

Implementasi Sistem Monitoring Alat Pertanian Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler Mega 2560 Pro Min

1st Aidi Murtu
School of Electrical Engineering
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

aidipalaidi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Anggunmeka Luhur Prasasti
School of Electrical Engineering
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
anggunmeka@telkomuniversity.ac.id

3rd Faisal Candrasyah Hasibuan
School of Electrical Engineering
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
faicanhasfeb@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BPMP) di Jawa Barat menghadapi banyak masalah dalam mengelola alat pertanian yang dipinjamkan kepada kelompok tani. Hal ini terutama berkaitan dengan pemantauan penggunaan dan kondisi alat. Kurangnya sistem pengawasan menyulitkan untuk memantau lokasi, status, dan pemeliharaan alat, yang dapat menyebabkan penurunan efisiensi dan umur pakainya. Untuk menyelesaikan masalah ini, BPMP membuat sistem pengawasan Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan sistem lokasi Global Positioning System (GPS) untuk memantau lokasi dan modul komunikasi GSM untuk mengirim data secara real-time. Sistem ini juga memungkinkan sensor untuk mengukur tegangan AKI dan melaporkan posisi alat ke platform web untuk pengawasan jarak jauh, yang bertujuan untuk memberikan informasi akurat tentang penggunaan, kondisi teknis, dan jadwal perawatan. Hasil pengujian menunjukkan kinerja sistem yang andal, dengan akurasi GPS rata-rata 17,07 meter, perbedaan tegangan AKI sebesar 0,13 V, dan kemampuan modul GSM mengirimkan data secara konsisten setiap satu menit. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan sistem ini berhasil meningkatkan efisiensi penggunaan alat pertanian, mempermudah pemeliharaan rutin, dan meningkatkan pengawasan untuk memastikan bahwa alat beroperasi dengan baik.

Kata kunci— Alat Pertanian, Balai Pengembangan Mekanisasi, Global Positioning System, Internet of Things (IoT), Sistem Monitoring

I. PENDAHULUAN

Untuk mengoptimalkan kegiatan budidaya, pertanian kontemporer memanfaatkan teknologi canggih berupa mesin-mesin seperti traktor dan irigasi otomatis demi peningkatan efisiensi. Produksi seringkali difokuskan pada satu jenis tanaman, misalnya kedelai atau kapas, untuk hasil maksimal. Peralatan berat dan otomatisasi kini mengurangi kebutuhan tenaga manual dalam praktik pertanian maju [1] [2]. Dalam upaya mendukung petani di seluruh nusantara, pemerintah Indonesia berperan aktif dengan memfasilitasi akses terhadap alat-alat pertanian vital seperti traktor dan mesin bajak [3][4]. Dalam konteks pengembangan pertanian di Jawa Barat, Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat memegang peranan krusial. Institusi ini bertugas mempromosikan dan mempercepat penerapan teknologi mekanisasi di kalangan petani, sekaligus memastikan ketersediaan akses terhadap alat-alat pertanian modern yang esensial untuk peningkatan hasil panen [5]. Fungsi UPTD ini sangat vital, mengingat Jawa Barat merupakan salah satu produsen utama beras dan sayuran di Indonesia, sehingga membutuhkan peningkatan

intensitas pertanian melalui pemanfaatan mesin dan peralatan yang efisien. Meskipun pemerintah Indonesia telah menyediakan banyak alat pertanian pinjaman untuk memajukan sektor agrikultur nasional, muncul permasalahan berupa kurangnya tanggung jawab dari beberapa kelompok tani terhadap pemeliharaan alat-alat tersebut. Akibatnya, pemerintah mengalami kesulitan dalam melacak keberadaan alat-alat yang telah dipinjamkan [6]. Dari permasalahan ini diciptakan sebuah Sistem Monitoring Alat Pertanian. Proyek ini bertujuan untuk mengatasi tantangan terkait pengelolaan alat pertanian, dengan fokus awal implementasi di Provinsi Jawa Barat.

