



ALAT PENYIRAMAN DAN PEMUPUKAN OTOMATIS PADA LAHAN REKLAMASI BEKAS TAMBANG BATUBARA

Muhammad Erick Firmansyah¹, Wahyuni Eka Sari², Ahmad Rofiq Hakim³

^{1, 2, 3} Teknologi Informasi, Teknologi Rekayasa Komputer, Politeknik Negeri Samarinda

Jl Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Lipan, Kec. Samarinda Seberang, Kota Samarinda

Email : firmansyaherick41@gmail.com, wahyunisari52@gmail.com, rofiq93@polnes.ac.id

Abstract

The development of the Internet of Things in the environmental field can provide convenience for parties who will carry out environmental conservation activities. In mining activities, PT Insani Bara Perkasa also reclaims land that has been completed by mining activities so that it can still be overgrown with trees. The company experienced several obstacles in the process of preserving ex-mining land. First, the condition of the ex-mining location is far from electricity and water. Second, the ex-mining location does not have large trees and the soil conditions are very dry, making it difficult for grass and pioneer plants to survive. In this research, an automatic watering and fertilization system is designed with the aim of facilitating the reclamation process of ex-coal mine land. This tool uses soil sensors and waterflow sensors to determine soil conditions and plant needs in real-time, as well as an automatic control system that regulates the distribution of water and fertilizer according to data sent via the website. All data is stored in an online database. This research involves testing the tool on reclaimed former coal mine land with soil and plant conditions. Based on the test, it was found that the device can measure 8 soil parameters, namely temperature, humidity, pH, conductivity, salinity, nitrogen, phosphorus and potassium stably, and achieved 100% success in watering and fertilizing experiments according to the specified schedule.

Keywords: Reclamation, Coal Mining, Sensors, Solenoid Valves, IoT.

Abstrak

Pengembangan Internet of Things pada bidang lingkungan dapat memberikan kemudahan untuk pihak yang akan melakukan aktivitas pelestarian lingkungan. Dalam aktivitas pertambangan PT. Insani Bara Perkasa turut melakukan reklamasi pada lahan yang telah selesai dilakukan aktivitas pertambangan agar tetap dapat ditumbuhi pohon kembali. Perusahaan mengalami beberapa kendala dalam proses pelestarian lahan bekas tambang. Pertama, kondisi lokasi bekas tambang yang jauh dari listrik dan air. Kedua lokasi bekas tambang tidak terdapat pohon besar dan kondisi tanah sangat kering sehingga sulit bagi rumput dan tumbuhan pionir untuk bertahan. Pada penelitian ini dirancang sistem penyiraman dan pemupukan otomatis dengan tujuan memudahkan proses reklamasi lahan bekas tambang batubara. Alat ini menggunakan

Article History

Received: Juli 2025

Reviewed: Juli 2025

Published: Juli 2025

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



sensor tanah dan sensor waterflow untuk mengetahui kondisi tanah dan kebutuhan tanaman secara real-time, serta sistem kontrol otomatis yang mengatur distribusi air dan pupuk sesuai data yang dikirimkan melalui website. Keseluruhan data tersimpan di basis data online. Penelitian ini melibatkan pengujian alat pada reklamasi lahan bekas tambang batubara dengan kondisi tanah dan tanaman. Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa alat sudah dapat mengukur 8 parameter tanah yaitu suhu, kelembaban, pH, konduktivitas, salinitas, nitrogen, fosfor dan kalium dengan stabil, serta mencapai 100% keberhasilan pada percobaan penyiraman dan pemupukan sesuai jadwal yang ditentukan.

Kata Kunci : *Reklamasi, Tambang Batubara, Sensor, Katup Solenoid, IoT.*

PENDAHULUAN



Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) terus menunjukkan kemajuan pesat, termasuk dalam bidang pelestarian lingkungan. Salah satu penerapannya adalah sistem otomatisasi penyiraman dan pemupukan serta pemantauan kondisi tanah pada lahan reklamasi pasca tambang. PT. Insani Bara Perkasa, sebagai perusahaan pertambangan, memiliki kewajiban untuk mereklamasi lahan bekas tambang agar kembali produktif dan berkelanjutan.

