

Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya UGV (*Unmanned Ground Vehicle*)

1st Noval Hadriawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
novalhdr@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Angga Rusdinar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id

3rd Irwan Purnama
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
irwanp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi di bidang persenjataan dan militer juga semakin berkembang pesat, salah satunya adalah mulai banyaknya pengoperasian Unmanned Vehicle atau kendaraan tanpa awak seperti pengoperasian pada kendaraan darat atau UGV (*Unmanned Ground Vehicle*). Selama bertahun-tahun UGV telah digunakan di berbagai aplikasi seperti untuk penggunaan kebersihan, medis, dan militer [1].

Pemanfaatan prototipe sistem monitoring daya pada UGV ini dapat dimaksimalkan untuk operasi UGV seperti misi pengiriman perlengkapan logistik perang, karena akan sangat mempermudah dan mengurangi risiko yang disebabkan karena mayoritas sistem pengiriman saat ini masih dilakukan secara personel (dibawa oleh manusia) atau dengan sistem drop dengan kendaraan udara. Sistem juga dapat dipantau dari jarak jauh melalui platform IoT MIT App Inventor yang dapat diunduh melalui gawai Android untuk melihat data baterai secara realtime.

Penelitian ini menggunakan sensor tegangan, sensor arus, Mikrokontroler Arduino Mega, LoRa Shield Dragino, dan platform IoT. Hasil dari monitoring baterai yang dilakukan menunjukkan error pada pengukuran sensor hanya menunjukkan 2,78% dengan akurasi 97,22%, dengan daya tempuh baterai menyisakan 53% pada baterai 60 Volt, 51% pada baterai 12 Volt 18Ah, dan 78% pada baterai 12 Volt 70Ah selama 89 menit pengoperasian. Delay pada komunikasi LoRa ke Antares menunjukkan rata-rata 491 milisekon untuk waktu pengiriman. Sehingga sistem monitoring ini dinilai cukup akurat, dan diharapkan sistem monitoring ini dapat membantu pengoperasian UGV Rover.

Kata Kunci: UGV (*Unmanned Ground Vehicle*), Baterai VRLA, IoT

Abstract

Technological developments in the development and military fields are also growing rapidly, one

of which is starting the operation of Unmanned Vehicles such as operations on land vehicles or UGV (*Unmanned Ground Vehicle*). Over the years UGVs have been used in various applications such as hygiene, medical, and military uses [1].

Utilization of the prototype power monitoring system on the UGV can be maximized for UGV operations such as war logistics equipment delivery missions, because it will greatly facilitate and reduce the risks caused by most of the delivery systems currently still carried out by personnel or by drop systems with aerial vehicles. The system can also be monitored remotely via the MIT App Inventor IoT platform which can be downloaded via Android devices to view battery data in real time.

This study uses a voltage sensor, current sensor, Arduino Mega Microcontroller, LoRa Shield Dragino, IoT platform. The results of the battery monitoring carried out show that the error in sensor measurements only shows 2,78% with 97,22% accuracy, with battery capacity remaining 53% on 60 Volt Battery, 51% on a 12 Volt 18Ah Battery, and 78% on 12 Volt 70Ah battery for 89 minutes of operation. The delay in LoRa to Antares communication shows an average of 491 milliseconds for the delivery time. So that this monitoring system is considered quite accurate, and it is hoped that this monitoring system can help the operation of the UGV Rover.

Keywords: UGV (*Unmanned Ground Vehicle*), VRLA Battery, IoT

I. PENDAHULUAN

Pada era belakangan ini, perkembangan teknologi kian pesat perkembangannya sehingga semakin maju dan canggih. Semakin banyak temuan-temuan bermanfaat dari para peneliti di seluruh dunia yang semakin memudahkan dan membantu manusia dalam menjalankan pekerjaan sehari-hari. Perkembangan teknologi di bidang persenjataan dan militer juga semakin berkembang pesat, salah satunya adalah mulai banyaknya pengoperasian Unmanned Vehicle

atau kendaraan tanpa awak seperti pengoperasian pada kendaraan darat atau UGV (*Unmanned Ground Vehicle*). Selama bertahun-tahun UGV telah digunakan di berbagai aplikasi seperti untuk penggunaan kebersihan, medis, dan militer [1]. UGV adalah perangkat mekanis atau kendaraan yang beroperasi di atas tanah yang berfungsi sebagai sarana untuk membawa atau mengangkut sesuatu tanpa adanya kontak oleh manusia secara langsung [2]. UGV dapat diperuntukkan untuk misi pengamatan maupun misi pengiriman ke daerah berbahaya, pengoperasian UGV ini sangat mempermudah karena dapat dikendalikan dari jarak jauh. Efisiensi pengoperasian UGV sangat bergantung pada kompleksitas tugas, kecepatan operasi yang dibutuhkan, dan tuntutan pengoperasian secara *autonomous* [3].

Pada sektor militer, UGV biasanya dirancang menyerupai kendaraan panzer yang umumnya digunakan untuk keperluan pertempuran darat. Untuk medan pertempuran daratan diperlukan kendaraan yang tahan dan mampu menempuh berbagai medan berat, tangguh, dan juga dilengkapi dengan bahan material anti peluru dan sistem persenjataan sedemikian rupa. Dengan desain seperti ini, salah satu pemanfaatan yang dapat sangat bermanfaat adalah sistem UGV panzer untuk misi pengiriman perlengkapan dan persediaan logistik perang.

