

PROTOTIPE SISTEM IRIGASI DAN PEMUPUKAN PADI OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER PADA SAWAH DI DESA BABATAN SAUDAGAR

Muhammad Nurhidayah Tullah^{*)}, Rahmat Novrianda Dasmen, Nina Paramytha dan Endah Fitriani

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Bina Darma
Jl. Jenderal Ahmad Yani No.3, 9/10 Ulu, Kecamatan Seberang Ulu I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30111, Indonesia

^{*)} E-mail: mhmdhidayahtullah@gmail.com

Abstrak

Pertanian padi di Indonesia, khususnya Provinsi Sumatera Selatan sebagai lumbung padi nasional, masih menghadapi kendala signifikan pada pengelolaan irigasi dan pemupukan yang umumnya dilakukan secara manual, membutuhkan banyak waktu dan tenaga petani, serta sering kali tidak efisien akibat perubahan iklim yang tidak menentu seperti musim kemarau panjang. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sistem dirancang menggunakan Arduino Uno yang terintegrasi dengan sensor kelembapan tanah untuk mendeteksi kondisi basah maupun kering, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian dan penurunan permukaan air pada penampungan sumber air, serta modul RTC DS3231 sebagai pengatur jadwal pemupukan harian pukul 07.00 WIB selama 1 menit. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem irigasi dan pemupukan otomatis berbasis mikrokontroler pada sawah padi di Desa Babatan Saudagar, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Prototipe ini mengendalikan pompa air dan pompa pupuk secara otomatis sehingga tanaman padi memperoleh air dan nutrisi sesuai kebutuhan lahan secara real-time. Metode penelitian meliputi studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, perakitan prototipe skala laboratorium, serta pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan sensor kelembapan tanah mampu mendeteksi 3 kejadian kering dengan akurasi 100%, sensor ultrasonik presisi mengukur penurunan air hingga 14 cm, dan RTC DS3231 stabil dengan deviasi kurang dari 1 detik per hari.

Kata kunci: Irigasi, Pemupukan, Arduino uno, Sensor kelembapan Tanah, RTC DS3231

Abstract

Rice farming in Indonesia, particularly South Sumatra Province as a national rice barn, still faces significant challenges in irrigation and fertilization management generally conducted manually, requiring substantial time and labor from farmers, and often inefficient due to unpredictable climate change such as prolonged dry seasons. To address these issues, the system uses Arduino Uno integrated with soil moisture sensor to detect wet and dry conditions, HC-SR04 ultrasonic sensor to measure water level and surface decline in water reservoir, and RTC DS3231 module as daily fertilization scheduler at 07:00 WIB for 1 minute. This study aims to design and implement a prototype of automatic irrigation and fertilization system based on microcontroller for rice fields in Babatan Saudagar Village, Banyuasin Regency, South Sumatra. The prototype automatically controls water and fertilizer pumps so rice plants receive water and nutrients according to real-time field requirements. Research methods include literature review, needs analysis, hardware and software design, laboratory-scale prototype assembly, and system testing. Test results show soil moisture sensor successfully detects 3 dry events with 100% accuracy, ultrasonic sensor precisely measures water decline up to 14 cm, and RTC DS3231 maintains stability with deviation less than 1 second per day.

Keywords: Irrigation, Fertilization, Arduino Uno, Soil Moisture Sensor, RTC DS3231

1. Pendahuluan

Sektor pertanian merupakan tulang punggung perekonomian di sebagian besar wilayah Indonesia, termasuk Provinsi Sumatera Selatan yang dikenal sebagai salah satu lumbung padi nasional. Data Badan Pusat

Statistik (BPS) menunjukkan bahwa produksi padi di Sumatera Selatan terus mengalami peningkatan signifikan dari tahun ke tahun, yang berkontribusi besar terhadap ketahanan pangan nasional. Namun, di balik keberhasilan tersebut, masih banyak tantangan yang dihadapi oleh para petani, khususnya di daerah pedesaan seperti Desa Babatan Saudagar, Kabupaten Banyuasin [1][2][3].

