

Pengembangan Hardware Pelacakan Lokasi Alat Pertanian Menggunakan GPS NEO-6M

1st Aditya Firmansyah Hartono

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

adityafrmsy@student.telkomuniversi
ty.ac.id

2nd Anggunmeka Luhur Prasasti

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

anggunmeka@telkomuniversity.ac.id

3rd Faisal Candrasyah Hasibuan

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

faicanhasfcb@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian menghadapi tantangan dalam pengelolaan alat pertanian yang dipinjamkan kepada kelompok tani di Jawa Barat, khususnya terkait pemantauan penggunaan dan kondisi alat yang belum terintegrasi secara efektif. Untuk menjawab permasalahan ini, dikembangkan sistem monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)* yang memanfaatkan teknologi *Global Positioning System (GPS)* untuk pelacakan lokasi dan modul komunikasi GSM untuk pengiriman data secara real-time. Sistem ini dilengkapi sensor untuk mengukur tegangan AKI serta terhubung dengan platform web, sehingga memudahkan pengawasan jarak jauh dan perencanaan pemeliharaan. Metode pengujian dilakukan dengan mengukur akurasi GPS, tegangan AKI, dan kestabilan pengiriman data. Hasil uji menunjukkan akurasi GPS rata-rata sebesar 17,07 meter meskipun terdapat pengaruh lingkungan, selisih pengukuran tegangan AKI hanya 0,13 V, serta kemampuan modul GSM mengirimkan data konsisten setiap satu menit. Kesimpulannya, penerapan sistem ini mampu meningkatkan efisiensi penggunaan, mempermudah perawatan berkala, dan memperkuat pengawasan sehingga peralatan pertanian tetap optimal dan memiliki umur pakai lebih panjang.

Kata kunci— alat pertanian, balai pengembangan mekanisasi, Global Positioning System, Internet of Things (IoT), sistem monitoring

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan 13.466 pulau, luas daratan 1.922.570 km², dan wilayah perairan 3.257.483 km², sebagaimana tercatat dalam informasi geospasial Badan Informasi Geospasial (BIG) [1]. Selain wilayah yang luas, Indonesia memiliki sumber daya alam melimpah, seperti air, lahan, dan hutan, yang memberikan manfaat besar bagi masyarakat, khususnya di sektor pertanian[2]. Pertanian modern kini mulai mengurangi penggunaan tenaga kerja manual dengan memanfaatkan alat berat dan teknologi otomatisasi [2]. Untuk mendukung produktivitas pertanian, pemerintah menyediakan fasilitas berupa peralatan seperti traktor dan mesin bajak yang dipinjamkan kepada kelompok tani di seluruh wilayah [3][4]. Namun, terdapat oknum yang tidak menjaga peralatan tersebut, sehingga menyulitkan pemerintah dalam pelacakan dan pengelolaannya[5]. Berdasarkan permasalahan tersebut, dikembangkan Project Capstone Design “Sistem Monitoring Alat Pertanian” yang berfokus di Provinsi Jawa Barat. Proyek ini menggunakan perangkat IoT yang terhubung ke situs web untuk memantau

lokasi, jenis, dan kondisi alat pertanian, sehingga diharapkan dapat mempermudah pengawasan serta meningkatkan akuntabilitas pengelolaan peralatan yang dipinjamkan.

II. KAJIAN TEORI

A. Sistem Navigasi

Sistem ini menekankan kemampuan untuk mendeteksi alat pertanian secara *real-time* melalui perangkat berbasis web maupun *mobile*, dengan memanfaatkan berbagai sistem pendeteksi navigasi. Modul GPS Neo-6M dipilih sebagai komponen utama dalam pengembangan sistem monitoring alat pertanian karena memiliki harga yang relatif terjangkau dan spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan sistem [6][7]. Modul ini populer berkat keandalan serta kompatibilitasnya dengan berbagai platform, seperti Arduino dan Raspberry Pi [8]. Dengan tingkat akurasi mencapai 2.5 meter, modul ini sangat ideal digunakan untuk proyek pemetaan dan aplikasi robotika dasar.

B. Sistem mikrokontroler

Sistem ini berfungsi sebagai komponen utama dalam pengembangan sistem monitoring alat pertanian di UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat. Pemilihan mikrokontroler pada perangkat ini harus memperhatikan sejumlah aspek penting, seperti ukuran perangkat, jumlah pin yang tersedia, dan biaya setiap jenis mikrokontroler. Arduino Mega Pro Mini 2560 dipilih sebagai pilihan paling tepat untuk pembuatan sistem monitoring ini karena memiliki jumlah pin yang memadai serta spesifikasi yang sesuai untuk memenuhi seluruh kebutuhan sistem[9].

