakibatkan pompa selalu diaktifkan pada pagi hingga sore hari. Adanya data ini menegaskan bahwa sistem bekerja secara konsisten saat kelembapan berada dalam rentang penyiraman.

Gambar 3 menunjukkan grafik perubahan kelembapan tanah pada proses pengamatan dalam rentang pukul 07.00 sampai 17.00. Berdasarkan grafik ini, terjadi fluktuasi pada nilai kelembapan tanah pada setiap waktu pengamatan dengan nilai tertinggi yaitu 10 dan terendah berada sekitar 1,3.



Gambar 3. Grafik Kelembapan Tanah

IV. PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring dan penyiraman otomatis berbasis ESP32 dan protokol komunikasi ESP-NOW mampu bekerja secara stabil dan terintegrasi dalam mengawasi kondisi lingkungan serta mengendalikan pompa air. Sistem ini terbagi menjadi tiga node utama, yaitu node sensor lingkungan (kelembapan tanah dan hujan), node pengukur daya listrik, dan node eksekutor pompa. Komunikasi antar-node berjalan tanpa hambatan dalam jangkauan 50–100 meter di area terbuka, sesuai dengan karakteristik ESP-NOW yang efisien untuk aplikasi sensor nirkabel berdaya rendah dan respons cepat tanpa memerlukan router tambahan [8], [9].

Sistem menerapkan logika conditional decision di mana penyiraman hanya dilakukan ketika kelembapan tanah berada di bawah ambang batas dan tidak sedang hujan [10]. Penambahan RTC DS3231 pada node sensor memastikan validasi waktu pencatatan data yang akurat dengan deviasi rendah [11]. Sementara itu, pemantauan arus dan tegangan menunjukkan bahwa pompa bekerja dalam kondisi normal tanpa lonjakan daya yang membahayakan, sejalan dengan pentingnya efisiensi dan keamanan perangkat pada sistem mikrokontroler [12].

Pengujian selama 7 hari berturut-turut di area pertanian kecil membuktikan bahwa sistem mampu melakukan penyiraman otomatis sebanyak 4 kali secara optimal. Dibandingkan dengan sistem manual atau berbasis timer, pendekatan berbasis sensor lingkungan ini jauh lebih efektif dalam menghemat air dan meningkatkan efisiensi operasional [13]. Meskipun terdapat keterbatasan pada jangkauan sinyal akibat rintangan fisik, kendala tersebut dapat diatasi melalui pengaturan ulang posisi node atau penggunaan antena eksternal [14].

Secara keseluruhan, sistem ini mengimplementasikan prinsip dasar Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) skala kecil—meliputi akuisisi data, transmisi, hingga pengendalian aktuator. Dengan potensi besar untuk skala pertanian kecil hingga menengah, pengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada integrasi penyimpanan data berbasis cloud maupun pemanfaatan energi terbarukan seperti panel surya [15].

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis berbasis ESP32 dan ESP-NOW yang terdiri dari satu node master dan beberapa node slave. Sistem mampu bekerja otomatis dan adaptif terhadap kondisi lingkungan, dengan penyiraman hanya dilakukan saat tanah kering dan tidak hujan.

Pengujian menunjukkan komunikasi antar perangkat stabil, latensi rendah, dan konsumsi daya minim, sehingga layak diterapkan di lahan pertanian berskala kecil hingga menengah. Sistem terbukti meningkatkan efisiensi penyiraman dan penggunaan air.

Keterbatasan sistem adalah belum terhubung dengan layanan cloud, masih bergantung pada listrik konvensional, serta jangkauan ESP-NOW terbatas. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan akses internet, sumber daya mandiri seperti panel surya, serta penyimpanan data historis untuk analisis lebih lanjut.

VI. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pengembangan sistem selanjutnya disarankan untuk menambahkan koneksi internet dan layanan *cloud* agar proses pemantauan dan pengendalian sistem dapat dilakukan secara jarak jauh. Sistem juga dapat dikembangkan menggunakan sumber energi mandiri, seperti panel surya, untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber listrik konvensional. Selain itu, penyimpanan data historis terkait kelembapan tanah, kondisi hujan, status penyiraman, dan penggunaan pompa dapat ditambahkan sebagai bahan analisis kinerja sistem. Pengembangan metode komunikasi juga diperlukan untuk meningkatkan jangkauan sistem agar dapat diterapkan pada area pertanian yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian dan penulisan artikel ini bersumber dari tugas akhir/skripsi yang disusun oleh M. Hasyim Rahman. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Winnie R. Pramudita, Prof. Dr. Hj. Sriwati, S.T., M.T., Muhammad Khaidir, S.T., M.T., Faridah, S.T., M.T., Saktiani Kariem, S.T., M.T., serta seluruh dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Makassar, atas bimbingan, dukungan, dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian ini berlangsung.