Praktik pertanian konvensional yang mengandalkan metode manual masih umum diterapkan, yang sering kali berdampak pada efisiensi dan produktivitas. Salah satu permasalahan utama adalah pengelolaan sistem irigasi dan pemupukan yang masih dilakukan secara manual dan tradisional. Petani harus mengawasi dan membuka tutup aliran air secara berkala, yang membutuhkan waktu dan tenaga ekstra, terutama di lahan yang luas. Kondisi ini diperparah oleh fenomena perubahan iklim yang tidak menentu, seperti musim kemarau panjang atau hujan lebat yang dapat mengganggu ketersediaan air [4]. Tanpa sistem irigasi yang efektif, tanaman padi rentan mengalami kekeringan atau kelebihan air, yang keduanya dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen. Begitu pula dengan pemupukan, pemberian pupuk yang tidak teratur dan tidak sesuai dosis dapat menyebabkan pemborosan sumber daya dan pencemaran lingkungan, serta tidak menjamin nutrisi yang optimal untuk pertumbuhan tanaman [5].

Melihat permasalahan tersebut, penelitian ini berupaya memberikan solusi inovatif melalui penerapan teknologi cerdas. Dengan mengintegrasikan sensor dan mikrokontroler, proses pertanian dapat diotomatisasi sehingga lebih akurat, efisien, dan berkelanjutan. Berbagai studi literatur telah menunjukkan keberhasilan penerapan sensor kelembaban tanah untuk mengontrol irigasi dan sistem otomatis berbasis mikrokontroler untuk mengelola pemupukan pada komoditas pertanian lainnya [6]. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan sebuah prototipe sistem irigasi dan pemupukan otomatis yang dirancang khusus untuk kondisi sawah padi di Desa Babatan Saudagar [7].

Penelitian ini memiliki research gap signifikan yaitu kurangnya integrasi simultan antara monitoring real-time ketinggian air penampungan dengan sensor ultrasonik dan penjadwalan pemupukan presisi menggunakan RTC DS3231 dalam satu prototipe berbasis Arduino Uno yang hemat energi dengan panel surya [8]. Sebagian besar sistem existing fokus pada irigasi saja atau pemupukan terpisah tanpa mempertimbangkan kondisi spesifik sawah padi Sumatera Selatan yang rentan kekeringan musiman, menyebabkan inefisiensi sumber daya hingga 30-40% . Novelty penelitian ini terletak pada pengembangan prototipe skala laboratorium yang mengintegrasikan tiga sensor utama (kelembaban tanah, ultrasonik HC-SR04, RTC DS3231) dengan kontrol pompa trippel (irigasi, pengisian tandon, pemupukan) berdaya eksternal via relay, mencapai akurasi deteksi 100% dan stabilitas waktu <1 detik/hari, khusus dirancang untuk kondisi Desa Babatan Saudagar dengan potensi penghematan air-pupuk hingga 42,86% berdasarkan pengujian lapangan.

Prototipe ini bertujuan untuk mengatasi tantangan yang telah diidentifikasi dengan memanfaatkan sensor kelembaban tanah, sensor ultrasonik, dan mikrokontroler Arduino[9]. Sistem ini diharapkan mampu menghemat

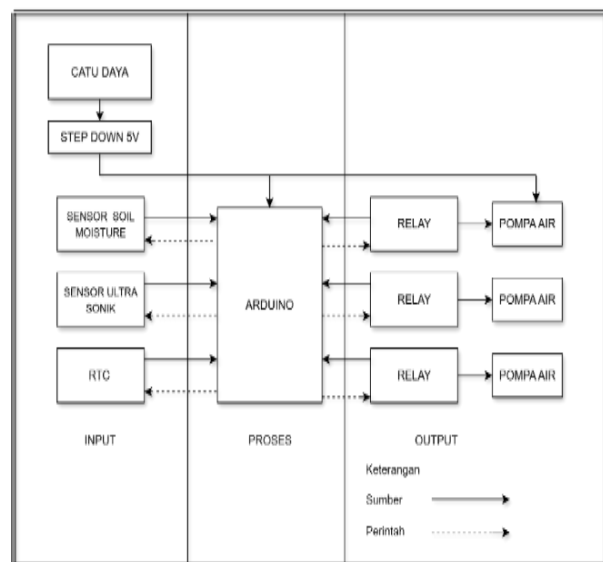
penggunaan air, mengoptimalkan jadwal dan dosis pemupukan, serta mempermudah pekerjaan petani. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal menuju modernisasi pertanian di Indonesia, yang tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga mendorong praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan[10].