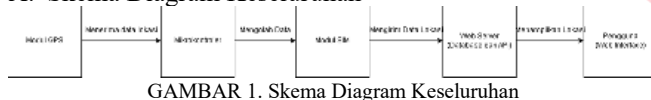
C. Modul penghubung komunikasi

Perancangan sistem monitoring alat pertanian pada UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat memerlukan sistem komunikasi yang mampu mengirimkan data secara *real-time* guna menghindari kesalahan atau keterlambatan informasi terkait posisi alat pertanian yang terdeteksi. Modul komunikasi serial yang digunakan tidak memiliki algoritma bawaan untuk logika aplikasi, namun mendukung protokol komunikasi standar yang memberikan fleksibilitas sesuai kebutuhan sistem [10][11]. Modul yang dinilai paling tepat adalah SIM800L, karena harganya relatif terjangkau dan telah dilengkapi dengan teknologi GPRS *Class 12*, yang memadai untuk berfungsi sebagai modul komunikasi utama pada sistem monitoring alat pertanian.

III. METODE

Untuk meningkatkan keamanan mesin-mesin pertanian yang dipinjam oleh kelompok tani, beberapa aspek penting perlu diperhatikan dalam sistem "Monitoring Penggunaan Mesin dan Mekanisasi Alat Pertanian pada UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat." Sistem ini memungkinkan petani atau pemilik traktor untuk memantau dan mengontrol mesin traktor serta posisi kendaraan secara *real-time* dengan biaya yang relatif rendah [4]. Keakuratan informasi sangat krusial, di mana posisi kendaraan harus ditampilkan dengan ketepatan kurang dari 10 meter. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan perbedaan jarak minimum 6.16 meter, maksimum 62.59 meter, dan rata-rata 19.99 meter dalam akurasi data GPS untuk sistem pengamanan kendaraan [6][7]. Sistem ini juga dirancang untuk dapat beroperasi dalam jangka waktu yang lama dengan dukungan daya baterai yang cukup. Integrasi dengan Battery Management System (BMS) akan meningkatkan umur dan efisiensi baterai dengan memonitor berbagai parameter seperti tegangan, arus, dan suhu, serta memungkinkan pemantauan dan pengelolaan data secara *real-time* menggunakan teknologi IoT[12].

A. Skema Diagram Keseluruhan



GAMBAR 1. Skema Diagram Keseluruhan

Pada Gambar 1, proses dimulai dengan modul GPS yang menangkap data lokasi, termasuk koordinat latitude dan longitude. Data ini kemudian diproses oleh Arduino sebagai mikrokontroler yang mengelola informasi yang diterima. Setelah itu, Arduino mengirimkan data lokasi ke modul SIM800L, yang bertugas mengirimkan informasi tersebut ke server web melalui jaringan GSM. Setelah data diterima oleh server web, informasi lokasi disimpan dalam *database* untuk akses dan pengolahan lebih lanjut. *Database* ini menyimpan seluruh data lokasi yang diterima, sehingga dapat diakses kapan saja. Pengguna dapat mengakses antarmuka *website* yang dirancang untuk menampilkan informasi lokasi secara *real-time*. Melalui antarmuka ini, pengguna dapat memantau posisi terkini dari mesin dan alat pertanian yang sedang dipantau. Secara keseluruhan, sistem ini menciptakan ekosistem yang memungkinkan pemantauan lokasi secara efisien. Dengan menggunakan modul GPS, sistem dapat menentukan koordinat geografis kendaraan dengan presisi tinggi. Selanjutnya, dengan memanfaatkan jaringan GSM, informasi lokasi tersebut dapat dikirimkan secara langsung ke perangkat *mobile* atau komputer untuk memantau posisi kendaraan yang sedang beroperasi.

B. Pengukuran/Verifikasi Spesifikasi

Metode pengukuran akurasi dalam mendeteksi lokasi mesin-pertanian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan dari sensor GPS dengan kondisi nyata lokasi mesin tersebut. Sensor GPS mengidentifikasi lokasi geografis secara akurat dengan memanfaatkan jaringan satelit[2][13].

$$Distance = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

Spesifikasi sistem navigasi dalam pengembangan "Monitoring Penggunaan Mesin-Mesin dan Mekanisasi Alat Pertanian pada UPTD Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat" memerlukan sistem navigasi yang efektif dan sesuai untuk digunakan pada alat pertanian[14].

