

Monitoring Penggunaan Mesin-Mesin dan Mekanisasi Alat Pertanian Pada UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat

1st Ramah Rinaldi Ruslan

School of electrical engineering

Telkom University

Bandung, Indonesia

ramarinaldi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Anggunmeka Luhur Prasasti

School of electrical engineering

Telkom University

Bandung, Indonesia

anggunmeka@telkomuniversity.ac.id

3rd Faisal Candrasyah Hasibuan

School of electrical engineering

Telkom University

Bandung, Indonesia

faicanhasfcb@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pengembangan sistem pemantauan berbasis teknologi untuk mengelola penggunaan alat pertanian yang dipinjamkan oleh pemerintah kepada kelompok tani di Jawa Barat. Sistem ini menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan modul GPS Ublox NEO-6M untuk melacak posisi alat secara *real-time* dan modul GSM SIM800L untuk pengiriman data ke server. Sistem ini bertujuan untuk memantau penggunaan alat, kondisi teknis, dan jadwal pemeliharaan secara efisien, sekaligus meningkatkan keamanan dan distribusi alat pertanian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki akurasi tinggi dengan margin kesalahan GPS sekitar 17,07 meter di area *indoor* dan 3,784 meter di area *outdoor*. Sistem ini juga mampu mengirimkan data dengan interval satu menit dan mengurangi masalah terkait pemeliharaan alat, serta memastikan alat dalam kondisi optimal saat digunakan. Penerapan sistem ini dapat meningkatkan efisiensi operasional dan pemeliharaan alat pertanian di lapangan.

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

I. PENDAHULUAN

Pertanian di Indonesia memainkan peran yang sangat penting dalam perekonomian negara, khususnya dalam memenuhi kebutuhan pangan nasional. Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki beragam potensi sumber daya alam, termasuk tanah yang subur untuk kegiatan pertanian. Dalam beberapa dekade terakhir, sektor pertanian di Indonesia mulai bertransformasi melalui penerapan teknologi mekanisasi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Namun, meskipun teknologi alat pertanian modern telah digunakan, pengelolaan dan pemantauan penggunaan alat pertanian masih menjadi tantangan besar, terutama dalam hal pemeliharaan dan pengawasan distribusi alat-alat tersebut kepada kelompok tani [1][2].

Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat memainkan peran penting dalam mendukung pengembangan dan distribusi alat pertanian modern kepada kelompok tani di seluruh provinsi. Namun, masalah muncul ketika peminjaman alat pertanian tidak diikuti dengan pengawasan

yang efektif, sehingga menyulitkan pemerintah untuk memantau lokasi, kondisi, dan pemeliharaan alat tersebut. Masalah ini berpotensi menyebabkan alat-alat pertanian tidak digunakan secara optimal, bahkan mengurangi umur pakainya[3].

Untuk mengatasi permasalahan ini, penelitian ini mengembangkan sebuah sistem *monitoring* berbasis teknologi Internet of Things (IoT) yang dilengkapi dengan modul GPS dan GSM untuk memantau lokasi dan kondisi alat pertanian secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk membantu UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi dalam memastikan alat pertanian yang dipinjamkan selalu dalam kondisi optimal dan siap digunakan. Dengan adanya sistem ini, diharapkan pemerintah dapat meningkatkan efisiensi operasional dan pemeliharaan alat pertanian serta memastikan distribusi alat yang lebih efektif [4][5].

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem monitoring alat pertanian di Jawa Barat, dengan harapan sistem yang diusulkan dapat memberikan solusi praktis bagi pengelolaan alat pertanian yang dipinjamkan oleh pemerintah. Selain itu, penerapan sistem ini diharapkan dapat berkontribusi dalam meningkatkan akuntabilitas dan pengawasan penggunaan alat pertanian, serta memberikan informasi yang lebih akurat bagi pihak terkait untuk mengambil keputusan yang lebih tepat dalam pemeliharaan alat[6].

II. KAJIAN TEORI

A. Teknologi IoT dalam Pertanian

Teknologi Internet of Things (IoT) semakin berkembang pesat dalam berbagai sektor, termasuk pertanian. IoT memungkinkan pengumpulan dan pengiriman data secara real-time menggunakan perangkat yang terhubung ke internet. Dalam konteks pertanian, penggunaan IoT memungkinkan pengawasan jarak jauh terhadap kondisi lahan, alat pertanian, dan hewan ternak, yang membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas[2]. Salah satu aplikasi IoT yang signifikan adalah sistem monitoring alat pertanian, yang memungkinkan petani dan pengelola pertanian untuk memantau kondisi mesin, lokasi, serta status penggunaan alat secara real-time, yang penting dalam memastikan alat pertanian tetap dalam kondisi optimal dan dapat digunakan sesuai kebutuhan[7].