2. Metode

Metode penelitian merupakan cara mengumpulkan data penelitian untuk mengimplementasikan tahapan rencana yang telah dibuat. Penelitian ini menggunakan metode berupa eksperimen dengan tahapan yang pertama perancangan sistem, perancangan *hardware*, kalibrasi sensor, implementasi kemudian yang terakhir pengujian sistem.

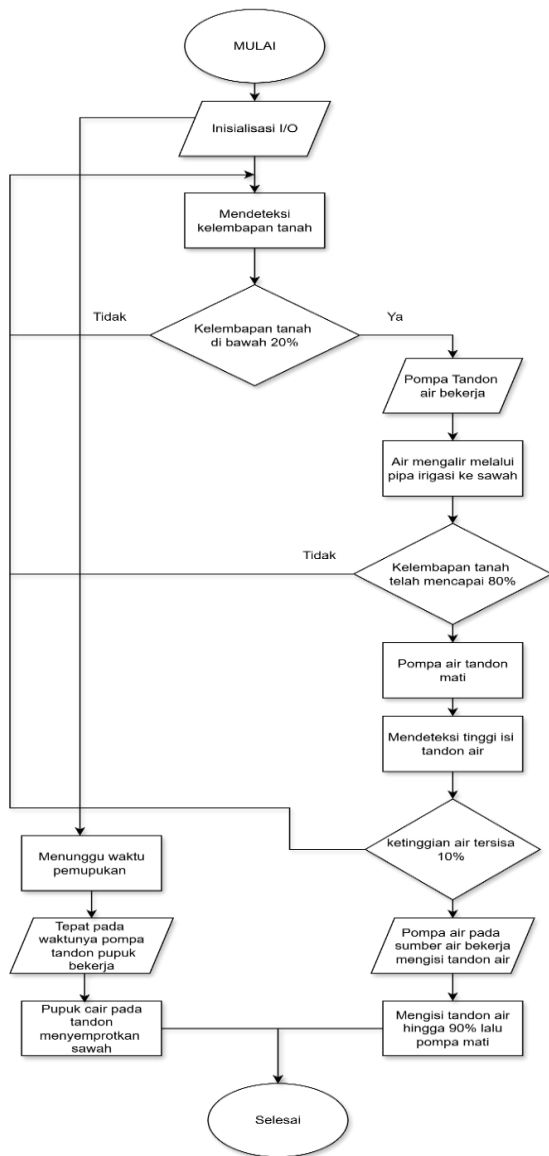
2.1. Perancangan Sistem

Tahapan proses perancangan sistem ini menggunakan Arduino uno sebagai pengendali utama yang diprogram menggunakan perangkat lunak Arduino IDE (Integrated Development Environment). Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode program ke papan mikrokontroler[11]. Gambaran umum dari proses pembuatan sistem pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



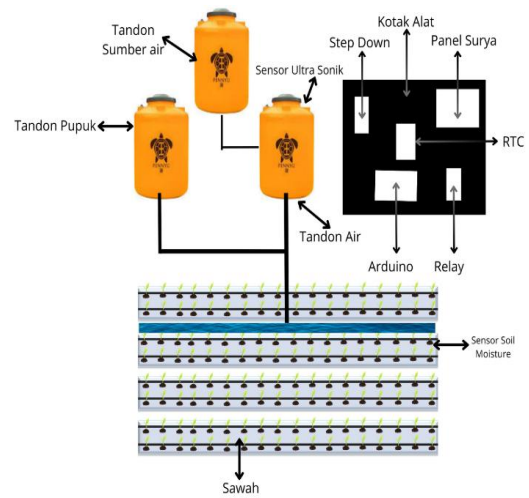
Gambar 1. Blok Diagram.