Penelitian dan pengembangan tentang *Power Management* dan *monitoring* baterai pada UGV kini juga sedang kerap dilakukan. Penelitian tentang *monitoring* terhadap penggunaan konsumsi baterai juga pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian tersebut dilakukan untuk dicapainya sistem yang efisien. Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Agarwal, N., Saraswati, P., Malik, A., & Bhatshvar, Y. K. (2017) yang memanfaatkan sensor tegangan, arus, dan suhu dengan berbasis arduino [4], untuk memudahkan komputasi dan pemantauan pada sistem catu daya rover. Penelitian terkait manajemen daya juga pernah dilakukan oleh Saleeb, Hendra (2019) pada baterai kendaraan listrik. Penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan jarak mengemudi kendaraan listrik ini memanfaatkan FLC (*Fuzzy Logic Control*) untuk mengendalikan *Power Control Unit* pada sistem manajemen baterai kendaraan listrik. Berdasarkan referensi dari penelitian-penelitian sebelumnya, sistem ini dapat memanfaatkan rancangan perangkat lunak untuk memonitor estimasi *State of Charge* (SOC), kapasitas baterai UGV, konsumsi arus, konsumsi daya, dan estimasi jarak tempuh UGV yang dapat ditampilkan pada *interface LCD display* yang terdapat pada UGV serta dapat dimonitor dengan mengirim data melalui *gateway* Antares kemudian melalui *Platform IoT* dan gawai *Android* pengguna.

Pemanfaatan prototipe perancangan perangkat lunak untuk sistem *monitoring* daya pada UGV ini dapat dimaksimalkan untuk operasi UGV seperti

misi pengiriman perlengkapan logistik perang, karena akan sangat mempermudah dan mengurangi risiko yang disebabkan karena mayoritas sistem pengiriman saat ini masih dilakukan secara personel (dibawa oleh manusia) atau dengan sistem *drop* dengan kendaraan udara. Sistem juga dapat dipantau dari jarak jauh melalui *platform IoT MIT App Inventor* yang dapat diunduh melalui gawai *Android* untuk melihat data baterai secara *realtime*.

II. KAJIAN TEORI

2.1 Unmanned Ground Vehicle

Unmanned Ground Vehicle (UGV) adalah perangkat mekanis atau kendaraan yang beroperasi di atas tanah yang berfungsi sebagai sarana untuk membawa atau mengangkut sesuatu tanpa adanya kontak oleh manusia secara langsung [2].

Unmanned Ground Vehicle (UGV) merupakan salah satu robot wahana tanpa awak yang dapat bergerak secara autopilot atau *autonomous*. Dalam perencanaan UGV dibutuhkan tujuh aspek dalam pembuatannya, yaitu: pemodelan dan perancangan rangka dan body, analisa berat dan titik berat kendaraan, sistem payload, remote sensing, power management, kajian respon suspensi dan sistem kendali [5].

Terdapat dua jenis UGV secara umum, UGV dengan kendali manual secara remote, dan juga *autonomous UGV*. Dalam segi pemanfaatan, banyak jenis dan kegunaan Unmanned Ground Vehicle (UGV) di berbagai macam bidang, Contohnya seperti kegunaan pada bidang militer, eksplorasi luar angkasa, bidang pertanian, pertambangan, dll. Pada UGV dapat diintegrasikan berbagai bermacam sensor seperti odometer, inclinometer, gyroscope, LiDAR, dan berbagai macam sensor pendukung lainnya.

2.2 Baterai

Baterai merupakan media penyimpan energi listrik yang mengeluarkan tegangan melalui energi listrik atau arus listrik searah (arus DC). Setiap baterai terdiri dari terminal positif (Katoda) dan terminal negative (Anoda) serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar [8]. Terminal negative atau Anoda adalah sumber elektron yang akan mengalir melalui rangkaian eksternal ke terminal positif. Ketika baterai dihubungkan ke beban listrik eksternal, reaksi redoks mengubah reaktan berenergi tinggi ke produk berenergi lebih rendah, dan perbedaan energi bebas dikirim ke sirkuit eksternal sebagai energi listrik [6].

Baterai terbagi menjadi dua, baterai yang bisa diisi ulang (*rechargeable battery*) dan baterai yang tidak bisa diisi ulang (*non rechargeable battery*) [7]. Baterai yang tidak bisa diisi ulang hanya bisa dipakai sekali lalu dibuang seringkali

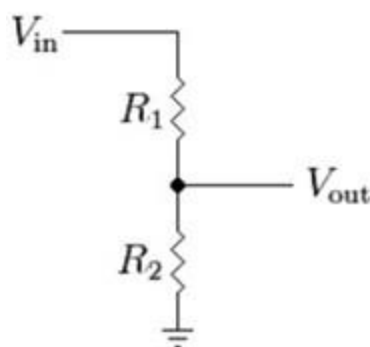
disebut baterai primer, pada baterai primer bahan elektroda berubah secara irreversible selama pelepasan, sementara baterai yang bisa diisi ulang disebut baterai sekunder. Baterai sekunder menggunakan arus listrik yang diterapkan, komposisi asli dari elektrode dapat dikembalikan dengan arus balik.

2.3 Metode Hall Effect untuk Pengukuran Arus Listrik

Efek Hall merupakan suatu peristiwa berbeloknya aliran listrik (elektron) dalam pelat konduktor karena pengaruh medan magnet [8]. Ketika arus listrik (I) mengalir dalam suatu bahan dan bahan itu juga terdapat medan magnet (B) yang arahnya tegak lurus terhadap arus, maka pembawa muatan (*charge carrier*) yang bergerak dalam bahan akan mengalami pembelokkan oleh medan magnet. Akibatnya, setelah beberapa saat akan terjadi pengumpulan muatan pada salah satu sisi bahan, sehingga sisi tersebut lebih elektropositif atau elektronegatif, bergantung pada jenis muatannya. Maka, akan muncul beda potensial diantara kedua sisi bahan [9].