B. Penggunaan GPS dalam Pemantauan Alat Pertanian

Global Positioning System (GPS) merupakan teknologi yang digunakan untuk menentukan lokasi secara akurat dengan menggunakan satelit. Dalam pemantauan alat pertanian, GPS digunakan untuk melacak posisi alat pertanian yang dipinjamkan kepada kelompok tani. Penerapan GPS dalam pertanian sudah banyak dilakukan untuk keperluan pemetaan hasil pertanian, pengelolaan lahan, dan optimisasi penggunaan alat[8]. Penggunaan GPS pada alat pertanian memungkinkan pengelolaan distribusi alat yang lebih efisien dan meminimalkan kemungkinan kehilangan atau pencurian alat. Sistem pemantauan berbasis GPS juga dapat memberikan data yang berguna untuk perencanaan dan pengambilan keputusan dalam pengelolaan alat pertanian[9].

C. Pemeliharaan dan Manajemen Alat Pertanian

Pemeliharaan alat pertanian yang baik dan terjadwal secara rutin sangat penting untuk memastikan alat pertanian berfungsi dengan baik dan memiliki umur panjang. Namun, banyak kelompok tani yang kurang memperhatikan jadwal perawatan dan pemeliharaan alat pertanian yang dipinjamkan kepada mereka. Menurut penelitian oleh Suriadi et al. (2019), penerapan teknologi yang memungkinkan pemantauan status alat pertanian secara real-time dapat membantu mengurangi masalah pemeliharaan yang terlupakan, serta mengingatkan pengguna tentang jadwal servis dan penggantian komponen. Dengan sistem monitoring yang terintegrasi dengan teknologi seperti GPS dan IoT, data yang diperoleh dapat digunakan untuk memverifikasi kondisi alat, memberikan peringatan tentang kebutuhan pemeliharaan, serta meningkatkan keberlanjutan operasional alat pertanian[10].

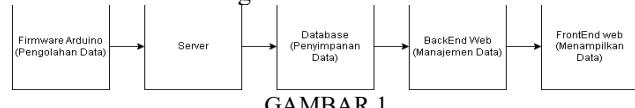
III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan desain sistem dengan fokus pada pengembangan dan implementasi sistem monitoring penggunaan alat pertanian berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *Global Positioning System* (GPS). Sistem yang dikembangkan bertujuan untuk memantau kondisi dan lokasi alat pertanian yang dipinjamkan kepada kelompok tani di Provinsi Jawa Barat. Sistem ini mengintegrasikan berbagai komponen teknologi, termasuk sensor untuk memantau status alat, modul GPS untuk pelacakan posisi, dan modul

komunikasi GSM untuk pengiriman data secara real-time ke server[11].

Desain sistem ini dirancang untuk memudahkan pengawasan alat pertanian yang dipinjamkan, termasuk pemantauan kondisi teknis alat, lokasi, dan jadwal pemeliharaan. Penelitian ini akan mengembangkan prototipe sistem yang dapat diimplementasikan secara praktis oleh UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat.

A. Gambaran Rancangan Sistem



Gambaran Rancangan Sistem

Pada Gambar 3.1 adalah proses dimulainya sistem dari *firmware Arduino* yang dirancang untuk mengolah data dari modul GPS. *Firmware Arduino* ini digunakan untuk memproses koordinat lokasi, memformat data, dan mempersiapkan informasi untuk dikirimkan melalui modul komunikasi. Server berperan sebagai penghubung utama pada sistem. Setelah menerima data dari modul SIM800L, server melakukan validasi dan pemrosesan awal. Sistem kemudian meneruskan data ke *database* untuk penyimpanan permanen. *Database* dirancang untuk menyimpan riwayat lokasi, mencatat waktu, koordinat, dan informasi tambahan yang diperlukan untuk pelacakan. *Backend web* yang mengatur seluruh logika bisnis aplikasi. *Backend web* bertanggung jawab mengambil data dari *database*, melakukan autentikasi pengguna, dan mempersiapkan informasi untuk ditampilkan. *Frontend web* kemudian mengambil data dari *backend* untuk menciptakan antarmuka visual yang interaktif, menampilkan peta, riwayat perjalanan, dan memberikan pengalaman pengguna sehingga dapat melihat posisi terkini dari mesin-mesin dan mekanisasi alat pertanian yang dipantau.