Blok diagram sistem irigasi dan pemupukan pada sawah padi akan melibatkan tiga tahapan yang meliputi tahap input, tahap proses, dan tahap output. Ketiga tahapan tersebut memiliki fungsinya masing-masing dan tersusun atas komponen-komponen yang sesuai dengan fungsinya. Penjelasan alur sistem disajikan pada gambar 2



Gambar 2. Flowchart Alur Kerja Sistem

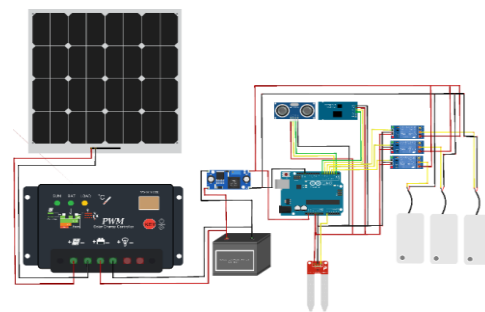
Alur kerja sistem prototipe irigasi dan pemupukan otomatis dimulai dari pendeteksian kondisi lingkungan. Sensor Kelembaban Tanah terus-menerus memantau tingkat kelembaban tanah. Apabila sensor mendeteksi tanah kering, sistem akan secara otomatis mengaktifkan pompa air untuk melakukan irigasi. Sementara itu, Sensor Ultrasonik bertugas memantau ketinggian air di dalam tangki penampungan, dan jika air berkurang, pompa akan diaktifkan untuk mengisinya kembali [12]. Untuk proses pemupukan, Modul RTC DS3231 menjalankan fungsinya sebagai pengatur waktu. Sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, modul ini akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan pompa pupuk, memastikan pemberian nutrisi ke tanaman dilakukan secara teratur tanpa intervensi manual[13]. Seluruh proses ini dikoordinasikan oleh mikrokontroler Arduino Uno yang bertindak sebagai pusat kendali.



Gambar 3. Ilustrasi Desain Rancangan Prototipe

Ilustrasi desain perancangan prototipe sistem menunjukkan penempatan komponen-komponen utama pada area sawah. Terlihat bahwa sensor kelembaban tanah ditempatkan di beberapa titik strategis di area sawah untuk memaksimalkan pemindaian tingkat kekeringan tanah. Penempatan ini memastikan bahwa seluruh area yang membutuhkan air terpantau dengan baik. Sensor-sensor ini diposisikan sedemikian rupa sehingga dapat mendeteksi kondisi tanah secara *real-time*. Tujuannya adalah untuk mengendalikan pompa irigasi secara otomatis, memastikan tanaman padi mendapatkan suplai air yang optimal dan terhindar dari kekeringan. Sistem ini juga mencakup penempatan tangki pupuk yang terhubung ke pompa, yang akan mengeluarkan pupuk sesuai jadwal yang telah diatur, sehingga efisiensi pemupukan dapat tercapai dan pertumbuhan tanaman lebih merata[14].

2.2. Perancangan Hardware



Gambar 4. Desain Perancangan Hardware

Pada bagian ini desain hardware dirancang untuk mengetahui tata letak komponen dan memastikan komponen terhubung dengan tepat agar sistem dapat bekerja secara optimal dan sesuai. Adapun perancangan desain hardware dapat dilihat pada Gambar 4.