2.4 Metode Pembagi Tegangan untuk Pengukuran Tegangan Listrik

Voltage Divider atau Pembagi Tegangan adalah suatu rangkaian sederhana yang mengubah tegangan besar menjadi tegangan yang lebih kecil. Fungsi dari pembagi tegangan ini di rangkaian elektronika adalah untuk membagi tegangan input menjadi satu atau beberapa tegangan output yang diperlukan oleh komponen lainnya didalam rangkaian [10]. Rangkaian pembagi tegangan hanya terdiri dari 2 resistor yang di rangkai seri, rangkaian tersebut dapat dilihat di gambar..



Gambar 2. 1 Rangkaian Pembagi Tegangan

Untuk rumus perhitungan matematisnya dapat dinyatakan sebagai

$$V_{Out} = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Dengan V_{Out} = Tegangan keluaran

V_{in} = Tegangan masukan

R_2 = Resistor kedua

R_1 = Resistor pertama

Untuk dapat bekerja dengan mikrokontroler Arduino Uno, tegangan harus diturunkan dari yang semulanya maksimum 25V menjadi 5V dengan menggunakan 2 buah resistor. Resistor yang digunakan memiliki perbandingan 5:1 dengan nilai R1 30kΩ dan R2 7.5kΩ, sehingga didapatkan rangkaian modul sensor tegangan 25V.

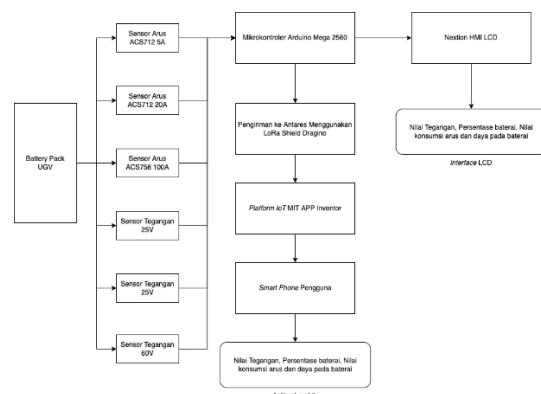
2.5 Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus [11]. Dengan IoT semua perangkat, mesin, dan peralatan apapun dapat terhubung dengan sensor dan aktuator untuk memperoleh data dan juga untuk melakukan kinerjanya sendiri. Konsep ini memungkinkan semua benda dapat berkomunikasi dengan satu sama lain sebagai satu sistem yang terpadu dengan jaringan internet sebagai penghubungnya.

Cara kerja IoT memerlukan tiga elemen utama pada arsitektur IoT, yaitu barang fisik yang dilengkapi modul IoT, perangkat koneksi ke Internet, dan *cloud data center* tempat untuk menyimpan aplikasi beserta *data base* [12].

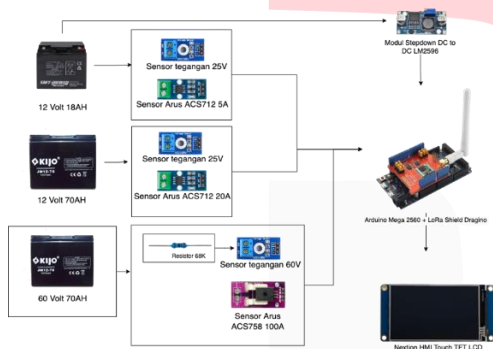
III. METODE

3.1 Desain Sistem



Desain sistem pada penelitian ini dirancang untuk membantu pengguna untuk memonitor kondisi baterai dengan mudah, karena menggunakan sensor arus dan tegangan untuk melakukan deteksi terhadap nilai yang dihasilkan oleh masing-masing battery pack. Nilai yang terdeteksi diproses oleh mikrokontroler Arduino Mega lalu ditampilkan melalui layar HMI Nextion secara *real time*, dan juga data akan dikirim ke *gateway* LoRa agar dapat dikirim ke Antares menggunakan LoRa Shield Dragino untuk dilanjutkan ke *platform* IoT MIT App Inventor agar data dapat disajikan melalui *smart phone* pengguna.