Dalam metode pengukuran akurasi dalam mendeteksi lokasi dari mesin-mesin ini adalah dengan membandingkan hasil dari pembacaan dari sensor GPS dengan kondisi real dari lokasi mesin-mesin pertanian tersebut. Sensor GPS ini mengidentifikasi lokasi geografis dengan tepat dengan menggunakan jaringan satelit. Proses ini dimulai ketika sensor GPS menerima sinyal dari setidaknya empat satelit yang mengorbit bumi, masing-masing mengirimkan data tentang posisi dan waktu. Untuk mengetahui jarak antara sensor dan masing-masing satelit, metode triangulasi digunakan untuk menghitung jarak antara mereka dengan menggunakan perbedaan waktu tempuh sinyal yang dikirim oleh sensor. Setelah mendapatkan jarak dari beberapa satelit, sensor GPS menghitung lokasi perangkat[12].

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

Dimana x_1, y_1 adalah koordinat awal dan x_2, y_2 adalah koordinat akhir yang diperoleh dari GPS[13]. Pada spesifikasi Sistem Navigasi dalam pengembangan “Monitoring Penggunaan mesin – mesin dan Mekanisme Alat Pertanian pada UPTD Balai Pengembangan Mekanisme Pertanian Provinsi Jawa Barat” dibutuhkan sistem navigasi yang efektif digunakan pada alat tani. Tabel 2.2 menyajikan perbandingan spesifikasi dari 3 alternatif modul GPS yang

memiliki karakteristik masing-masing yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik sistem, hal ini berbanding lurus dengan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 21 Tahun 2023 tentang Taksi Alat dan Mesin Pertanian (Alsintan) yang mempunyai tujuan utama meningkatkan efisiensi, produktivitas serta daya saing dalam sektor pertanian secara optimal[7].

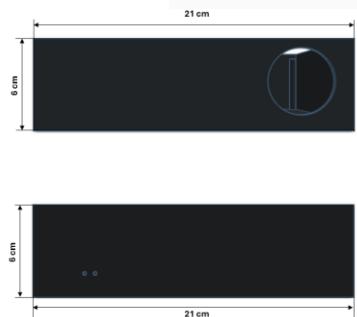
B. Desain Perancangan Perangkat Keras

Untuk melindungi ketiga komponen elektronik ini, seluruh sistem ditempatkan di dalam kotak hitam khusus yang dirancang pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4. Desain kotak ini sangat penting mengingat lingkungan kerja mesin pertanian yang sering kali basah, berlumpur, dan memiliki paparan debu serta kotoran yang tinggi. Bahan yang digunakan pada kotak hitam ini menggunakan bahan tahan air dan guncangan, dengan seal karet yang memastikan tidak ada air atau partikel asing yang dapat masuk dan merusak sistem elektronik di dalamnya. Dengan konfigurasi ini, sistem monitoring dapat beroperasi secara optimal di berbagai kondisi lapangan, memberikan informasi akurat tentang penggunaan, lokasi, dan status mesin pertanian kepada UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat..



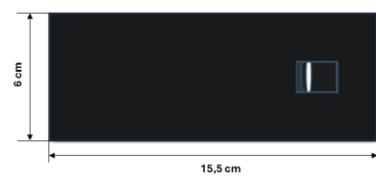
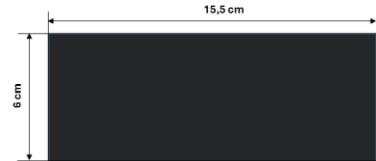
GAMBAR 2
Desain Tampak Atas

Pada Gambar 3.2 adalah tampilan tampak atas dari desain perangkat keras dalam gambar tersebut menunjukkan dimensi dari kotak alat yang dibuat memiliki panjang adalah 21 cm dan pada memiliki lebar 15.5 cm.