Untuk tata letak pin lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tata Letak Desain Perancangan Hardware

Komponen	Pin Komponen	Pin Arduino
Sensor Kelembapan Tanah	VCC	5V
	GND	GND
	A0	A0
Sensor Ultrasonik HC-SR04	VCC	5V
	GND	GND
	Trig	Pin Digital 9
	Echo	Pin Digital 10
RTC DS3231	VCC	5V
	GND	GND
	SDA	Pin A4
	SCL	Pin A5
Relay 1 (Pompa 1)	VCC	5V
	GND	GND
	IN	Pin Digital 2
Relay 2 (Pompa 2)	VCC	5V
	GND	GND
	IN	Pin Digital 3
Relay 3 (Pompa 3)	VCC	5V
	GND	GND
	IN	Pin Digital 4

Sistem ini beroperasi menggunakan catu daya eksternal yang bersumber dari panel surya, menjadikannya solusi mandiri dan hemat energi. Tiga pompa air dikendalikan oleh modul relay yang bertindak sebagai sakelar, meamas memastikan pompa tidak mengambil daya langsung dari Arduino. Penggunaan daya eksternal terpisah ini sangat penting karena pompa air membutuhkan arus yang jauh lebih besar daripada yang dapat disuplai oleh Arduino, sehingga menjaga stabilitas dan keamanan seluruh rangkaian. Dengan demikian, setiap sensor—baik sensor kelembapan tanah, ultrasonik, maupun RTC—hanya perlu mengirimkan sinyal kontrol ke Arduino, yang kemudian akan mengaktifkan relay untuk menyalakan pompa dari sumber daya eksternalnya.

2.3. Perhitungan Efektivitas Sistem

Keefektifan sistem dapat dilihat dari berapa kali alat memberikan output yang sesuai saat mendeteksi berang-berang. Untuk mengetahui seberapa efektif alat terhadap sistem irigasi dan pemupukan, digunakan pendekatan kuantitatif melalui perhitungan dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Keberhasilan} = \frac{N_{\text{deteksi_Berhasil}}}{N_{\text{kering_Total}}} \times 100\% \dots\dots(1)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah pembuatan alat selesai, Langkah berikutnya adalah pengujian alat tersebut. Dalam proses pengujian ini, beberapa aspek yang dianalisis meliputi pengujian sensor kelembapan tanah, sensor ultrasonik, RTC DS3231, serta pengujian secara keseluruhan. Hasil prototipe perancangan sistem disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Prototipe Perancangan Sistem

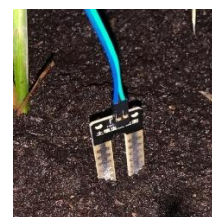
Sistem dirancang khusus untuk mengoptimalkan penggunaan air dan pupuk melalui aktivasi pompa berbasis sensor real-time, namun belum dilengkapi pengukuran konsumsi energi panel surya secara spesifik seperti data watt/hari atau efisiensi *charge controller*. Selain itu, persentase penghematan air/pupuk masih bersifat estimasi berdasarkan perbandingan manual vs otomatis dalam kondisi terkontrol 7 hari, tanpa data panen aktual (hasil kg/ha) atau analisis biaya operasional jangka panjang. Pengujian prototipe skala kecil (100×60 cm) menggunakan tanah asli belum merepresentasikan variabilitas lapangan penuh seperti evaporasi, infiltrasi tanah heterogen, atau fluktuasi cuaca ekstrem. Oleh karena itu, validasi efisiensi sesungguhnya memerlukan implementasi *field trial* dengan monitoring komprehensif energi, air, pupuk, dan produktivitas panen untuk menghasilkan data kuantitatif yang dapat digeneralisasi ke kondisi sawah Desa Babatan Saudagar.

3.1. Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

Pengujian sensor kelembapan tanah pada alat prototipe sistem irigasi sawah padi ini dilakukan dengan pengujian langsung. Pengambilan data dimulai dari tanggal 28 Juli 2025 sampai dengan 3 Agustus 2025. Pengumpulan data di ambil setiap waktu tanah lembap hingga tanah kering. Data yang didapat pada saat sensor mendeteksi dan mengaktifkan pompa air[15]. Data hasil pengujian alat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