II. KAJIAN TEORI

A. Sistem Navigasi

Penentuan modul Global Positioning System (GPS) yang tepat merupakan langkah vital dalam merancang Sistem Monitoring Alat Pertanian. Oleh karena itu, modul NEO-6M dipilih untuk menjadi modul yang akan digunakan pada sistem ini. Keputusan ini strategis karena modul tersebut menawarkan solusi hemat biaya tanpa mengesampingkan kebutuhan teknis sistem. NEO-6M juga sangat dikenal luas dan diapresiasi oleh komunitas pengembang berkat stabilitasnya serta kemudahan integrasinya dengan platform seperti Arduino dan Raspberry Pi [7]. Dengan presisi lokasi rata-rata 2.5 meter, modul ini secara efektif mendukung kebutuhan akurasi data untuk proyek pemetaan dan robotika, menjadikannya fondasi esensial untuk pelacakan posisi alat pertanian yang reliabel dan tepat.

B. Mikrokontroler

Sistem ini berfungsi sebagai mesin penggerak utama dalam pembuatan sistem monitoring alat pertanian pada UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat, pemilihan sistem mesin pada alat ini tentunya sangat perlu diperhitungkan karena mencakup beberapa aspek penting seperti ukuran alat, banyaknya pin yang digunakan dan tentunya harga tiap alat mikrokontroler. pada sistem ini menggunakan arduino atmega pro mini 2560 dengan keunggulan flash memory yang lebih besar dibandingkan dengan mikrokontroler lain [8].

C. Sistem Komunikasi

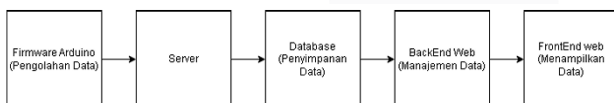
Dalam perancangan sistem monitoring alat pertanian untuk UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat, esensial untuk mengintegrasikan sistem komunikasi yang mampu mentransmisikan data secara real-

time. Tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya kesalahan interpretasi atau miskomunikasi data terkait posisi alat pertanian yang dimonitor. Modul komunikasi serial yang digunakan dalam sistem ini beroperasi berdasarkan protokol komunikasi standar, bukan algoritma aplikasi internal, sehingga menawarkan fleksibilitas tinggi dalam adaptasinya dengan kebutuhan spesifik sistem. Oleh karena itu, Modul SIM800L dipilih sebagai penghubung utama. Keputusan ini didasari oleh harganya yang relatif ekonomis dan ketersediaan fitur GPRS Kelas 12, yang dinilai sudah sangat memadai untuk menjalankan fungsi komunikasi data pada sistem monitoring alat pertanian ini [9].

III. METODE

Penelitian ini mengadopsi pendekatan desain sistem, berpusat pada pengembangan dan penerapan sistem pemantauan penggunaan alat pertanian yang memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) dan Global Positioning System (GPS). Tujuan utama dari sistem yang dibangun adalah untuk melacak kondisi dan lokasi peralatan pertanian yang didistribusikan kepada kelompok tani di Provinsi Jawa Barat. Sistem ini mengintegrasikan beragam komponen teknologi, meliputi sensor untuk memantau status operasional alat, modul GPS untuk fungsi pelacakan posisi, serta modul komunikasi GSM guna transmisi data secara real-time ke server pusat [10]. Desain sistem ini secara khusus diarahkan untuk menyederhanakan proses pengawasan alat pertanian pinjaman, mencakup pemantauan kondisi teknis, lokasi geografis, dan jadwal pemeliharaan. Hasil akhir dari penelitian ini adalah prototipe sistem yang siap diimplementasikan secara praktis oleh UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat.