3.2 Desain Perangkat Keras

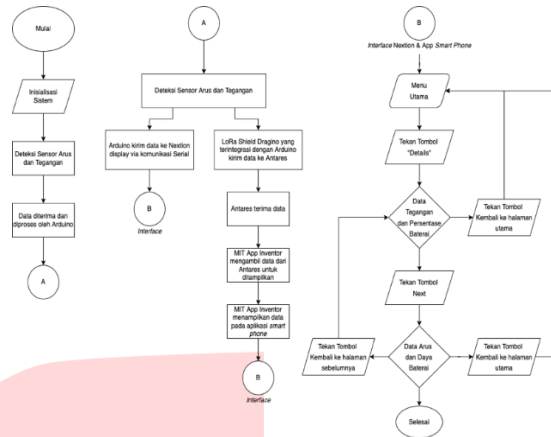


Gambar 3.1 Desain Perangkat Keras

Beberapa komponen yang akan digunakan pada rancangan tugas akhir ini. Untuk sensor yang akan digunakan adalah sensor arus ACS712 5A, ACS712 20A, ACS758 100A untuk mendeteksi konsumsi arus, serta 2 buah sensor tegangan 25V dan sensor tegangan 25 volt yang ditambahkan resistor sebesar 68k Ohm agar dapat mendeteksi tegangan sebesar 60 Volt yang dihasilkan oleh *battery pack*. Untuk mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega dengan LoRa Shield Dragino untuk sistem komunikasi karena dapat mengirim data ke *platform* IoT tanpa menggunakan wifi, sedangkan menggunakan frekuensi dan LCD *display* HMI Nextion 3,5” untuk menampilkan data pada *interface*. *Interface* pada layar Nextion diprogram menggunakan *software* Nextion Editor untuk membantu pemrograman tombol, penempatan data, dan lain-lain. Foto *background* yang terdapat pada layar Nextion dibuat menggunakan *Software* Adobe Photoshop agar gambar dan penyajian data terlihat lebih menarik. Begitu pula untuk foto *background* pada MIT App Inventor dibuat menggunakan Adobe Photoshop. Sensor arus dan tegangan diberikan *casing* atau *enclosure* agar

koneksi kabel pin tetap aman, *casing* dibuat menggunakan *software* Fusion 360 dan hasilnya dicetak 3D.

3.3 Desain Perangkat Lunak

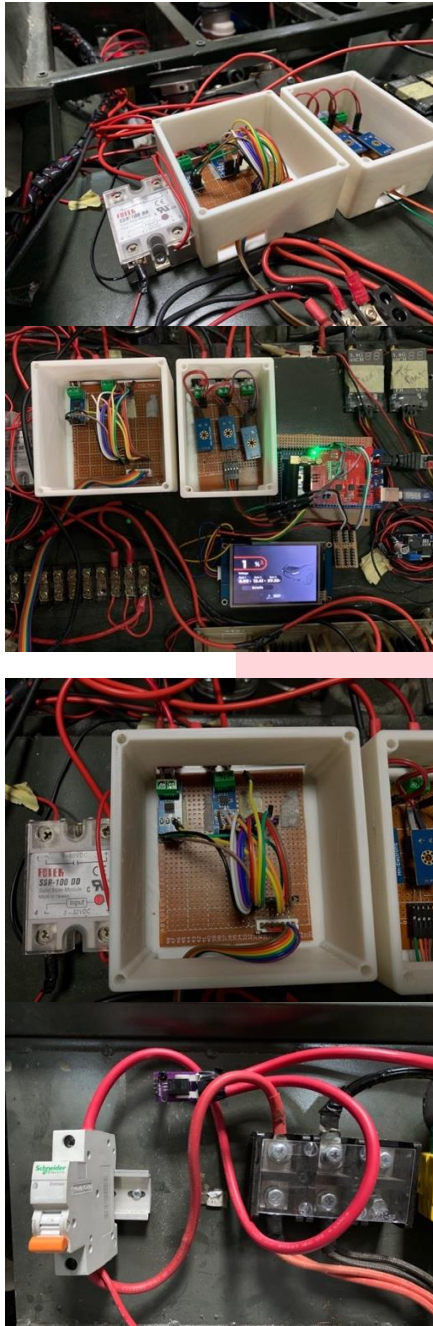


Gambar 3.2. Diagram Alir

Interface pada Nextion *display* dan *interface* yang terdapat pada tampilan aplikasi *Smart Phone* MIT App Inventor memiliki proses yang identik namun terdapat sedikit perbedaan. Tampilan saat pertama kali sistem dimulai adalah tampilan pada menu utama, dimana terdapat info persentase baterai 12V 18AH dan juga tegangan baterai, persentase baterai 12V 18AH ditampilkan pada menu utama karena baterai memiliki kapasitas paling kecil dan merupakan baterai yang paling cepat habis. Kemudian terdapat tombol “*Details*”, yang menuntun menuju halaman kedua yaitu info tegangan dan persentase masing-masing baterai, pada halaman kedua terdapat dua tombol, yaitu tombol kembali dan tombol untuk ke halaman selanjutnya. Pada halaman ketiga terdapat info data konsumsi arus dan daya pada masing-masing baterai, dan juga terdapat dua buah tombol untuk kembali ke halaman utama dan halaman sebelumnya. Perbedaan pada *interface* Nextion dan aplikasi *Smart Phone* terdapat pada jumlah data yang ditampilkan, pada *Interface* Nextion semua data dari masing-masing baterai dapat ditampilkan, namun pada *interface* aplikasi *Smart Phone*, data yang dapat ditampilkan terbatas dikarenakan terbatasnya ukuran data yang dapat dikirim ke *Platform* Antares. Data yang ditampilkan adalah masing-masing tegangan baterai, persentase pada beberapa baterai, dan konsumsi arus dan daya pada baterai 12V 70Ah dan pada baterai 60V.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Realisasi Alat