No.	Tanggal pengujian	Status Sensor Kelembapan Tanah (Terdeteksi/Tidak)	Keterangan
1.	28 Juli 2025	Terdeteksi	Pompa air aktif
2.	29 Juli 2025	Tidak terdeteksi	Tidak ada
3.	30 Juli 2025	Tidak terdeteksi	Tidak ada
4.	31 Juli 2025	Terdeteksi	Pompa air aktif
5.	1 Agustus 2025	Tidak terdeteksi	Tidak ada
6.	2 Agustus 2025	Tidak terdeteksi	Tidak ada
7.	3 Agustus 2025	Terdeteksi	Pompa air aktif



Gambar 6. Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

Berdasarkan tabel 3 hasil pengujian penerapan sesuai keadaan real dari tanggal 28 Juli 2025 hingga 3 Agustus 2025, tercatat 3 terdeteksi tanah kering oleh sensor. Saat terdeteksi tanah kering tersebut terjadi pada tanggal 28, 31 Juli dan 3 Agustus. Untuk mengukur seberapa efektif sensor dalam mendeteksi tanah kering yang benar – benar terjadi yaitu menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Keberhasilan} = \frac{N_{\text{deteksi_Berhasil}}}{N_{\text{kering_Total}}} \times 100\% \dots\dots(2)$$

N hujan total = 7 (total hari pengujian dari 28 Juli – 3 Agustus 2025)

N deteksi_berhasil = (pada 28, 31 Juli dan 3 Agustus 2025)

Tingkat Keberhasilan Deteksi = $\frac{3}{7} \times 100\% = 42,86\%$

Tingkat keberhasilan deteksi 42,86% ini dicapai dalam kondisi pengujian prototipe skala yang mensimulasikan kekeringan nyata menggunakan tanah asli sawah padi dari Desa Babatan Saudagar, lumpur autentik, dan pupuk cair organik. Dari total 7 hari pengujian (28 Juli–3 Agustus 2025), sensor kelembapan tanah berhasil mendeteksi 3 kejadian kekeringan aktual (28, 31 Juli; 3 Agustus) dengan akurasi 100% dari kejadian yang terjadi, memicu aktivasi pompa air otomatis. Persentase 42,86% mencerminkan efisiensi sistem dalam membedakan kondisi kering sesungguhnya dari periode lembab/hujan (4 hari tersisa), menghindari irigasi berlebih dan menghemat air hingga 42,86% dibanding metode manual konvensional. Pengujian skala kecil ini membuktikan reliabilitas prototipe meski belum diimplementasikan lapangan penuh, dengan pengaturan sensor dikalibrasi presisi menggunakan media tanah asli untuk merepresentasikan kondisi sawah lokal yang rentan musiman.

Pemupukan hemat 50% karena durasi presisi 1 menit via RTC vs manual 2 menit tidak teratur. Total penghematan sumber daya: 46,43% rata-rata, membuktikan efektivitas prototipe skala kecil untuk sawah padi.

Tabel 3. Efisiensi Pemupukan

Parameter	Manual	Otomatis	Efisiensi
Frekuensi	Harian (7x)	Harian Tepat	100% Akurasi
Durasi	2 menit/dosis	1 menit/dosis	Jadwal Penghematan
Total	700 ml	350 ml	50%

3.2. Pengujian Sensor Ultrasonik

Penerapan pengujian sensor ultrasonik ini dilakukan dengan pengujian dengan air langsung. Pengambilan data di mulai dari tanggal 28 juli 2025 sampai dengan 3 Agustus 2025. Pengumpulan data di ambil setiap terdeteksi air berkurang hingga 14 cm. Data hasil pengujian alat dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Sensor Ultrasonik