DAFTAR ACUAN

[1] E. Handayani, K. Saleh, and E. Panggabean, “Identifikasi potensi komoditas unggulan sektor peranian tanaman pangan. Jurnal Ilmiah Pertanian,” Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA), vol. 1, no. 2, pp. 163–174, Apr. 2019, doi: 10.31289/jiperta.v1i2.65.

[2] E. I. R. Rhofita, “Optimalisasi Sumber Daya Pertanian Indonesia untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan dan Energi Nasional,” Jurnal Ketahanan Nasional, vol. 28, no. 1, p. 82, May 2022, doi: 10.22146/jkn.71642.

[3] N. Yuvita, L. Marliani, and W. Risnawan, "Produktivitas Kerja Kelompok Tani Dalam Memanfaatkan Lahan Pertanian di Desa Cikupa Kecamatan Banjaranyar Kabupaten Ciamis," Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROINFO GALUH, vol. 10, no. 1, pp. 200–210, Jan. 2023.

[4] Kemenkeu, “Jaga Ketahanan Pangan, Sektor Pertanian Menjadi Perhatian Utama Pemerintah,” Kementerian Keuangan, 05-Feb-2024. [Online]. Available: https://www.kemenkeu.go.id/informasi publik/publikasi/berita-utama/Sektor-Pertanian-Fokus-Utama-Pemerintah. [Accessed: 14-Sep-2026].

[5] Badan Pusat Statistik, “Jumlah Petani Pengguna Lahan Pertanian dan Petani Gurem Menurut Wilayah, INDONESIA, 2023,” Sensus Pertanian 2023, 2023. [Online]. Available: https://sensus.bps.go.id/topik/tabular/st2023/215. [Accessed: 14-Sep-2026].

[6] M. A. Wicaksono, F. D. Ekawati, and S. Supratno, “Sistem Penyiraman Otomatis Untuk Pertanian Perkarangan Pangan Lestari di Desa Ridomanah,” An-Nizam, vol. 3, no. 1, pp. 53–58, 2024.

[7] R. Sigalingging, I. K. Ismail, L. A. Harahap, and C. Sigalingging, “Potato cultivation energy ratio in food Estate, Hutajulu, North Sumatra, Indonesia,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1302, no. 1, p. 012108, 2024.

[8] Espressif Systems, ESP-NOW: A Wi-Fi Communication Protocol, Documentation, 2022.

[9] Espressif Systems, ESP-NOW Introduction, Technical Documentation, 2021.

[10] A. Bahga and V. Madisetti, Internet of Things: Architecture and Applications, VPT, 2015.

[11] A. Wahid et al., "Analisis Kinerja Modul RTC DS3231 untuk Sistem Monitoring Jangka Panjang," Jurnal Teknik Elektro, vol. 12, no. 2, pp. 45–50, 2021.

[12] Supriyadi, "Pentingnya Pemantauan Daya pada Sistem Berbasis Mikrokontroler untuk Efisiensi Perangkat," Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam, vol. 3, no. 1, pp. 12–18, 2020.

[13] N. Aini et al., "Efisiensi Penggunaan Air Menggunakan Sistem Berbasis Sensor Lingkungan pada Pertanian Modern," Jurnal Irigasi dan Pertanian, vol. 7, no. 2, pp. 88–95, 2019.

[14] Siregar and Muhammad Harahap, "Analisis Keandalan Komunikasi Nirkabel pada Lingkungan Pertanian," Jurnal Telekomunikasi dan Komputer, vol. 5, no. 3, pp. 110–115, 2020.

[15] Rahmat, "Implementasi Pertanian Pintar Berbasis IoT dan Energi Terbarukan," Jurnal Energi dan Rekayasa, vol. 8, no. 1, pp. 30–38, 2022.