GAMBAR 3
Desain Tampak Depan dan Belakang

Pada Gambar 3.3 adalah tampilan depan dan belakang menampilkan tampilan depan dan belakang dari kota yang akan didesain kota ini pada bagian depan memiliki lubang untuk memasangkan kipas untuk menstabil suhu di dalam kotak tersebut dan pada bagian belakang 2 lubang kecil yang berfungsi untuk lubang kabel yang akan di pasangkan kabel yang dihubungkan ke akumulator dan kota ini memiliki panjang 21 cm dan tinggi 6 cm.

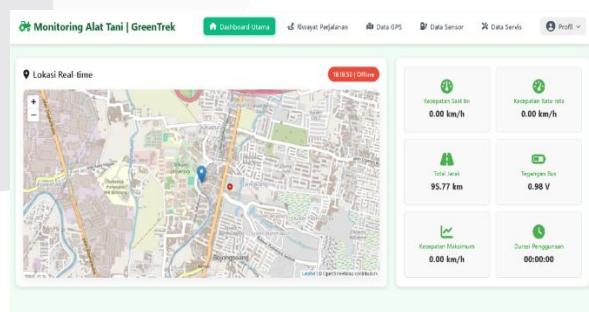


GAMBAR 4
Desain Tampak Kiri dan Kanan

Pada Gambar 3.4 adalah tampilan tampak kiri dan kanan menampilkan tampilan dari bagian kiri dan kanan kotak, pada bagian kanan terdapat lubang yang berfungsi sebagai tempat dipasangkan saklar yang mengatur hidup dan matinya sistem dan kotak ini memiliki tinggi 6 dan memiliki lebar 15.5 cm.

C. Desain Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak GreenTrek dirancang untuk menjadi platform pemantauan alat pertanian yang intuitif dan *user-friendly*, sehingga memudahkan pengguna dalam mengakses data posisi, kondisi teknis, dan jadwal pemeliharaan alat secara *real-time*. Sistem ini mengintegrasikan data dari modul GPS, sensor tegangan, dan modul komunikasi GSM yang terpasang pada alat pertanian ke dalam antarmuka web yang interaktif, menampilkan informasi secara visual melalui peta digital dan *dashboard* yang informatif. Pengguna dapat memantau lokasi alat secara langsung, melihat riwayat penggunaan, dan menerima notifikasi terkait kondisi baterai atau jadwal servis, sehingga pengawasan menjadi lebih efisien dan akurat. Desain GreenTrek juga memperhatikan aspek keamanan data dengan enkripsi saat transmisi, kontrol akses yang jelas, serta struktur *database* yang mendukung pengelolaan informasi secara sistematis. Dengan pendekatan ini, *website* GreenTrek tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga sebagai media pengambilan keputusan yang dapat membantu UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian dalam mengelola alat pertanian secara efektif dan berkelanjutan.



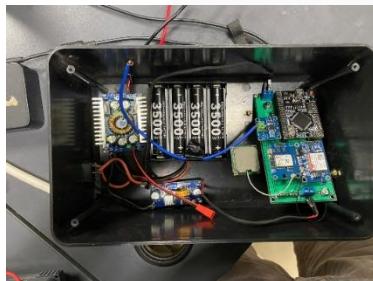
GAMBAR 5
Tampilan Dashboard GreenTrek

Pada Gambar 3.5 ini menampilkan *Dashboard* GreenTrek dirancang untuk memberikan tampilan yang jelas dan komprehensif mengenai status seluruh alat pertanian yang dipantau. Setiap elemen pada *dashboard* menampilkan informasi penting secara *real-time*, mulai dari lokasi alat pada peta digital, kondisi baterai, hingga riwayat penggunaan dan jadwal pemeliharaan. Antarmuka ini dilengkapi dengan

visualisasi yang mudah dipahami, termasuk grafik dan tabel yang membantu pengguna dalam menilai performa alat secara cepat dan akurat. Fitur navigasi yang intuitif memungkinkan pengelola untuk beralih antar halaman data, mengakses detail tiap alat, serta memanfaatkan fungsi notifikasi untuk peringatan dini terkait kondisi kritis alat pertanian. Dengan demikian, GreenTrek tidak hanya menyajikan data, tetapi juga meningkatkan kemampuan pengambilan keputusan yang berbasis informasi akurat dan memudahkan koordinasi operasional di lapangan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pemantauan penggunaan mesin-mesin dan mekanisasi alat pertanian pada UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat dirancang untuk memantau lokasi dan kondisi alat pertanian yang dipinjamkan kepada kelompok tani. Sistem ini menggunakan modul GPS Ublox NEO-6M untuk mendeteksi posisi alat secara akurat, yang kemudian dikirimkan melalui modul GSM SIM800L untuk komunikasi jarak jauh. Mikrokontroler Arduino Mega Pro Mini 2560 berperan sebagai pengolah data dari GPS dan pengatur komunikasi, serta menampilkan informasi pada *website* yang sedang dikembangkan. Sumber daya sistem diperoleh dari aki traktor dan baterai pada alat sistem *monitoring* tersebut, arus dan tegangan yang masuk ke mikrokontroler dan sensor-sensor disesuaikan dengan menggunakan modul penurun tegangan. Dengan sistem ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan alat, mempermudah pemeliharaan, serta membantu pemerintah dalam mengelola dan mengawasi alat pertanian yang dipinjamkan kepada kelompok tani[14][15].