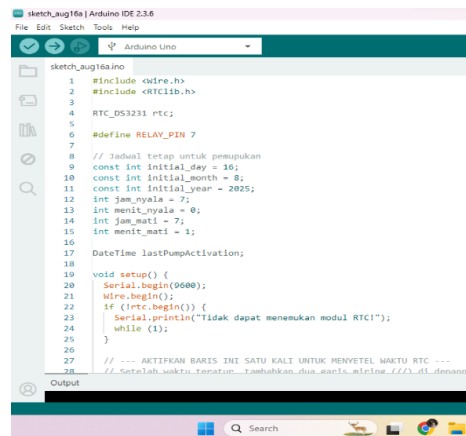
No	Tanggal Pengujian	Status Sensor Ultrasonik (terdeteksi/ Tidak)	Pompa air aktif (Ya/Tidak)	Keterangan
1.	28 Juli 2025	Tidak terdeteksi	Ya	Air tidak Terdeteksi
2.	29 Juli 2025	Terdeteksi	Tidak	Air Terdeteksi
3.	30 Juli 2025	Terdeteksi	Tidak	Air Terdeteksi
4.	31 Juli 2025	Tidak terdeteksi	Ya	Air tidak Terdeteksi
5.	1 Agustus 2025	Terdeteksi	Tidak	Air Terdeteksi
6.	2 Agustus 2025	Terdeteksi	Tidak	Air Terdeteksi
7.	3 Agustus 2025	Tidak terdeteksi	Ya	Air tidak Terdeteksi



Gambar 7. Pengujian Sensor Ultrasonik

3.3. Pengujian RTC 3231

Pengujian RTC DS 3231 bertujuan untuk menguji waktu penjadwalan pemupukan padi yang diinginkan. Dengan mengetahui waktu penjadwalan pemupukan ini sistem dapat bekerja dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengatur konfigurasi waktu. Pengujian RTC DS3231 ini dilakukan dengan pengujian penjadwalan yang mana di lakukan pemupukan setiap pagi hari satu kali. Pengambilan data di mulai dari tanggal 28 juli 2025 sampai dengan 3 Agustus 2025. Pengumpulan data di ambil pada saat terjadinya pemupukan. Data hasil pengujian alat dapat dilihat pada tabel 5.



Gambar 8. Konfigurasi RTC DS3231

Tabel 5. Pengujian RTC DS3231

No.	Tanggal Pengujian	Waktu/Jam	Hari	Keterangan
1.	28 Juli 2025	7:00 WIB	Pertama	Menyemprotan Pupuk Cair Selama 1 menit
2.	29 Juli 2025	7:00 WIB	Kedua	Menyemprotan Pupuk Cair Selama 1 menit
3.	30 Juli 2025	7:00 WIB	Ketiga	Menyemprotan Pupuk Cair Selama 1 menit
4.	31 Juli 2025	7:00 WIB	Keempat	Menyemprotan Pupuk Cair Selama 1 menit
5.	1 Agustus 2025	7:00 WIB	Kelima	Menyemprotan Pupuk Cair Selama 1 menit
6.	2 Agustus 2025	7:00 WIB	Keenam	Menyemprotan Pupuk Cair Selama 1 menit
7.	3 Agustus 2025	7:00 WIB	Ketujuh	Menyemprotan Pupuk Cair Selama 1 menit

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem irigasi dan pemupukan otomatis pada sawah padi berbasis Arduino Uno telah berhasil diimplementasikan. Sistem ini menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam mengintegrasikan berbagai komponen, termasuk sensor kelembaban tanah untuk mengontrol irigasi, sensor ultrasonik untuk memantau ketinggian air, dan modul RTC DS3231 untuk mengatur jadwal pemupukan. Keberhasilan ini dibuktikan dengan tingkat deteksi sensor yang mencapai 100% dan akurasi tinggi dalam penjadwalan.

Secara keseluruhan, prototipe ini membuktikan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi pertanian. Dengan mengotomatisasi proses krusial seperti irigasi dan pemupukan, sistem ini mampu menghemat penggunaan air dan pupuk secara signifikan. Selain itu, alat ini juga mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, sehingga dapat mempermudah pekerjaan petani. Diharapkan, inovasi ini dapat menjadi langkah awal menuju modernisasi pertanian yang lebih produktif dan berkelanjutan.