Proses reklamasi memerlukan kegiatan penyiraman dua kali sehari dan pemupukan setiap bulan. Namun, metode manual membutuhkan sumber daya manusia dalam jumlah besar dan biaya operasional yang tinggi. Hal ini dapat menurunkan efisiensi dan konsistensi kegiatan reklamasi [1]

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan sistem otomatisasi yang mampu memantau kondisi tanah secara real-time dan mengatur penggunaan air serta pupuk sesuai kebutuhan. Penggunaan sensor tanah dan sistem kontrol otomatis diharapkan mampu meningkatkan efisiensi serta mempercepat proses pemulihan lahan [2]

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat penyiraman dan pemupukan otomatis berbasis mikrokontroler, sensor tanah, dan kontrol jarak jauh melalui website. Diharapkan alat ini dapat mendukung proses reklamasi dengan lebih efisien dan berkelanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Mikrokontroler ESP32 Dev Kit V1

ESP32 Dev Kit V1 merupakan mikrokontroler dengan modul WiFi dan Bluetooth yang cocok untuk implementasi Internet of Things (IoT). Mikrokontroler ini memiliki prosesor dual-core serta mendukung protokol komunikasi seperti SPI, I2C, dan UART. Efisiensi dan kemampuan multitugasnya menjadikannya unggul dibandingkan pendahulunya, ESP8266 . [3]

Sensor Tanah 8-in-1

Soil sensor 8-in-1 adalah perangkat digital yang mampu mengukur delapan parameter tanah sekaligus, yaitu suhu, kelembaban, pH, konduktivitas, salinitas, nitrogen, fosfor, dan kalium. Sensor ini menggunakan antarmuka RS485 dan protokol komunikasi Modbus-RTU untuk mentransmisikan data dalam bentuk digital ke sistem akuisisi data [4]. Konversi sinyal dilakukan melalui proses analog-to-digital converter (ADC) dengan metode sampling dan encoding. Sensor ini memiliki baud rate default 9600 bps, dan mampu bekerja secara efisien untuk keperluan monitoring kondisi tanah dalam bidang pertanian maupun lingkungan.

Kontaktor



Kontaktor merupakan perangkat elektromekanik yang berfungsi untuk menyambung dan memutuskan rangkaian listrik secara otomatis melalui gaya elektromagnetik (Haris Mastain Arzaq, 2021). Perangkat ini terdiri dari kumparan magnet yang dirancang khusus untuk arus searah (DC) atau bolak-balik (AC). Penggunaan kontaktor yang tidak sesuai jenis arusnya dapat menyebabkan gangguan kerja atau kerusakan. Kontak pada kontaktor terdiri dari kontak utama dan kontak bantu, dengan dua tipe kerja: Normally Open (NO) dan Normally Close (NC), yang akan berubah posisi saat menerima tegangan [5].

Solenoid Valve

Solenoid valve adalah katup otomatis yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Ketika kumparan mendapat arus listrik, katup akan terbuka, dan akan menutup saat arus diputus. Komponen ini dikendalikan melalui sinyal logika dari relay, di mana logika HIGH mengaktifkan katup, dan logika LOW menonaktifkannya [6]

Pompa Air

Pompa air bekerja dengan menciptakan perbedaan tekanan antara ruang hisap dan permukaan cairan, sehingga cairan dapat masuk ke ruang pompa dan didorong keluar melalui lubang keluaran [7]. Jenis pompa yang digunakan adalah Mckarlen MT46, yang dikenal andal dan efisien untuk berbagai aplikasi, baik rumah tangga maupun industri ringan. Pompa ini memiliki motor yang kuat, tahan lama, serta mudah dalam perawatan dan pengoperasian.