A. Gambaran Rancangan Sistem

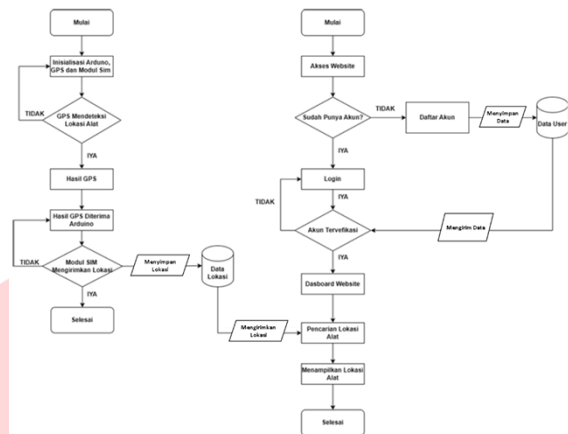


GAMBAR 1
Rancangan Sistem

Pada Gambar 3.1 Rancangan Sistem akan mengilustrasikan alur kerja sistem, diawali dengan firmware Arduino yang bertugas mengelola data dari modul GPS. Firmware ini memproses koordinat lokasi, melakukan pemformatan data, dan menyiapkannya untuk transmisi melalui modul komunikasi. Selanjutnya, server berfungsi sebagai pusat penghubung utama. Setelah menerima data dari modul SIM800L, server akan memvalidasi dan melakukan pemrosesan awal sebelum meneruskan data tersebut ke basis data untuk penyimpanan jangka panjang. Basis data ini dirancang khusus untuk menyimpan riwayat lokasi, mencatat informasi penting seperti waktu, koordinat, dan data tambahan yang relevan untuk tujuan pelacakan. Di bagian belakang, terdapat backend web yang mengelola keseluruhan logika bisnis aplikasi. Tugasnya mencakup pengambilan data dari basis data, autentikasi pengguna, dan mempersiapkan informasi untuk disajikan. Terakhir, frontend web bertanggung jawab menarik data dari backend guna membangun antarmuka visual yang interaktif. Antarmuka ini

menampilkan peta lokasi, riwayat perjalanan, dan memberikan pengalaman pengguna yang memungkinkan pemantauan posisi terkini dari seluruh mesin dan alat pertanian yang sedang dipantau.

B. Gambaran Alur keseluruhan Sistem



GAMBAR 2
Alur Keseluruhan Sistem

Gambar 3.2 Alur Keseluruhan Sistem menyajikan diagram alir yang memerinci cara kerja alat dan website monitoring yang akan dikembangkan. Alur ini dimulai dengan proses autentikasi pengguna, *user* wajib memiliki akun terdaftar. Apabila belum terdaftar, pengguna akan diarahkan untuk melakukan registrasi, dan data pendaftarannya akan disimpan pada *server data user*. Jika pengguna telah memiliki akun, mereka dapat langsung *login*. Setelah *login*, akun akan diverifikasi dengan membandingkan data yang dimasukkan dengan data yang tersimpan di *server data user*. Apabila verifikasi berhasil, pengguna akan diarahkan ke *dashboard website*, di mana mereka dapat melakukan pencarian lokasi alat [11].

Website kemudian akan menampilkan lokasi alat dengan mengambil data dari *server data lokasi*. Data lokasi ini bersumber dari perangkat *monitoring* yang aktif ketika mesin alat dan mesin pertanian (*alsintan*) dioperasikan. Pada saat *alsintan* mulai beroperasi, alat *monitoring* akan melakukan inisialisasi. Setelah inisialisasi berhasil, modul GPS akan mulai mendeteksi lokasi mesin. Jika modul GPS berhasil memperoleh data lokasi, informasi tersebut akan disalurkan ke Arduino. Arduino selanjutnya akan menyiapkan data lokasi untuk dikirimkan ke *server data lokasi* melalui modul SIM. Apabila pengiriman data sukses, alat akan terus-menerus mendeteksi dan mengirimkan lokasi mesin secara *real-time*. Namun, jika terjadi kegagalan dalam pengiriman data, proses akan diulang kembali dari tahap Arduino mengirimkan data melalui modul SIM.