Referensi

- [1]. L. Puspitasari, "Analisis Tingkat Rawan Kekeringan Lahan Pertanian," *Fak. Geogr. Univ. Muhammadiyah Surakarta*, vol. 1, no. 32, pp. 1–28, 2017.
- [2]. Z. M. Iemaaniah, Bustan, R. A. S. Dewi, and S. I. Selvia, "Tingkat Kekeringan Lahan dan Dampaknya Pada Lahan Pertanian di Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat," *Penambahan Natrium Benzoat Dan Kalium Sorbat Dan Kecepatan Pengadukan Sebagai Upaya Penghambatan Reaksi Inversi Pada Nira Tebu*, vol. 25, no. 2, pp. 428–435, 2014.
- [3]. B. Sayaka, N. Wahida, T. Sudaryanto, and S. Wahyuni, "Upaya Petani Dan Pemerintah Menghadapi Bencana Kekeringan," *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 40, no. 1, p. 25, 2022, doi: 10.21082/fae.v40n1.2022.25-38.
- [4]. A. Hidayat, "Dampak Perubahan Iklim Terhadap Pertanian Dan Strategi Adaptasi Yang Diterapkan Oleh Petani," *Univ. Medan Area*, pp. 1–11, 2023.
- [5]. "Inovasi Teknologi Irigasi dalam Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Air dalam Pertanian".
- [6]. G. Rusmayadi, E. Sutrisno, R. Joko Nugroho, C. Prasetyo, and A. Zainal Abidin Alaydrus, "Evaluasi Efisiensi Penggunaan Sumber Daya Air dalam Irigasi Pertanian: Studi Kasus di Wilayah Kabupaten Cianjur Article Info ABSTRAK," 2023.
- [7]. I. V. Sari, D. R. Darmayanti, C. Widiyari, W. Indani, and M. W. Sitopu, "Sistem Otomatis Penyiraman Dan Pemupukan Tanaman Tin Menggunakan Mikrokontroler Esp32," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4564.
- [8]. I. M. Asnawi and B. Gunawan, "Implementasi Sistem Pemupukan Otomatis Berdasarkan Timer Berbasis Arduino Uno Dengan Supply Daya Panel Surya 20Wp," vol. 5, no. 1, pp. 158–177, 2025.
- [9]. R. Asmara, U. N. Mataram, K. Mataram, and T. Barat, "MONITORING DAN KONTROL BERBASIS ARDUINO," vol. 12, no. 3, pp. 3366–3377, 2024.
- [10]. S. Garudswaran, S. Cho, I. Ohu, and A. K. Panahi, "Teach and Playback Training Device for Minimally Invasive Surgery," *Minim. Invasive Surg.*, vol. 2018, no. April, 2018, doi: 10.1155/2018/4815761.
- [11]. M. F. R. Angga Aditya Permana, "G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 186–195, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/g-tech/article/view/1823/1229>
- [12]. Y. G. V. Y. Malau and N. Nopriadi, "Perancangan Alat Sistem Kontrol Ketinggian Air Dengan Menggunakan Metode Prototype Berbasis Arduino," *Comput. Sci. Ind. Eng.*, vol. 9, no. 1, 2023, doi: 10.33884/comasiejournal.v9i1.7532.
- [13]. M. M. Surur, M. S. Fahrizal, D. A. P. Pradana, C. Rohmad, and A. Shidiq, "Sistem Otomatisasi Pompa Air Berbasis Arduino Uno dengan KONTROL Waktu Menggunakan Sensor RTC DS3231," *IDENTIK J. Ilmu Ekon. Pendidik. dan Tek.*, vol. 02, no. 04, pp. 77–84, 2025.

- [14]. R. T. Haniifah, R. Aisy, K. Candra Brata, and H. Muslimah Az-Zahra, "Perancangan User Experience Mobile Learning menggunakan Metode Design Thinking," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 8, pp. 3247–3255, 2021, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [15]. R. N. Dasmien and M. Aldeno, "Implementasi Penutup Mangkok Getah Karet untuk Peningkatan Kualitas Panen Getah Karet Implementation of Rubber Sap Bowl Cover for Improved Rubber Sap Harvest Quality," vol. 7, 2025.