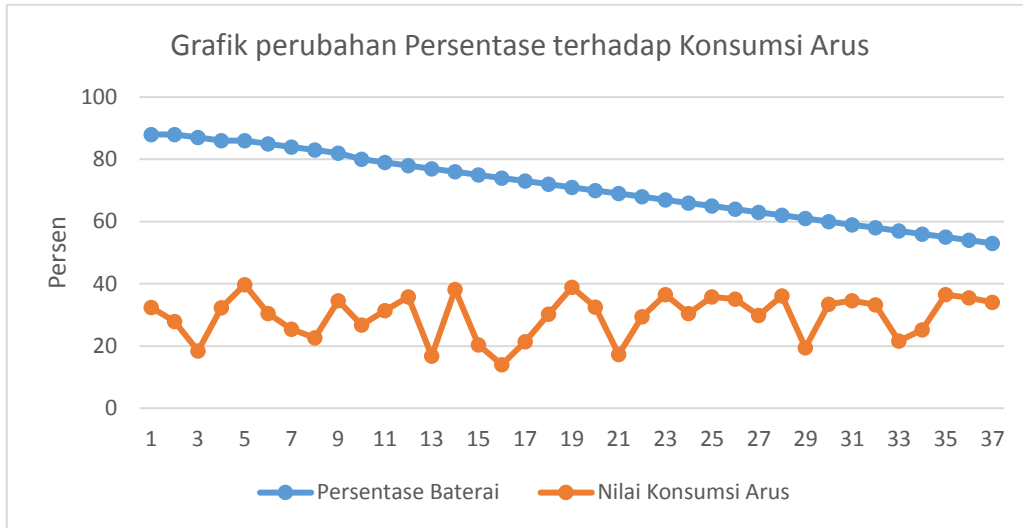
Gambar 4.1. Realisasi Alat

Pada gambar 4.1 menunjukkan realisasi sistem *monitoring* baterai, sistem diletakkan pada bagian depan UGV, sensor diberi kemasan yang di desain dan di print 3D agar sensor arus dan tegangan tetap aman di dalam kotak kemasan, sementara sensor arus ACS758 ditempatkan di bagian belakang agar penempatannya dekat dengan baterai 60 Volt.

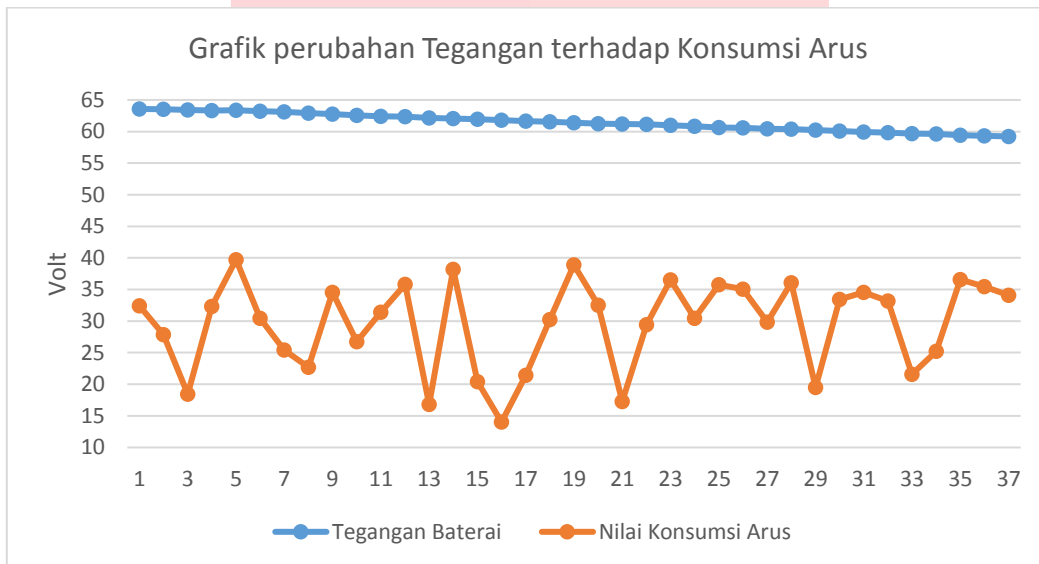
4.2 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memperoleh data nilai kapasitas tegangan baterai, konsumsi arus, dan estimasi sisa jarak tempuh UGV. Pengujian dilakukan dengan mengendalikan UGV Rover pada suatu lintasan saat tegangan baterai berada pada kondisi penuh yaitu berkisar di angka 13 Volt pada baterai kontroler dan 63 Volt pada baterai motor. Kemudian UGV dihentikan pada saat baterai mencapai nilai tegangan baterai sebesar 11.9 Volt pada baterai kontroler atau 59 Volt pada baterai motor. Kedua parameter baterai tersebut diambil karena kedua baterai tersebut merupakan baterai yang paling cepat habis kapasitasnya seiring pengoperasian UGV. Pengendalian UGV pada lintasan dilakukan untuk mengetahui arus yang dikonsumsi beban pada baterai UGV untuk dapat mengetahui berapa lama UGV dapat beroperasi pada nilai kapasitas baterai tertentu dan untuk mengetahui bagaimana pengaruh konsumsi arus dan daya pada tegangan baterai UGV. Pengujian sistem dilakukan di area uji divisi kendaraan khusus PT Pindad. Lintasan sepanjang 1 KM yang kosong dengan permukaan tanah rata merupakan tempat yang cocok untuk melakukan pengujian.