C. Desain Perangkat Keras

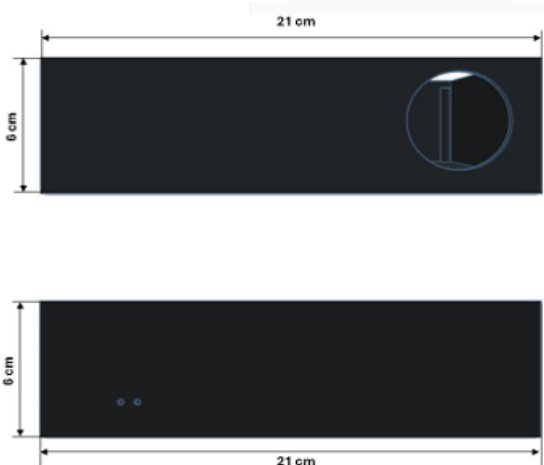
Perancangan sistem monitoring penggunaan mesin dan mekanisasi alat pertanian ini melibatkan tiga komponen inti yang terintegrasi secara krusial mikrokontroler Arduino, modul SIM800L, dan modul GPS NEO-6M. Setiap komponen menjalankan fungsi spesifiknya, berkolaborasi untuk memungkinkan pemantauan *real-time*. Untuk menjaga ketiga komponen elektronik vital ini, seluruh sistem ditempatkan dalam sebuah kotak hitam khusus yang

dirancang secara cermat. Desain kotak ini menjadi sangat esensial mengingat lingkungan operasional mesin pertanian yang sering terpapar kelembaban, lumpur, debu, dan kotoran. Oleh karena itu, kotak hitam ini dibuat dari bahan yang tahan air dan goncangan, diperkuat dengan menggunakan baut yang memastikan tidak ada cairan atau partikel asing yang dapat menyusup dan merusak sirkuit elektronik di dalamnya. Konfigurasi ini memungkinkan sistem monitoring beroperasi secara optimal di beragam kondisi lapangan, menyediakan data akurat mengenai penggunaan, lokasi, dan status mesin pertanian kepada UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat.



GAMBAR 3
Desain Alat Tampak Atas

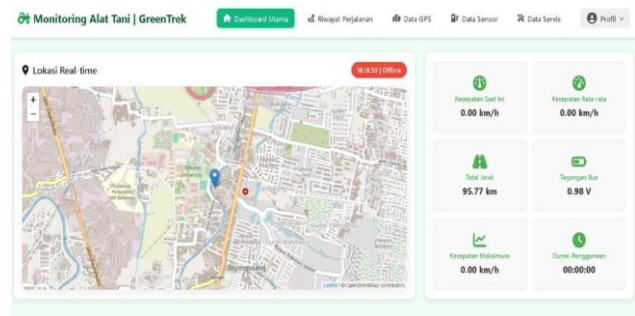
Pada Gambar 3.3 Desain Alat Tampak Atas ini menampilkan tampilan tampak atas dari desain kotak yang akan melindungi alat dari debu dan kotoran yang dapat merusak alat monitoring kotak ini berukuran panjang 21cm dan lebar 15.5cm.



GAMBAR 4
Desain Tampak Samping

Pada Gambar 3.4 adalah Tampilan Desain Kotak Tampak Samping pada bagian samping kanan kotak terdapat lubang yang berfungsi lubang kipas yang berfungsi untuk mengeluarkan suhu di dalam kotak agar terhindar rusaknya alat dikarenakan suhu yang panas dan pada bagian samping kiri terdapat dua lubang kecil yang berfungsi sebagai jalur masuknya kabel yang akan disambungkan ke positif baterai dan negatif baterai.

D. Desain Perangkat Lunak



GAMBAR 5
Desain Perangkat Lunak

Pada Gambar 3.5 menampilkan desain perangkat lunak pada perangkat lunak yang di desain dapat menampilkan beberapa informasi, informasi ini terdiri dari lokasi dari alat, kecepatan, kecepatan rata – rata, total jarak, dan durasi penggunaan alat. Pada desain ini juga dapat menampilkan beberapa halaman seperti riwayat perjalanan yang akan menampilkan riwayat perjalanan dari alat yang akan dimonitoring, Pada halaman Data GPS akan menampilkan 5 data GPS terbaru yang telah terdeteksi oleh modul GPS, Pada Data Sensor menampilkan 5 data sensor voltage terbaru yang telah terdeteksi oleh sensor voltage dan pada halaman terakhir adalah data servis pada halaman ini pengguna dapat mengisi riwayat dari servis yang telah dilakukan pada alat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem monitoring yang dikembangkan untuk penggunaan mesin dan mekanisasi alat pertanian di UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Provinsi Jawa Barat bertujuan untuk memantau lokasi alat pertanian yang dipinjamkan kepada kelompok tani di wilayah tersebut. Sistem ini sangat bergantung pada kemampuan deteksi lokasi, di mana Arduino Mega Pro Mini 2560 berperan sebagai pengendali utama alat monitoring. Perangkat ini memungkinkan pengiriman detail lokasi, termasuk data lintang dan bujur [12], yang diperoleh dari modul GPS Ublox Neo-6m. Selanjutnya, data lokasi yang telah dikumpulkan akan dikirimkan melalui komunikasi serial menggunakan modul GSM SIM800L [13]. Seluruh data yang dikirimkan ini kemudian dikelola di server, memastikan bahwa lokasi alat pertanian dapat terus-menerus terdeteksi dan diperbarui.