GAMBAR 6
Tampilan Dalam Perangkat Keras

Pada Gambar 4.1 menampilkan tampilan alat ketika sudah di integrasikan antar sensor, mikrokontroller dan modul bagian ini juga menjelaskan integrasi perangkat keras yang melibatkan komponen-komponen seperti modul GPS Ublox NEO-6M, modul GSM SIM800L, Arduino Mega 2560, dan sensor INA219 pada alat pertanian yang berbeda. Integrasi ini dilakukan dengan memperhatikan kondisi fisik alat, ruang yang tersedia, serta kemudahan dalam mengakses sumber daya dari aki traktor atau alat pertanian yang digunakan sebagai sumber daya utama.

A. Implementasi Uji Coba GPS

Analisa akurasi modul GPS pada sistem monitoring alat pertanian yang dikembangkan merupakan tahapan krusial untuk memvalidasi performa modul GPS yang terintegrasi dengan perangkat. Uji coba ini dilakukan secara *outdoor* di area situ techno Universitas Telkom untuk memastikan

perangkat dapat memperoleh sinyal satelit GPS secara optimal tanpa hambatan fisik yang signifikan[16].

TABEL 1
Ujicoba 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
10	-6.973477	107.63187	-6.973417	107.631894	7.18
Rata - rata (meter)					3.784

Setelah melakukan pengujian akurasi di lingkungan *outdoor*, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi performa modul GPS pada sistem *monitoring* alat pertanian dalam kondisi *indoor*. Uji coba ini krusial untuk memahami batasan akurasi sistem ketika berada di dalam ruangan, di mana sinyal satelit Global Positioning System (GPS) sering kali terhalang atau terdegradasi.

TABEL 2
Ujicoba 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
8	-6.974861	107.63385	-6.974742	107.633806	14.10
9	-6.974857	107.63386	-6.974750	107.633740	17.80
10	-6.974853	107.63387	-6.974765	107.633750	16.47
Rata - rata (meter)					17.07

Dengan rata-rata selisih jarak 17.07 meter, akurasi GPS pada sistem yang dibuat saat berada di lingkungan *indoor* mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan dengan pengujian *outdoor* (rata-rata 3.784 meter). Selisih jarak di atas 10 meter untuk penggunaan GPS *indoor* adalah hal yang umum terjadi. Lingkungan *indoor* (gedung, ruangan) secara drastis menghalangi atau memantulkan sinyal satelit GPS (fenomena *multipath*), sehingga menyebabkan kualitas sinyal

menurun drastis dan akurasi posisi menjadi rendah. Terkadang, perangkat bahkan tidak dapat memperoleh posisi sama sekali. Nilai 17.07 meter ini mengindikasikan bahwa meskipun sistem masih mampu memberikan estimasi posisi, tingkat presisinya tidak dapat diandalkan untuk aplikasi yang memerlukan akurasi tinggi di dalam ruangan.

Pengujian akurasi tegangan pada modul INA219 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan tegangan yang diukur oleh modul INA219 dengan hasil pengukuran yang diperoleh menggunakan multimeter digital. Perbandingan ini dilakukan pada berbagai tingkat tegangan untuk mengevaluasi konsistensi dan keandalan pembacaan modul INA219 dalam kondisi operasional yang berbeda.



GAMBAR 7
Ujicoba Sensor INA219

Pada Gambar 4.2 merupakan pengujian sensor INA219 dibandingkan secara langsung dengan multimeter sebagai alat ukur referensi untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan tegangan bus. Pengukuran dilakukan pada lima waktu berbeda, mulai dari pukul 15:25:22 hingga 15:56:22 pada tanggal 22 Juni 2025. Sensor INA219 mencatat tegangan bus antara 14.91V hingga 15.04V sedangkan multimeter menunjukkan hasil yang lebih konsisten di sekitar 15.04 V dengan satu pembacaan sebesar 15.04V.