1. Pengujian Baterai 60 Volt



Gambar 4. 2 Grafik perubahan persentase terhadap konsumsi arus

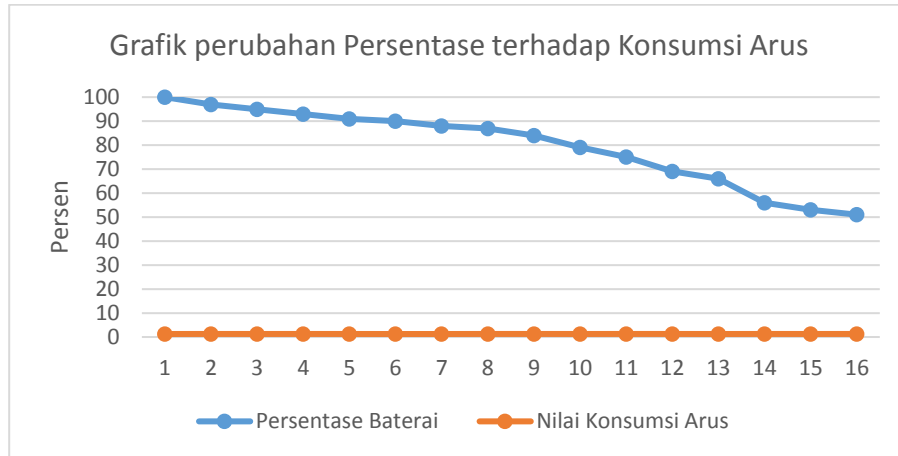


Gambar 4. 3 Grafik perubahan tegangan terhadap konsumsi arus

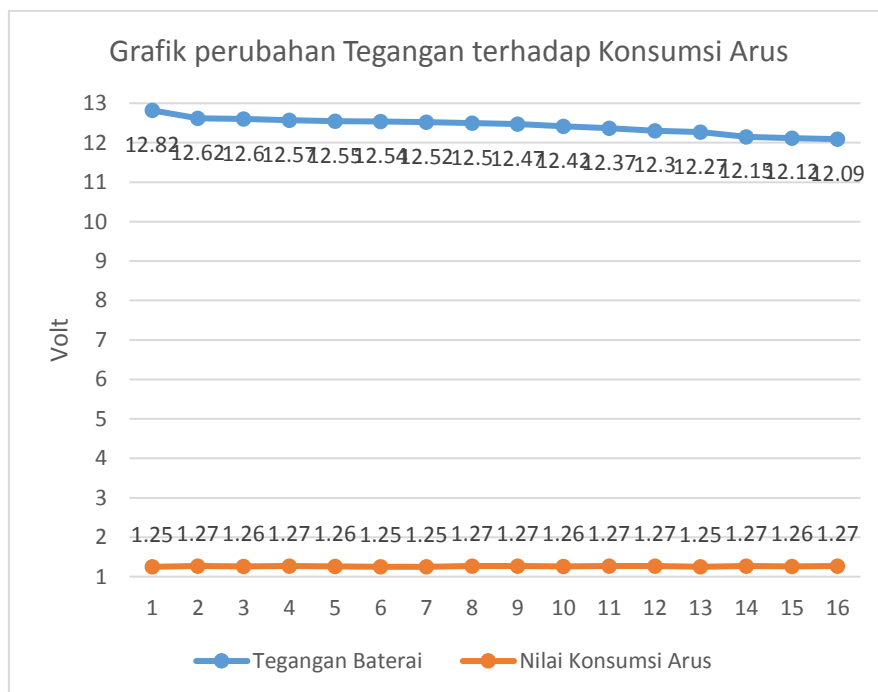
Pengujian akhir berlangsung selama 89 menit dari rencana awal 120 menit karena baterai 60 Volt telah mencapai 59 Volt atau pada level 53% terlebih dahulu, pengujian dihentikan karena tidak baik untuk menggunakan baterai lead acid sampai pada level persentase dibawah 50% untuk menghindari kerusakan pada baterai. Berdasarkan tabel 4.7 penurunan persentase baterai 60 Volt terjadi cukup cepat pada konsumsi arus rata-rata sebesar 29,6 A. Pengujian ini sesuai dengan ekspektasi, karena pada *datasheet* spesifikasi motor BLDC hanya dapat beroperasi selama 2

jam menggunakan baterai 100Ah. Maka dari itu waktu pengoperasian selama 89 menit menggunakan baterai 60Volt 70Ah dinilai cukup baik dengan rata-rata yang dihasilkan sebesar 1816 Watt. Berdasarkan grafik 4.2 dan 4.3, tegangan baterai menurun secara stabil tanpa ada *drop* yang signifikan, dengan demikian baterai 60 Volt dalam kondisi yang baik untuk digunakan pada operasi UGV Rover.