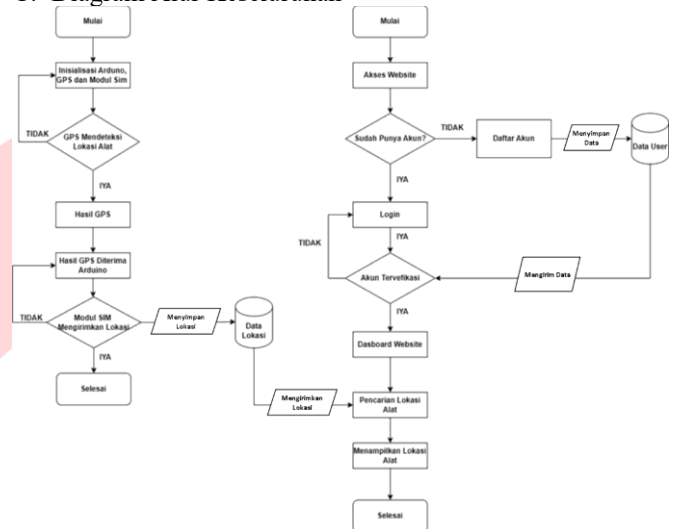
$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (2)$$

Dengan menggunakan rumus MSE ini dapat mengetahui selisih nilai aktual (Y_i) dan prediksi ($\hat{Y}_i$) dan pengguna akan mendapatkan rata-rata dari kuadrat selisih tersebut. RMSE memiliki unit yang sama dengan data, sehingga lebih mudah diinterpretasikan dalam konteks pemantauan data, seperti keakuratan nilai pada sistem GPS[15].

$$\Delta V_{total} = V_{awal} - V_{akhir} \quad (3)$$

Pengukuran penurunan daya voltase pada baterai dapat dihitung menggunakan rumus sederhana yang berasal dari konsep selisih tegangan (*voltage drop*) dalam sistem kelistrikan dan elektronika dasar.

C. Diagram Alur Keseluruhan



GAMBAR 2. Diagram Alur Keseluruhan

Gambar 2 menunjukkan diagram alur cara kerja alat dan website monitoring. Flowchart ini dimulai dengan pengguna yang harus memiliki akun terdaftar. Jika belum terdaftar, pengguna akan diarahkan ke halaman pendaftaran. Data pengguna kemudian disimpan di server. Setelah terdaftar, pengguna dapat login dan diverifikasi dengan mengambil data dari server. Setelah verifikasi berhasil, pengguna dapat mengakses dashboard website untuk mencari lokasi alat. Lokasi alat ditampilkan dengan mengambil data dari server lokasi, yang diperoleh dari alat yang sedang beroperasi. Modul GPS akan mendeteksi lokasi mesin, dan data lokasi yang berhasil diterima oleh Arduino akan dikirimkan ke server data lokasi melalui modul SIM. Jika pengiriman berhasil, alat akan terus memantau lokasi secara *real-time* jika gagal, proses akan diulang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sistem monitoring mesin pertanian yang dibangun, keakuratan informasi sangat penting untuk mendeteksi posisi mesin-mesin tersebut. Integritas alat sangat menentukan kinerja sensor dan implementasi desain perangkat yang dipasang pada mesin pertanian. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan mesin-mesin pertanian harus memenuhi standar dan fitur yang memadai untuk memastikan deteksi *real-time* yang akurat. Selain itu, teknologi pemantauan dalam sistem ini juga harus memiliki daya tahan yang cukup untuk mendukung operasional yang berkelanjutan serta memenuhi standar industri yang berlaku dalam implementasinya.

1. Pengujian Modul GPS Neo 6M

Analisis akurasi modul GPS dalam sistem monitoring alat pertanian yang dikembangkan adalah langkah penting untuk memvalidasi kinerja modul GPS yang terintegrasi dengan perangkat. Uji coba dilakukan di luar ruangan di area Danau Galau, Telkom University, untuk memastikan perangkat dapat menerima sinyal satelit GPS secara optimal tanpa gangguan fisik yang signifikan. Metode pengujian yang digunakan adalah membandingkan data koordinat (lintang dan bujur) yang dihasilkan oleh modul GPS dalam sistem monitoring dengan data koordinat referensi dari aplikasi GPS pada *smartphone* standar yang digunakan sehari-hari. *Smartphone* dipilih sebagai referensi karena kemudahan penggunaan dan keandalan chipset GPS yang umum digunakan di pasaran.