Secara umum, hasil pembacaan INA219 cenderung lebih tinggi dibandingkan multimeter. Rata-rata tegangan yang terbaca oleh INA219 adalah sekitar 15.04V sedangkan rata-rata hasil pengukuran multimeter adalah 14.59V sehingga terdapat selisih rata-rata sekitar 0.31V. Selisih ini cukup konsisten di seluruh pengukuran, menunjukkan adanya deviasi sistematis dari sensor INA219, bukan kesalahan acak[17].

Penyebab perbedaan ini dapat berasal dari beberapa faktor, seperti belum dilakukannya kalibrasi pada sensor INA219, kemungkinan adanya perbedaan nilai referensi tegangan internal pada sensor dibandingkan dengan 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. Untuk menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan pembacaan sistem monitoring pada sensor INA219 dapat digunakan rumus MSE dan RMSE untuk menunjukkan keakuratan pada sensor[18].

TABEL 3
Perhitungan MSE dan RMSE

NO	Sensor (Y)	Multimeter (\hat{Y})	(Y - \hat{Y})	(Y - \hat{Y}) 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

Pada Tabel 4.3 perhitungan MSE dan RMSE menyajikan hasil evaluasi akurasi sistem monitoring alat pertanian dengan membandingkan data posisi alat yang dilaporkan oleh modul GPS terhadap posisi aktual di lapangan. Nilai MSE menunjukkan rata-rata kuadrat selisih antara data prediksi dan data aktual, sehingga memberikan gambaran keseluruhan besarnya kesalahan sistem, sedangkan RMSE merupakan akar kuadrat dari MSE yang menormalkan kesalahan ke satuan asli, memudahkan interpretasi hasil. Dengan melihat tabel ini, dapat diidentifikasi tingkat keandalan sistem dalam memantau posisi alat secara real-time, serta mengetahui apakah deviasi posisi masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk operasional lapangan.

Perhitungan MSE

$$\begin{aligned} \sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2 &= 0.1024 + 0.0900 + 0.0400 + 0.0144 + 0.0400 \\ &= 0.2868 \\ \text{MSE} &= \frac{1}{N} \sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \frac{1}{5} \times 0.2868 = 0.05736 \end{aligned}$$

Perhitungan Mean Squared Error (MSE) dan Root Mean Squared Error (RMSE) digunakan untuk mengukur akurasi data yang diperoleh dari sistem monitoring, terutama dalam menentukan perbedaan antara posisi alat pertanian yang diprediksi oleh modul GPS dengan posisi sebenarnya di lapangan. MSE diperoleh dengan menghitung rata-rata kuadrat selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual, sehingga memberikan gambaran tentang seberapa besar kesalahan sistem secara keseluruhan[18].

Perhitungan RMSE

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

Dari nilai RMSE = 0.2395 V menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan pembacaan pada sensor INA219 cukup kecil yang berarti sensor ini berjalan dengan cukup akurat dalam pembacaannya dengan perbandingan menggunakan multimeter.

Sedangkan RMSE merupakan akar kuadrat dari MSE, yang menormalkan kesalahan ke satuan asli sehingga lebih mudah diinterpretasikan. Dengan menggunakan MSE dan RMSE, peneliti dapat mengevaluasi kinerja sistem GPS dan sensor alat pertanian secara kuantitatif, mengidentifikasi deviasi yang signifikan, dan menentukan tingkat keandalan sistem dalam pemantauan posisi dan penggunaan alat pertanian secara real-time[18].

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem monitoring penggunaan mesin-mesin dan mekanisasi alat pertanian pada UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat terbukti efektif dalam memantau lokasi, kondisi teknis, dan jadwal pemeliharaan alat secara real-time

menggunakan teknologi IoT yang terintegrasi dengan GPS dan modul komunikasi GSM. Sistem ini mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan alat pertanian, meminimalkan risiko kerusakan atau kehilangan, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat bagi pengelola UPTD. Hasil pengujian menunjukkan akurasi tinggi pada pelacakan posisi alat dan konsistensi pengiriman data, sementara pemantauan tegangan baterai memastikan alat tetap beroperasi optimal. Dengan penerapan sistem ini, pengawasan alat pertanian menjadi lebih terstruktur, pemeliharaan dapat dilakukan secara tepat waktu, dan distribusi alat kepada kelompok tani lebih efisien, sehingga secara keseluruhan sistem berkontribusi pada peningkatan efektivitas, keamanan, dan keberlanjutan operasional alat pertanian di lapangan..