2. Pengujian Baterai 12 Volt 18AH



Gambar 4. 4 Grafik Perubahan Persentase Terhadap Konsumsi Arus

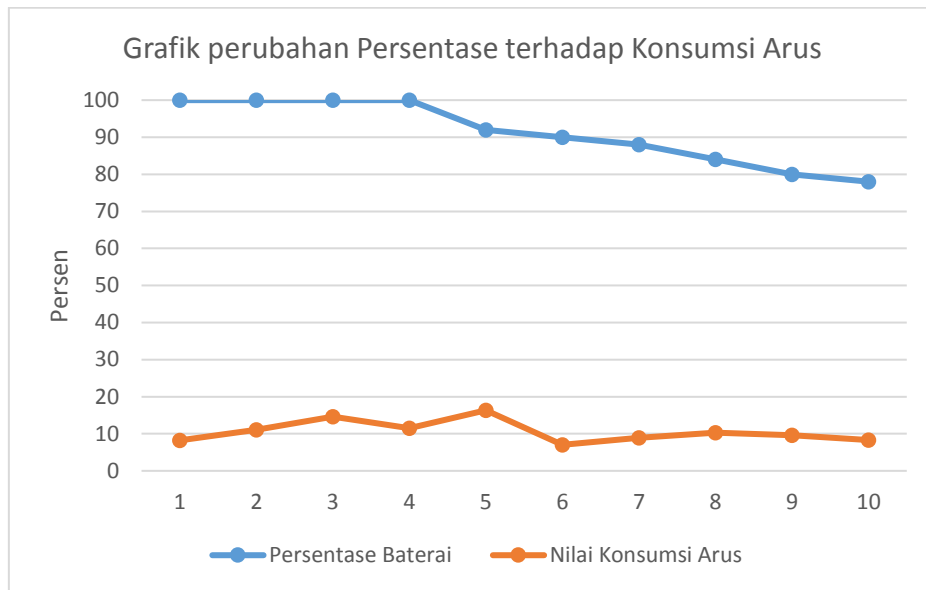


Gambar 4. 5 Grafik Perubahan Tegangan Terhadap Konsumsi Arus

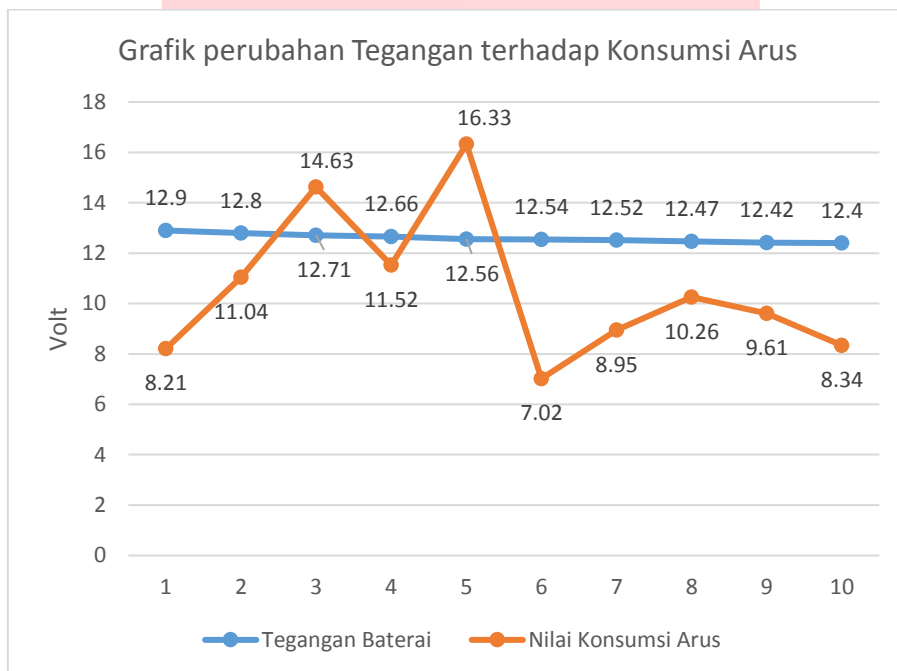
Berdasarkan pengujian selama 89 menit baterai berakhir pada level 51% dari kondisi awal di level 100%. Konsumsi arus yang mengalir konstan karena hanya mendayai *board* Arduino Mega untuk kontrol, lampu LED, dan kamera. Konsumsi arus berkisar di angka 1,27 A saat lampu LED menyala dan di angka 0,87 A saat lampu LED mati dan rata-rata daya yang dihasilkan sebesar 15,7 Watt. Dapat dilihat pada grafik 4.4 perubahan persentase baterai cukup

signifikan meskipun UGV hanya beroperasi selama 89 menit. Perubahan tegangan baterai terhadap konsumsi arus juga cukup signifikan. Kemungkinan hal ini terjadi adalah dikarenakan saat pengujian baterai 12 Volt 18Ah yang digunakan pernah *drop* hingga voltase sangat rendah yang kemudian di *jumper* kembali, sehingga performa baterai tidak maksimal.

3. Pengujian Baterai 12 Volt 70AH



Gambar 4. 6 Grafik Perubahan Persentase Terhadap Konsumsi Arus



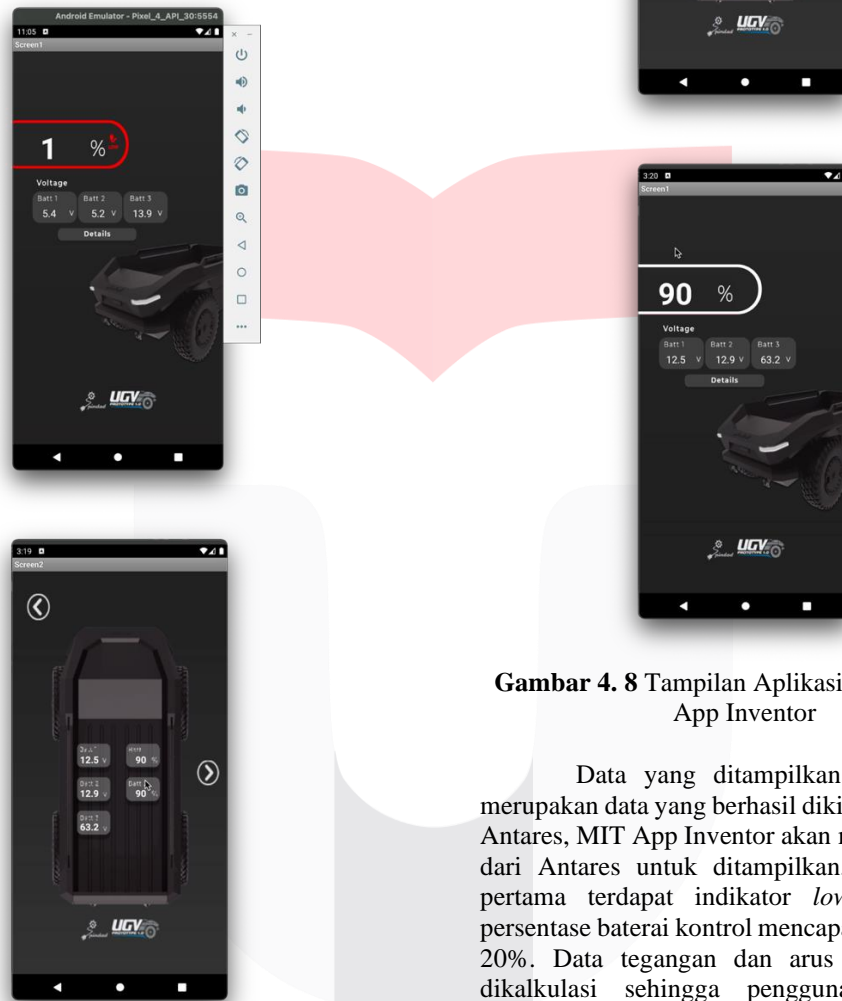
Gambar 4. 7 Grafik Perubahan Tegangan Terhadap Konsumsi Arus