Protokol HTTP

HTTP POST digunakan untuk mengirim data dari perangkat IoT ke server secara aman melalui body request. Metode ini memungkinkan pengiriman data tanpa menampilkan informasi sensitif di URL, cocok untuk komunikasi data pada sistem monitoring panel surya [8]

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

MQTT adalah protokol komunikasi ringan berbasis TCP/IP yang dirancang untuk perangkat dengan bandwidth dan daya terbatas. Dengan konsumsi daya rendah dan latensi kecil, MQTT sangat cocok digunakan dalam sistem IoT untuk pengiriman data real-time [8]

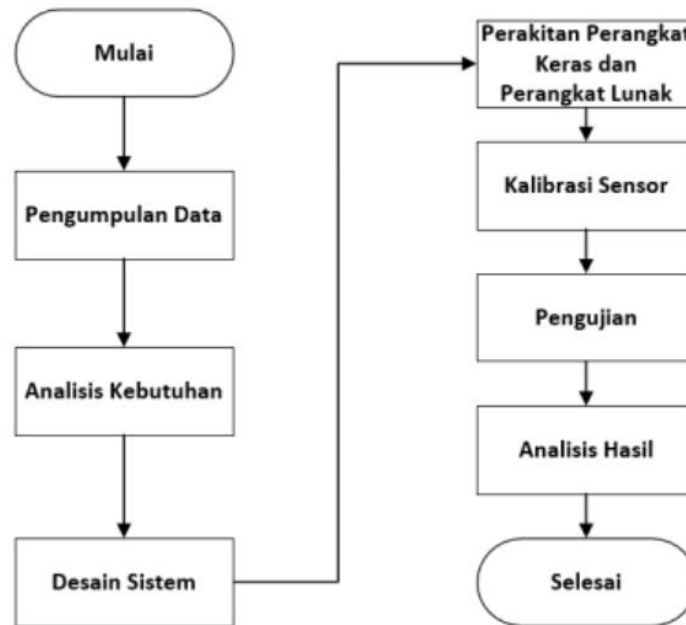
METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang mencakup proses identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, hingga evaluasi hasil. Tujuannya adalah untuk mengembangkan Alat Penyiraman dan Pemupukan Otomatis pada Lahan Reklamasi Bekas Tambang Batubara yang efektif dan efisien. Tahapan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data melalui studi literatur dan observasi lapangan, dilanjutkan dengan



analisis kebutuhan baik dari sisi teknis maupun pengguna. Setelah kebutuhan sistem dirumuskan, dilakukan desain sistem, perakitan perangkat keras dan lunak, kalibrasi sensor, pengujian alat, hingga analisis hasil. Rangkaian proses ini digambarkan pada Gambar 1 sebagai alur tahapan penelitian.

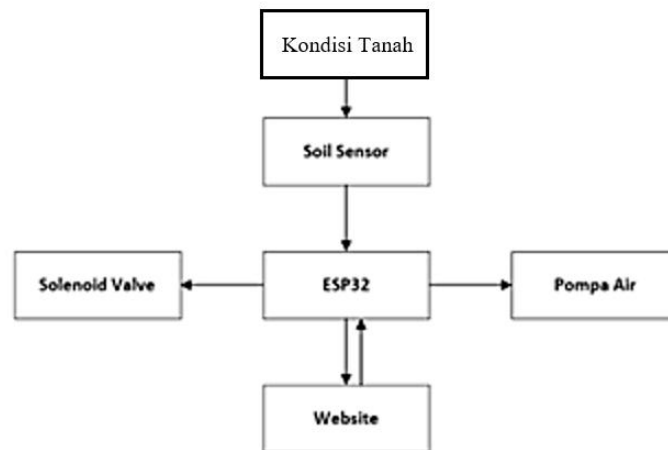


Gambar 1. Tahapan Penelitian

Perancangan untuk membangun sistem penyiraman dan pemupukan otomatis pada lahan reklamasi bekas tambang batubara berbasis Internet of Things meliputi beberapa tahapan, yaitu perancangan diagram blok, flowchart sistem, skematik rangkaian, serta desain perangkat keras. Penjelasan dari masing-masing tahapan tersebut disajikan pada uraian berikut:

1. Diagram blok

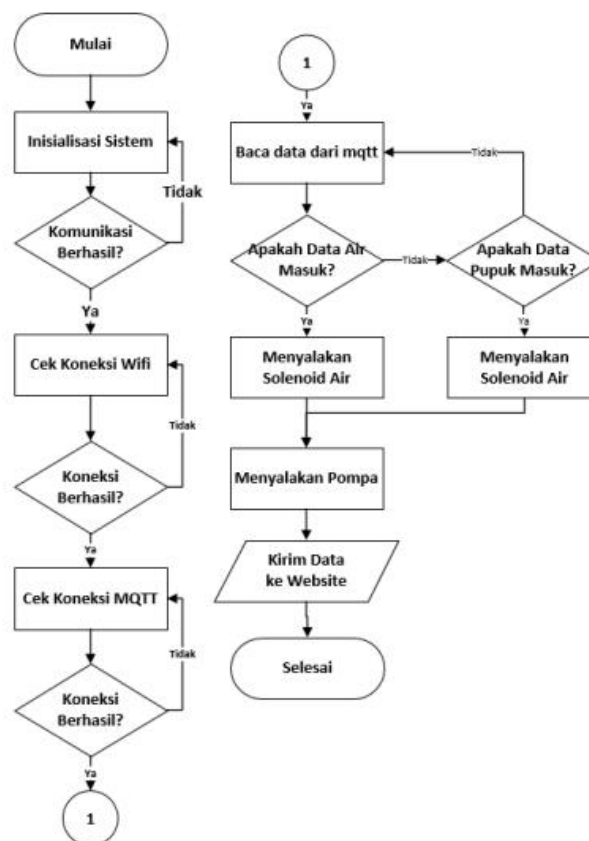
Diagram Blok dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2



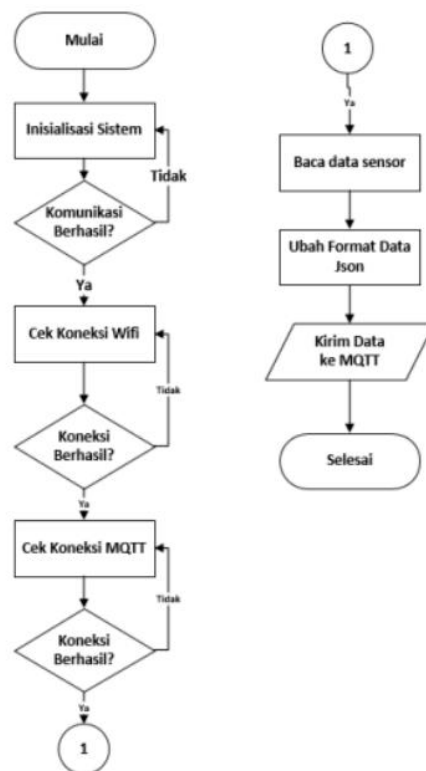
Gambar 2. Diagram Blok

2. Flowchart

Flowchart dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



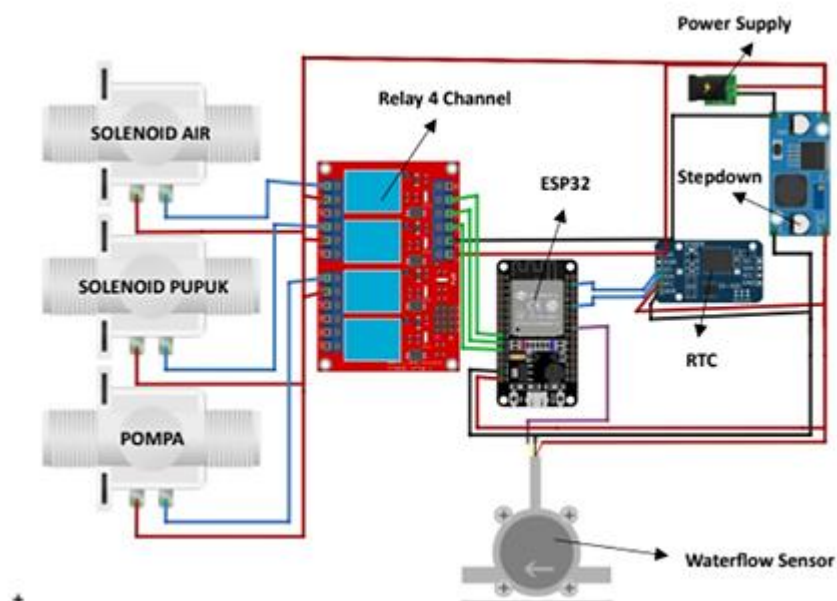
Gambar 3. Flowchart Penyiraman dan Pemupukan