TABEL 1. Pengujian 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

Tabel 1 dilakukan di lingkungan *outdoor*, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi performa modul GPS pada sistem monitoring alat pertanian dalam kondisi *indoor*. Uji coba ini penting untuk memahami batasan akurasi sistem saat berada di dalam ruangan, di mana sinyal satelit GPS sering terhalang atau terdegradasi. Pengujian *indoor* dilakukan di sebuah ruangan di gang PGA, Lengkong, Bojongsoang, Kabupaten Bandung, yang memiliki atap dan dinding yang membatasi pandangan langsung ke langit (*Line-of-Sight/LoS*) terhadap satelit GPS. Sama seperti pengujian outdoor, metode yang digunakan adalah membandingkan koordinat yang dihasilkan oleh modul GPS dengan koordinat referensi dari aplikasi GPS pada *smartphone*. Pengambilan data dilakukan pada satu titik di dalam ruangan dengan 10 kali pengambilan data di setiap titik untuk mencatat fluktuasi akurasi.

TABEL 2. Pengujian Indoor

No	Hasil Pengujian Sistem		Hasil Pemantauan Aplikasi Smartphone		Selisih Jarak (meter)
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
1	-	107.6339	-	107.633788	18.68
2	-	107.6339	-	107.633741	20.90
3	-	107.6339	-	107.633741	20.31
4	-	107.6339	-	107.633766	17.32
5	-	107.6339	-	107.633797	16.14
6	-	107.63388	-	107.633806	14.99
7	-	107.63384	-	107.633806	13.97
8	-	107.63385	-	107.633806	14.10
9	-	107.63386	-	107.633740	17.80
10	-	107.63387	-	107.633750	16.47
Rata - rata (meter)					17.07

Pada Tabel 2, dengan rata-rata selisih jarak sebesar 17,07 meter, akurasi GPS pada sistem yang dikembangkan mengalami penurunan signifikan saat berada di lingkungan indoor, dibandingkan dengan pengujian outdoor pada Tabel 1 yang menghasilkan rata-rata 3,784 meter. Selisih jarak di atas 10 meter pada penggunaan GPS indoor adalah hal yang umum, karena lingkungan dalam ruangan (seperti gedung atau ruangan) secara signifikan menghalangi atau memantulkan sinyal satelit GPS (fenomena *multipath*), yang menyebabkan kualitas sinyal menurun dan akurasi posisi berkurang. Dalam beberapa kasus, perangkat bahkan tidak dapat memperoleh fix posisi sama sekali. Nilai 17,07 meter ini menunjukkan bahwa meskipun sistem masih dapat memberikan estimasi posisi, tingkat presisinya tidak dapat diandalkan untuk aplikasi yang membutuhkan akurasi tinggi di dalam ruangan.

2. Pengujian Modul Sim 800L

Pengujian komunikasi GSM SIM800L bertujuan untuk memastikan kemampuan modul ini dalam mengirimkan data melalui komunikasi GSM/GPRS. Modul GSM SIM800L sangat penting untuk keberhasilan sistem ini karena berperan dalam pengiriman data secara *real-time* [2]. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan kemampuan SIM800L dalam mengirimkan data yang ditampilkan pada website sistem. Proses pengujian melibatkan pemantauan keberhasilan koneksi SIM800L dalam mengirimkan data ke database website monitoring sistem dalam interval waktu tertentu. Sistem mengirimkan data ke database website setiap menit, dan pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi apakah SIM800L dapat melakukan pengiriman data secara *real-time*.

Data GPS Terbaru

Waktu	Latitude	Longitude
2025-06-22 12:17:14	-6.974398	107.633060
2025-06-22 12:16:56	-6.974398	107.633060
2025-06-22 12:16:38	-6.974398	107.633060
2025-06-22 12:16:14	-6.974398	107.633060
2025-06-22 12:15:57	-6.974398	107.633060

GAMBAR 3. Data GPS

Berdasarkan Gambar 3, data GPS yang telah ter-update memiliki rentang waktu 30-60 detik untuk melakukan pembaruan waktu. Gambar 3 juga menunjukkan identifikasi keberhasilan modul SIM800L dalam mengirimkan data yang diperoleh dari modul GPS. Pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali untuk memastikan keberhasilan modul SIM800L dalam mengirimkan data tersebut.