Pada Sistem Monitoring Alat Pertanian ini dilakukan pengujian terhadap beberapa sensor dan modul yang digunakan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keberhasilan fungsi dari sistem monitoring alat pertanian ini dalam pengoperasiannya.

A. Pengujian GPS Outdoor

TABEL 1
Pengujian GPS Outdoor

No	Hasil Pengujian Sistem		Hasil Pemantauan Aplikasi Smartphone		Selisih Jarak (meter)
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
1	-6.973385	107.6319	-6.973417	107.631894	3.62
2	-6.973392	107.6319	-6.973417	107.631894	2.86
3	-6.973417	107.6319	-6.973417	107.631894	0.66
4	-6.973423	107.63187	-6.973417	107.631894	2.73
5	-6.973393	107.63189	-6.973417	107.631894	2.70
6	-6.973437	107.63187	-6.973417	107.631894	3.46
7	-6.973421	107.63189	-6.973417	107.631894	0.63
8	-6.973503	107.63187	-6.973417	107.631894	9.92
9	-6.973451	107.63188	-6.973417	107.631894	4.08

Pada Tabel 4.1 Pengujian GPS menampilkan data dari pengujian yang dilakukan dalam mendeteksi akurasi dan selisih jarak, pengujian ini membandingkan hasil dari pembacaan dari sensor GPS dengan pembacaan GPS dari aplikasi smartphone pada saat di luar ruangan (*Outdoor*) dan dari hasil beberapa pengujian yang dilakukan didapatkan hasil data GPS yang dideteksi oleh modul GPS mendapatkan selisih jarak tidak terlalu jauh dengan data GPS yang didapatkan oleh aplikasi *smartphone*.

B. Pengujian GPS Indoor

TABEL 2
Pengujian GPS Indoor

No	Hasil Pengujian Sistem		Hasil Pemantauan Aplikasi Smartphone		Selisih Jarak (meter)
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
1	-6.974858	107.6339	-6.974732	107.633788	18.68
2	-6.974847	107.6339	-6.974745	107.633741	20.90
3	-6.974847	107.6339	-6.974755	107.633741	20.31
4	-6.974853	107.6339	-6.974772	107.633766	17.32
5	-6.974852	107.6339	-6.974749	107.633797	16.14
6	-6.974855	107.63388	-6.974742	107.633806	14.99
7	-6.974863	107.63384	-6.974742	107.633806	13.97

Pada Tabel 4.2 menampilkan hasil dari pengujian yang dilakukan pada saat berada di dalam ruangan (*Indoor*) dan hasil pengujian memiliki selisih jarak yang lumayan jauh dikarenakan modul terhalang oleh bangunan dalam ruangan yang menyebabkan keakurasian dari pembacaan sensor tidak optimal.

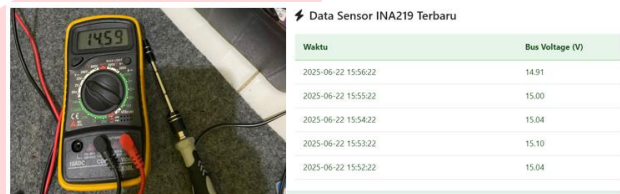
Kedua pengujian ini didapatkan hasil selisih jarak lumayan berbeda pengujian dalam ruangan (*Indoor*) tidak terlalu akurat dibandingkan dengan pengujian di luar ruangan (*Outdoor*) dan selisih jarak dari kedua pengujian ini didapatkan dengan mengaplikasikan rumus seperti dibawah ini.

$$Distance = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Melalui rumus ini dengan memasukan *latitude* dan *longitude* yang didapatkan dari modul GPS dan data GPS dari *smartphone* maka selisih jarak dapat diketahui [14].