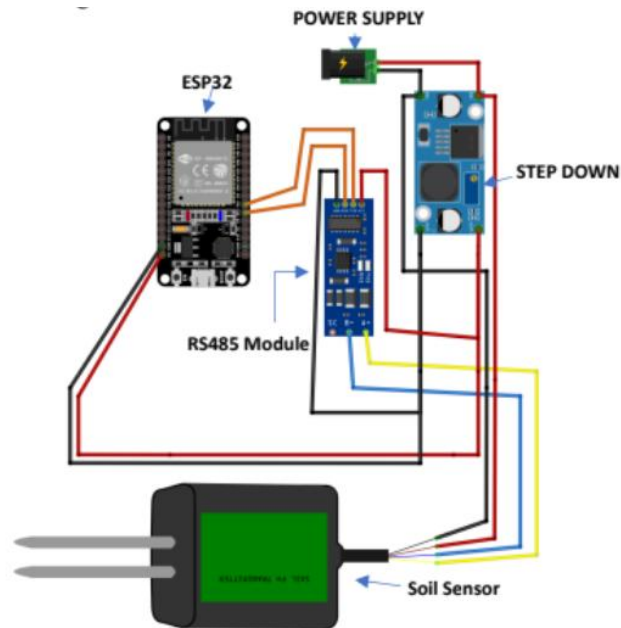
Gambar 4. Flowchart Monitoring Kondisi Tanah

3. Skematik Perangkat Keras

Skematik perangkat keras dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4



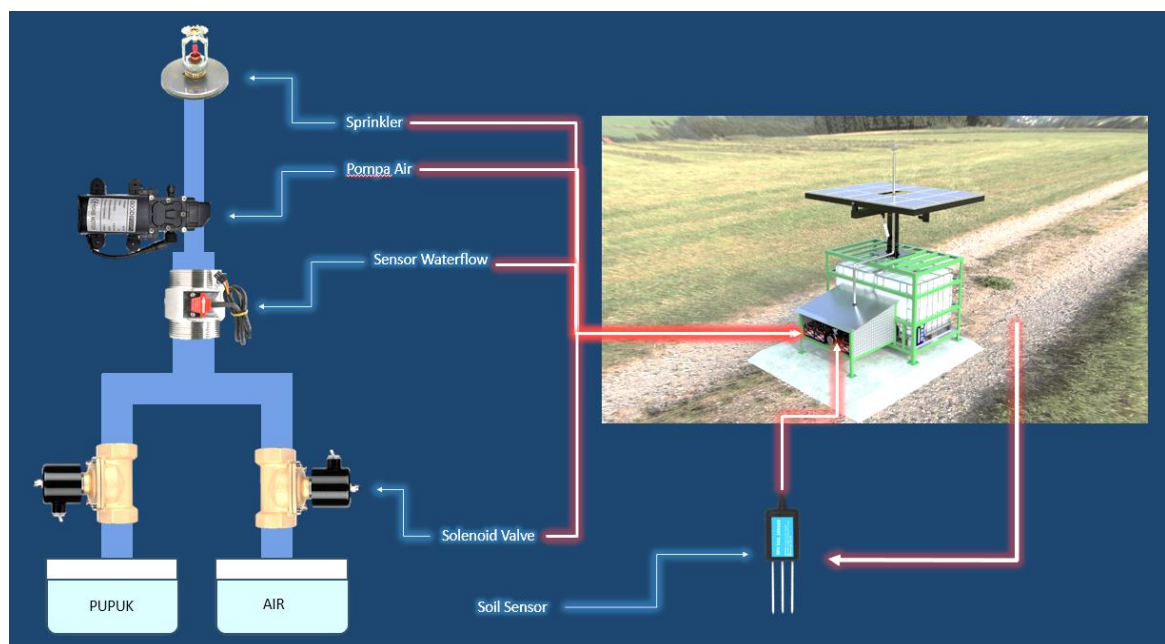
Gambar 5. Skematik Penyiraman dan Pemupukan