3. Perbandingan Sensor INA219 dengan Multimeter

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



GAMBAR 4. Perbandingan Sensor dengan Multimeter

Pada Gambar 4 merupakan pengujian sensor INA219 dibandingkan secara langsung dengan multimeter sebagai alat ukur referensi untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan tegangan bus. 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. Untuk menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan pembacaan sistem monitoring pada sensor INA219 dapat digunakan rumus MSE dan RMSE untuk menunjukkan keakuratan pada sensor.

TABEL 3. Perbandingan Pengukuran dengan Kuadrat Selisih

NO	Sensor (Y)	Multimeter (Ȳ)	(Y - Ȳ)	(Y - Ȳ) 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

Perhitungan MSE

$$\sum (Y_i - \bar{Y}_i)^2 = 0.1024 + 0.0900 + 0.0400 + 0.0144 + 0.0400 = 0.2868$$

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

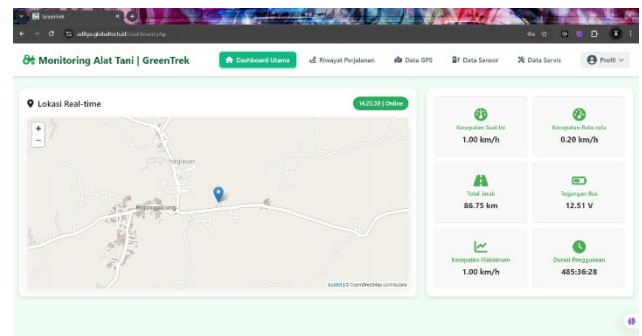
Perhitungan RMSE

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

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

4. Implelementasi dan Pengujian di Alat Pertanian

Pada tanggal 26 Juni 2025, dilakukan pengujian langsung di alat pertanian pada Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian Provinsi Jawa Barat yang berlokasi di Jl. Darmaga Timur Kecamatan Bojongpicung Kabupaten Cianjur Provinsi Jawa Barat.



GAMBAR 5. Tangkapan Layar Aplikasi Monitoring Alat Tani

Berdasarkan Gambar 5, alat pertanian yang dilengkapi dengan sistem monitoring telah berhasil mengirimkan pembaruan lokasi secara *real-time*, yang terlihat jelas pada sistem pemantauan. Lokasi yang ditampilkan menunjukkan posisi alat pertanian yang akurat di area sekitar Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian, memungkinkan pemantauan yang lebih transparan dan efisien terhadap pergerakan serta penggunaan alat tersebut. Sistem ini memanfaatkan teknologi GPS yang terus memperbarui posisi alat secara otomatis, memberikan data langsung yang memudahkan pengelola dalam memantau alat pertanian yang telah dipinjamkan kepada kelompok tani.



GAMBAR 6. Perbandingan Keluaran Data Tegangan dengan Multimeter

Pada Gambar 6, ditunjukkan perbandingan antara pembacaan sensor dan multimeter untuk mengukur tegangan yang terdeteksi. Berdasarkan pengamatan, pembacaan sensor menunjukkan nilai stabil pada 12.52 V, sementara pembacaan multimeter mencatatkan angka sedikit lebih tinggi, yaitu 12.65 V. Dengan demikian, selisih antara kedua alat tersebut adalah 0.13 V (1,04%). Data tegangan ini dapat digunakan untuk memantau kondisi baterai aki dari alat pertanian yang dipinjam.

5. Analisis Ketahanan Sistem Baterai

Pengujian ketahanan daya baterai pada sistem pemantauan alat pertanian dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana daya tahan baterai dalam mendukung kinerja sistem, terutama saat tidak ada pengisian dari aki traktor. Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan sistem dapat memantau kondisi dan aktivitas peralatan pertanian secara berkelanjutan dalam jangka waktu yang panjang.