C. Pengujian Sensor INA219

Pengujian akurasi tegangan pada modul INA219 melibatkan perbandingan hasil pengukuran modul tersebut dengan data yang diperoleh dari multimeter digital. Proses komparasi ini dilakukan pada beragam tingkat tegangan untuk memastikan konsistensi dan mengukur keandalan pembacaan modul INA219 dalam berbagai skenario operasional. Dengan demikian, pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi seberapa akurat modul INA219 dapat memberikan pembacaan tegangan [15].

GAMBAR 5
Pengujian INA219

Pada Gambar 4.1 menampilkan hasil pengujian INA219 pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil dari pembacaan tegangan sensor INA219 dengan multimeter tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui keakurasi dari sensor INA219 dalam mendeteksi tegangan. Pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali dan hasil dari pengujian ini didapatkan hasil pembacaan sensor INA219 memiliki selisih tidak terlalu jauh dalam membaca tegangan. Pada pembacaan tegangan terdapat faktor yang menyebabkan selisih yang terjadi seperti kalibrasi dari sensor INA219 lebih tinggi dibandingkan pembacaan tegangan pada multimeter. Meskipun demikian, pembacaan sensor tetap stabil, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor bekerja dengan baik dari sisi kestabilan, namun membutuhkan kalibrasi lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi.

Pada pengujian ini dilakukan juga perhitungan terhadap rata-rata selisih dari beberapa pengujian yang dilakukan dengan menggunakan persamaan RMSE dan MSE [16].

TABEL 3
Perhitungan RMSE dan MSE

NO	Sensor (Y)	Multimeter (Ŷ)	(Y - Ŷ)	(Y - Ŷ) ²
1	14.91 V	14.59 V	0.32	0.1024
2	15.00 V	14.70 V	0.30	0.0900
3	15.04 V	14.84 V	0.20	0.0400
4	15.10 V	14.98 V	0.12	0.0144
5	15.04 V	14.84 V	0.20	0.0400

$$MSE = \frac{1}{N} \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \frac{1}{5} \times 0.2868 = 0.05736$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{0.05736} \approx 0.2395$$

Dari hasil perbandingan data pengujian dengan multimeter, teridentifikasi adanya selisih kecil. Perbedaan ini kemungkinan besar berasal dari kalibrasi sensor yang kurang

tepat dan adanya diskrepansi pada nilai referensi akurasi tegangan. Namun demikian, setelah melalui beberapa kali percobaan, dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan, pembacaan sensor cukup akurat. Kesimpulan ini didukung oleh hasil perhitungan nilai menggunakan rumus MSE dan RMSE.

V. KESIMPULAN

Hasil pengujian terhadap sistem "Monitoring Penggunaan Mesin-Mesin dan Mekanisasi Alat Pertanian pada Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat" menunjukkan kinerja yang sangat positif dan potensi implementasi yang luas. Integrasi sistem berjalan lancar dan berfungsi optimal sesuai tujuan perancangan. Sistem ini memenuhi sebagian besar persyaratan yang ditetapkan, khususnya terkait akurasi pengukuran posisi traktor di sawah, yang memberikan manfaat signifikan dalam pemantauan. Didukung oleh perangkat lunak berbasis website dengan antarmuka yang intuitif, sistem ini mempermudah proses operasional dan pengawasan bagi Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian tanpa memerlukan keahlian teknis khusus. Lebih lanjut, Kemampuan pemantauan jangka menengah hingga panjang ini memungkinkan pengawasan penggunaan alat pertanian yang lebih efektif dan efisien. Berdasarkan temuan ini, sistem tersebut diharapkan menjadi kontributor penting dalam memajukan mekanisasi pertanian di Provinsi Jawa Barat.