REFERENSI

- [1] Yudi Irwanto, "BIG Serahkan Peta NKRI Kepada Kemenkesra," Badan Informasi Geopasal.
- [2] 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.
- [3] I. P. L. Dharma, S. Tansa, and I. Z. Nasibu, "Perancangan Alat Pengendali Pintu Air Sawah Otomatis dengan SIM8001 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Tek.*, vol. 17, no. 1, pp. 40–56, 2019, doi: 10.37031/jt.v17i1.25.
- [4] S. S. Antora, M. A. Alahe, Y. K. Chang, T. Nguyen-Quang, and B. Heung, "Application of a Real-Time Field-Programmable Gate Array-Based Image-Processing System for Crop Monitoring in Precision Agriculture," *AgriEngineering*, vol. 6, no. 3, 2024, doi: 10.3390/agriengineering6030191.
- [5] R. B. Koti and M. S. Kakkasageri, "Reliable Multihop Path Selection Scheme for Vehicle to Internet Communication," 2022, p. 2022, doi: 10.1109/ASIANCON55314.2022.9909019.
- [6] A. C. Momin, Md Abdul;Grift, Tony E.;Valente, Domingos S.;Hansen, "Sugarcane yield mapping based on vehicle tracking," vol. 20, 2019.
- [7] L. Tahunan and K. Pertanian, *Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian*. 2019.
- [8] J. Bacenetti, D. Facchinetti, D. Lovarelli, and D. Pessina, *Environmental Impact Alternatives for Soil Tillage and Sowing: Farmer or Contractor?*, vol. 67, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-39299-4_42.
- [9] V. kumar P *et al.*, "IoT Based Smart Fuel Monitoring System," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 14–20, 2019, doi: 10.35940/ijrte.a1146.078219.
- [10] M. V. Klymenko and A. M. Striuk, "Development of software and hardware complex of GPS-tracking," *Vol. 2832, Pages 115 - 129*, vol. 2832, p. Rih.
- [11] Muhamad Satibi Mulya, I. Yustiana, and I. Lucia Khrisma, "Rancang Bangun Sistem Keamanan dan Monitoring Kendaraan Berbasis IoT dan Mobile Apps," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.)*, vol. 3, no. 2, pp. 58–65, Aug. 2022, doi: 10.37859/COSCITECH.V3I2.3934.
- [12] 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.
- [13] J. Myint Mo Khin and M. Nyein Nyein Oo, "Real-Time Vehicle Tracking System Using Arduino, GPS, GSM and Web-Based Technologies," *Int. J. Sci. Eng. Appl.*, vol. 7, no. 11, pp. 433–436, 2018.
- [14] G. Poornima, C. Parthasarathy, K. Umapathy, T. Dinesh Kumar, M. A. Archana, and N. A. Kumar, "GPS Based Smart Vehicle Tracking and Monitoring System," *2nd Int. Conf. Intell. Cyber Phys. Syst. Internet Things, ICoICI 2024 - Proc.*, pp. 506–511, Aug. 2024, doi: 10.1109/ICOICI62503.2024.10696113.
- [15] D. Wahyudi, A. K. Nalendra, and P. B. Utomo, "Deteksi Lokasi Kendaraan Menggunakan Gps Dan Gsm Berbasis Mikrokontroler," *JAMI J. Ahli Muda Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–12, 2023, doi: 10.46510/jami.v4i1.143.
- [16] D. Lovarelli and J. Bacenetti, "Bridging the gap between reliable data collection and the environmental impact for mechanised field operations," *Biosyst. Eng.*, vol. 160, pp. 109–123, 2017, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2017.06.002.
- [17] D. Rahmawati, H. Sukri, M. A. Alfian, H. Setiawan, and R. Setiawibawa, "RANCANG BANGUN WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK BATTERY MANAGEMENT SYSTEM PADA PENERANGAN JALAN UMUM TENAGA SURYA," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 26, no. 1, pp. 49–58, Apr. 2024, doi: 10.24912/tesla.v26i1.29444.
- [18] 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.,