Gambar 6. Skematik Sensor Tanah

4. Desain Fisik

Desain fisik dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 7. Desain Fisik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pembuatan Alat

Alat ini dirancang sebagai sistem irigasi dan pemupukan otomatis yang terintegrasi, dengan dilengkapi tangki penyimpanan air dan pupuk untuk mendukung efisiensi penyiraman pada lahan reklamasi. Sistem ini ditenagai oleh panel surya yang terhubung ke box panel sebagai pusat kontrol dan distribusi daya, sehingga mampu beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada jaringan listrik PLN. Penyaluran air dan pupuk dilakukan melalui pipa yang dilengkapi saringan khusus guna mencegah masuknya kotoran ke dalam sistem, sehingga aliran menuju sprinkler tetap bersih dan lancar. Penyiraman dapat dilakukan secara otomatis berdasarkan jadwal yang telah ditentukan, serta dapat disesuaikan melalui sistem kontrol berbasis web. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur monitoring kelembaban tanah menggunakan sensor yang mampu mengukur hingga delapan parameter lingkungan, yang berfungsi sebagai dasar pengambilan keputusan penyiraman apabila kondisi tanah memerlukan intervensi di luar jadwal rutin. Tampilan alat dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 8. Tampilan Luar



Gambar 9. Tampilan Box Panel

Hasil Pengujian Sensor Tanah

Pengujian sensor tanah dilakukan untuk memastikan akurasi pembacaan terhadap beberapa parameter penting tanah, yaitu suhu, kelembaban, konduktivitas listrik (EC), pH, serta kandungan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan salinitas. Pengujian dilakukan pada tiga kondisi tanah yaitu kondisi kering, sedikit lembab, dan lembab.

Pada tanah kering, sensor mencatat suhu yang relatif lebih tinggi dengan kelembaban rendah, nilai EC dan salinitas juga cenderung kecil karena minimnya air yang menghantarkan ion. Nilai pH relatif stabil namun cenderung mendekati netral. Kandungan unsur hara (N, P, K) pada kondisi ini menunjukkan tingkat yang lebih rendah. Hasil pengujian kondisi tanah kering dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada kondisi tanah sedikit lembab, terdapat peningkatan pada nilai kelembaban, EC, dan salinitas. Kandungan unsur hara mulai terbaca lebih jelas, menunjukkan bahwa kelembaban mempengaruhi kelarutan dan deteksi unsur hara dalam tanah. Sementara itu, pH tetap berada pada kisaran yang wajar untuk pertumbuhan tanaman. Hasil pengujian kondisi tanah sedikit lembab dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada tanah lembab, sensor menunjukkan pembacaan kelembaban yang tinggi, diikuti oleh peningkatan signifikan pada EC, salinitas, dan kandungan N, P, serta K. Nilai suhu cenderung



menurun seiring meningkatnya kelembaban, sementara pH tetap relatif stabil. Hasil pengujian kondisi tanah lembab dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil ini membuktikan bahwa sensor mampu membaca variasi kondisi tanah secara konsisten dan akurat, menjadikannya andal untuk sistem monitoring dan otomatisasi penyiraman serta pemupukan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tanah Kering