REFERENSI

- [1] H. Rasyid and G. Mumpuni Ningsih, "Application of Sustainable Agricultural Technology to Increase Productivity and Food Security," *J. World Sci.*, vol. 3, no. 4, pp. 500–506, 2024, doi: 10.58344/jws.v3i4.594.
- [2] T. Schempp, A. Kaufmann, and I. Stöhr, "A field tested adaptive user-interface - new ways to operate tractors," *Vol. 2019, Issue 2361, Pages 235 - 241*, vol. 2019, no. 2361, p. Hanover, doi: 10.51202/9783181023617-235.
- [3] H. Aunia, "Analisis Peran Kelompok Tani Bareng Kompak Dalam Penyediaan Sarana dan Prasarana Studi Kasus Di Peresak Dusun Lokon Desa Sepit Kecamatan Keruak Kabupaten Lombok Timur," *J. SIKAP (Solusi Ilm. Kebijakan. dan Adm. Publik*, vol. 7, no. 1, pp. 21–31, 2022.
- [4] W. Narullova and Isralasmadi, "EFEKTIVITAS PELAKSANAAN ALSINTAN PADA KELOMPOK SASARAN Effectiveness of Implementing Alsintan in the Target Group," *J. Din. Pertan. Ed. XXXIX Nomor*, vol. 1, no. 2023, pp. 249–260, 2023.
- [5] L. Tahunan and K. Pertanian, *Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian*. 2019.
- [6] R. Khoiriyati, J. Winarno, and E. Lestari, "Strengthening Social Capital in Increasing The Welfare of Members in The Gapoktan Tani Makmur, Ngawi Regency," *J. Indones. Sos. Sains*, vol. 3, no. 11, pp. 1467–1477, 2022, doi: 10.59141/jiss.v3i11.734.
- [7] I. Moumen, N. Rafalia, and J. Abouchabaka, "Real - time GPS Tracking System for IoT - Enabled Connected Vehicles," vol. 01095, 2023.
- [8] A. H. Kuspranoto and M. U. Nuha ABA, "Rancang Bangun Elektrostimulator dengan Output Tiga Gelombang Berbasis Arduino Mega Pro Mini 2560," *Med. Tek. J. Tek. Elektromedik Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 91–103, Apr. 2024, doi: 10.18196/mt.v5i2.15867.
- [9] I. P. L. Dharma, S. Tansa, and I. Z. Nasibu, "Perancangan Alat Pengendali Pintu Air Sawah Otomatis dengan SIM800l Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Tek.*, vol. 17, no. 1, pp. 40–56, 2019, doi: 10.37031/jt.v17i1.25.
- [10] S. Getahun, H. Kefale, and Y. Gelaye, "Application of Precision Agriculture Technologies for Sustainable Crop Production and Environmental Sustainability: A Systematic Review," *ScientificWorldJournal.*, vol. 2024, p. 2126734, 2024, doi: 10.1155/2024/2126734.
- [11] M. Fatoni and Adiananda, "Rancang Bangun Prototipe Pengaman Kendaraan Berbasis Gps Komunikasi Pesan Telegram Dan Thingspeak," *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 01–12, 2021, doi: 10.33019/electron.v2i2.1.
- [12] S. H. P. Sitorus,, "Perancangan Sistem Monitoring Lokasi Kendaraan Menggunakan Gps U-Blox Berbasis Android," 2021.
- [13] D. S. Mohamed Ismail Ahmed, "The role of technology in small agricultural projects," *Int. J. Mod. Agric. Environ.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–21, 2021, doi: 10.21608/ijmae.2023.215955.1015.
- [14] G. Poornima, C. Parthasarathy, K. Umapathy, D. K. T, M. A. Archana, and N. A. Kumar, "GPS Based Smart Vehicle Tracking and Monitoring System," in *2024 Second International Conference on Intelligent Cyber Physical Systems and Internet of Things (ICoICI)*, Aug. 2024, pp. 506–511. doi: 10.1109/ICoICI62503.2024.10696113.
- [15] M. Hilmansyah Susanta, "Pengukuran Tegangan dan Arus Litrik Menggunakan Sensor INA 219 Berbasis Arduino," *Scientica*, vol. 3, no. 1, pp. 326–332, 2024.
- [16] T. O. Hodson, "Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not," *Geosci. Model Dev.*, vol. 15, no. 14, pp. 5481–5487, Jul. 2022, doi: 10.5194/gmd-15-5481-2022.