TABEL 4. Tegangan Baterai

No.	Keterangan Waktu	Tegangan Pada Baterai Sistem
1.	15:40	5.92V
2.	17:40	5.80V
3.	18:40	5.78V
4.	19:40	5.76V
5.	20:40	5.74V

Pada Tabel 4, secara keseluruhan terjadi penurunan tegangan sebesar 0.18 V selama periode 5 jam, yang berarti rata-rata penurunan per jam sekitar 0.036 V. Penurunan ini

tergolong lambat dan stabil, menunjukkan bahwa sistem menggunakan daya secara efisien dan beban yang terhubung tidak membebani baterai secara signifikan. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa baterai memiliki ketahanan yang baik dalam menopang sistem selama periode pengujian. Tidak ada penurunan tajam atau mendadak pada tegangan, yang menunjukkan bahwa baterai masih dalam kondisi sehat dan sistem berjalan dengan efisien.

Dalam dunia sistem monitoring berbasis baterai, mengetahui seberapa lama daya dapat bertahan sebelum melemah menjadi sangat penting. Untuk itu, dilakukan pengamatan terhadap tegangan baterai sistem selama beberapa jam guna mengevaluasi ketahanannya. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan beberapa rumus sederhana yang menggambarkan kondisi daya dan penurunannya secara kuantitatif. Total penurunan tegangan berdasarkan data di atas adalah dari 5.92 V pada pukul 15:40 menjadi 5.74 V pada pukul 20:40

$$\Delta V_{\text{total}} = V_{\text{awal}} - V_{\text{akhir}} = 5.92\text{V} - 5.74\text{V} = 0.18\text{V}$$

Baterai mengalami penurunan tegangan dengan penurunan tegangan pada baterai dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$\Delta V = \frac{0.18\text{V}}{5 \text{ jam}} = 0.036\text{V/jam}$$

Dari hasil perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem cukup efisien dalam penggunaan daya karena tegangan baterai hanya mengalami penurunan sebesar 36 mV. Estimasi total ketahanan baterai dapat dihitung untuk memperkirakan waktu penggunaan baterai secara terus-menerus hingga mencapai tegangan minimum operasional sistem. Tegangan baterai dalam kondisi penuh adalah 8 V.

$$\text{Total Penggunaan} = \frac{V_{\text{total}} - V_{\text{akhir}}}{\Delta V} = \frac{8 - 5.74}{0.036} \approx 62\text{jam}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat diperkirakan bahwa baterai ketika dalam kondisi penuh dapat bertahan selama ± 62 jam sebelum mencapai batas tegangan minimumnya.

REFERENSI

- [1] Yudi Irwanto, "BIG Serahkan Peta NKRI Kepada Kemenkokesra," *Badan Informasi Geopasal*. <https://www.big.go.id/content/berita/big-serahkan-peta-nkri-kepada-kemenkokesra>
- [2] 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.
- [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. Kebijak. 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] 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.
- [6] 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.
- [7] M. Burkhalter and B. T. Adey, "Required accuracy of information when determining optimal railway intervention programmes," *Infrastruct. Asset Manag.*, vol. 9, no. 1, pp. 18–27, Jun. 2021, doi: 10.1680/JINAM.20.00032.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] D. L. Guidoni, E. N. Gottsfritz, R. I. Meneguette, C. M. Silva, G. P. R. Filho, and F. S. H. Souza, "Toward an Efficient Data Dissemination Protocol for Vehicular Ad-Hoc Networks," *Vol. 10, Pages 123711 - 123722*, vol. 10, pp. 123711–123722, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3224482.
- [11] M. M. Alotaibi and H. T. Mouftah, "Data dissemination for heterogeneous transmission ranges in VANets," *Vol. 2015-December, Pages 818 - 825*, vol. 2015-Decem, p. 2015, doi: 10.1109/LCNW.2015.7365933.
- [12] D. Rahmawati, H. Sukri, M. A. Alfian, H. Setiawan, and R. Setiawibawa, "Design of Wireless Sensor Network for Battery Management System in Solar Public Street Lighting Rancang Bangun Wireless Sensor Network Untuk Battery Management System Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya," *T E S L a J. Tek. Elektro*, vol. 26, no. 2655–7967, pp. 49–58, 2024.
- [13] Y. Miftahuddin, S. Umaroh, and F. R. Karim, "Perbandingan Metode Perhitungan Jarak Euclidean, Haversine, Dan Manhattan Dalam Penentuan Posisi Karyawan," *J. Tekno Insentif*, vol. 14, no. 2, pp. 69–77, 2020, doi: 10.36787/jti.v14i2.270.
- [14] 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.
- [15] M. Hilmansyah Susanta, "Pengukuran Tegangan dan Arus Litrik Menggunakan Sensor INA 219 Berbasis Arduino," *Scientica*, vol. 3, no. 1, pp. 326–332, 2024.