No	Suhu °C	Kelembaban %	EC μS/cm	PH	N mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Salinitas mg/kg
1.	31,7	11,7	165	4,47	14	18	47	145
2.	31,7	11,8	168	4,45	13	18	46	148
3.	31,8	11,8	165	4,47	14	19	47	145
4.	31,8	11,1	166	4,47	14	18	47	145
5.	31,8	11,1	164	4,47	14	18	47	145
6.	31,8	10,9	166	4,46	14	18	47	148
7.	31,7	10,9	165	4,48	13	18	47	148
8.	31,8	10,9	165	4,46	14	18	47	148
9.	31,8	11	166	4,46	14	18	47	148
10	31,8	11	166	4,46	14	18	47	148

Tabel 2. Hasil Pengujian Tanah Sedikit Lembab

No	Suhu °C	Kelembaban %	EC μS/cm	PH	N mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Salinitas mg/kg
1.	32	18,5	200	6,14	15	21	53	175
2.	31,9	18,9	168	6,10	15	21	53	175
3.	31,9	18,8	165	6,11	15	21	53	175
4.	31,9	19,2	166	6,11	15	21	53	175
5.	31,9	19,2	164	6,11	15	21	53	175
6.	31,9	19,4	166	6,10	15	21	53	175
7.	32	22,1	174	6,10	15	21	53	181
8.	32	22,2	174	6,12	15	21	52	181
9.	32	22,2	175	6,13	15	21	52	181
10.	32	22,2	175	6,13	15	21	52	181

Tabel 3. Hasil Pengujian Tanah Lembab

No	Suhu °C	Kelembaban %	EC μS/cm	PH	N mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Salinitas mg/kg
1.	32,1	47,8	519	6,24	31	43	53	455
2.	32,1	47,8	519	6,24	31	43	53	455



3.	32,1	47,8	519	6,25	31	44	53	455
4.	32,1	47,9	519	6,25	31	43	53	455
5.	32,1	47,8	522	6,25	31	43	53	455
6.	32,1	48	521	6,25	31	43	53	455
7.	32,1	48	518	6,24	31	43	53	455
8.	32,1	48	518	6,24	31	43	52	455
9.	32,1	48	519	6,24	31	43	52	455
10.	32,1	48	519	6,24	31	43	52	455

Hasil Penyiraman dan Pemupukan

Sistem penyiraman dan pemupukan otomatis yang telah dirancang menunjukkan performa yang stabil dan andal selama proses pengujian. Penyiraman dilakukan sebanyak dua kali per hari selama tiga hari berturut-turut, yaitu pada pukul 07.00 dan 18.00, dengan durasi penyiraman konstan selama 2 menit pada setiap sesi. Jumlah air yang digunakan berkisar antara 74 hingga 76 liter, dan seluruh sesi penyiraman tercatat berhasil tanpa adanya kegagalan fungsi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kontrol bekerja sesuai dengan jadwal yang telah dikonfigurasi. Sementara itu, pengujian pemupukan otomatis dilakukan pada tanggal 16 Oktober 2024 pukul 07.00 dengan durasi 2 menit dan volume pupuk cair sebesar 73 liter. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pemupukan juga berjalan sesuai jadwal tanpa kendala. Konsistensi dalam eksekusi penyiraman dan pemupukan membuktikan bahwa sistem mampu mengatur distribusi air dan pupuk secara efektif, mendukung kebutuhan pertumbuhan tanaman dalam proses reklamasi lahan bekas tambang batubara. Detail hasil pengujian disajikan pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6:

1. Hasil pengujian penyiraman

Data penyiraman pada Tabel 4. menunjukkan bahwa sistem berhasil melakukan enam kali penyiraman otomatis selama tiga hari berturut-turut, masing-masing pada pukul 07.00 dan 18.00. Setiap sesi penyiraman berlangsung selama 2 menit dengan volume air yang relatif stabil, yaitu antara 74 hingga 76 liter. Seluruh proses tercatat berhasil tanpa kendala, yang mencerminkan kinerja sistem yang konsisten dan sesuai dengan jadwal yang telah dikonfigurasi.

Tabel 4. Hasil Pengujian Penyiraman

Tanggal	Jadwal Penyiraman	Lama Penyiraman	Jumlah Air	Keterangan
---------	-------------------	-----------------	------------	------------



		(menit)	(liter)	
16 /10/ 2024	07.00	2	76	Berhasil
16 /10/ 2024	18.00	2	74	Berhasil
17 /10/ 2024	07.00	2	74	Berhasil
17 /10/ 2024	18.00	2	74	Berhasil
18 /10/ 2024	07.00	2	75	Berhasil
18 /10/ 2024	18.00	2	75	Berhasil

2. Hasil pengujian pemupukan

Pemupukan otomatis dilakukan satu kali dalam satu periode pengujian, yaitu pada tanggal 16 Oktober 2024 pukul 07.00. Proses pemupukan berlangsung selama 2 menit dengan jumlah pupuk cair yang dialirkan sebesar 73 liter. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemupukan berjalan sesuai jadwal yang telah ditentukan. Data hasil pemupukan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Pemupukan

Tanggal	Jadwal Penyiraman	Lama Penyiraman (menit)	Jumlah Air (liter)	Keterangan
16 /10/ 2024	07.00	2	73	Berhasil

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem penyiraman dan pemupukan otomatis yang dikembangkan berhasil berfungsi sesuai jadwal yang telah ditentukan, baik untuk distribusi air maupun pemberian pupuk secara berkala. Sistem ini juga mampu memberikan data monitoring secara real-time dan akurat melalui sensor yang terintegrasi, sehingga memudahkan pengawasan kondisi lahan tanpa intervensi langsung. Secara keseluruhan, alat ini mendukung upaya reklamasi lahan bekas tambang batubara dengan pendekatan yang efisien dan ramah lingkungan. Meskipun demikian, pengembangan sistem ke depan disarankan untuk menambahkan jumlah sensor di beberapa titik untuk meningkatkan akurasi, menggunakan sensor waterflow yang lebih sesuai dengan ukuran pipa, serta melakukan pengujian langsung di lahan bekas tambang untuk mendapatkan data yang lebih representatif terhadap kondisi lapangan sesungguhnya.



REFERENSI

- [1] M. F. Anggarda, I. Kustiawan, D. R. Nurjanah, and N. F. A. Hakim, “Pengembangan Sistem Prediksi Waktu Penyiraman Optimal pada Perkebunan: Pendekatan Machine Learning untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian,” *J. Budid. Pertan.*, vol. 19, no. 2, pp. 124–136, Dec. 2023.
- [2] N. Latif, “PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR SOIL MOISTURE DAN SENSOR SUHU,” vol. 7, no. 1, 2021.
- [3] A. Imran and M. Rasul, “PENGEMBANGAN TEMPAT SAMPAH PINTAR MENGGUNAKAN ESP32,” 2020.
- [4] M. Prabu, S. B. Abhinav, H. B. Narayanan, and S. Shailendra Sugandhi, “DESIGN OF WATER QUALITY AND SOIL MACRONUTRIENTS MEASURING DEVICE USING TDS AND NPK SENSOR,” vol. 18, no. 16, 2023.
- [5] M. . Joel Panjaitan, S.T., “Rancang Bangun Genset Otomatis Menggunakan Kontaktor Dengan Tenaga Baterai 12 V, 50 Ah,” *Peranc. Dan Pembuatan Penyemprot Hama Pada Tanam. Padi Secara Otomatis Dengan Inf. Sms Gatew. Berbas. Arduino*, pp. 1–12, 2019.
- [6] M. Sari and R. Bangun, “Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah,” 2018.
- [7] A. Rajagukguk, J. F. Simamora, and E. Ervianto, “Rancang Bangun Pengendali Sistem Pompa Otomatis Pada Penyiraman Tanaman Berbasis Sensor Kelembaban dengan Kendali Arduino,” 2021.
- [8] E. Indra, M. Irfan Fahmi, A. Situmorang, D. Ryan Hamonangan Sitompul, S. Hamonangan Sinurat, and D. Jusuf Ziegel, “Desain Prototype Smart Building Menggunakan Internet of Things dengan Protokol MQTT,” 2022.