Persentase baterai menyisakan 78% selama 89 menit pengujian dengan konsumsi arus rata-rata sebesar 10,6 A. Beban pada baterai 12 Volt 70AH adalah sistem pengereman dan sistem *steering*, maka arus yang dihasilkan tidak terlalu besar karena penggunaan tidak dilakukan terus menerus selama pengoperasian. Pengujian baterai 12 Volt 70AH dimulai dengan nilai tegangan pada 12,9 Volt lalu menunjukkan nilai tegangan pada akhir pengujian di 12,4 Volt, dan rata-rata daya yang dihasilkan sebesar 133,56 Watt. Penggunaan baterai ini dinilai sudah tepat karena merupakan baterai paling hemat pada UGV. Grafik pada gambar 4.6 dan gambar 4.7 menunjukkan

perubahan tegangan tidak terlalu signifikan dan tidak memberi dampak terlalu besar terhadap baterai, dengan demikian pemilihan baterai 12 Volt 70Ah merupakan pilihan yang tepat untuk sumber tenaga pada EPS (*Electric Power Steering*) dan *Linear Actuator* pada sistem pengereman. Baterai ini memiliki kapasitas 70Ah sehingga baterai lebih tahan lama untuk beban yang digunakan.

4.3 Pengujian Pengiriman Data ke Platform MIT App Inventor

Pengujian pengiriman data ke *Platform* MIT App Inventor dilakukan untuk melihat apakah data yang dikirim dapat diterima dan ditampilkan dengan baik pada MIT App Inventor dan pada gawai Android pengguna. Aplikasi yang dirancang hanya berfungsi pada OS Android pada *smart phone* menggunakan format “.apk” yang disediakan dari fitur *build* pada MIT App Inventor. Gambar 4.8 merupakan program yang dirancang dan data yang ditampilkan pada aplikasi.



Gambar 4. 8 Tampilan Aplikasi Android MIT App Inventor

Data yang ditampilkan pada aplikasi merupakan data yang berhasil dikirim ke *platform* Antares, MIT App Inventor akan mengambil data dari Antares untuk ditampilkan, pada gambar pertama terdapat indikator *low battery* jika persentase baterai kontrol mencapai nilai dibawah 20%. Data tegangan dan arus yang diterima dikalkulasi sehingga pengguna juga dapat memonitor daya pada aplikasi. Aplikasi Android yang dirancang berhasil menampilkan data yang telah dikirim ke *platform* IoT dan dapat menyajikan data secara *real time* kepada pengguna.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis sistem *monitoring* daya UGV (*Unmanned Ground Vehicle*), maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem menggunakan 3 sumber daya baterai *Valve Regulated Lead Acid* masing-masing dengan spesifikasi 12 Volt 18Ah untuk *board* kontrol Arduino, 12 Volt 70Ah untuk sistem EPS (*Electric Power Steering*) dan

- sistem pengereman, dan 5 baterai 12 Volt 70Ah yang disusun seri dengan tegangan 60 Volt 70Ah untuk memenuhi kebutuhan sistem penggerak BLDC. [2]
2. Pengujian *monitoring* pada baterai 60 Volt penggerak motor BLDC menyisakan tegangan senilai 59,23 Volt di level 53% dari kondisi awal 63,58 Volt selama 89 menit pengoperasian UGV *Rover* dengan konsumsi arus rata-rata sebesar 29,6 A dan rata-rata daya sebesar 1816 Watt. [3]
 3. Pengujian *monitoring* baterai saat pengoperasian UGV *Rover* membuktikan bahwa daya tahan baterai 12 Volt 18Ah menyisakan kapasitas tegangan sebesar 12,09 Volt di level 51% dari kondisi awal 100% di 12,82 Volt selama pengoperasian UGV *Rover* selama 89 menit, dengan konsumsi arus rata-rata di angka 1,26 A saat lampu LED menyala dan di angka 0,87 A saat lampu LED mati dan rata-rata daya yang dihasilkan sebesar 15,7 Watt. [4]
 4. Pengujian pada baterai 12 Volt menghasilkan nilai tegangan sebesar 12,4 Volt pada level 78% setelah pengoperasian UGV *Rover* Selama 89 menit dari kondisi awal 12,9 Volt, dengan konsumsi arus rata-rata 10,6 Ampere dengan rata-rata daya sebesar 133,56 Watt. [5]
 5. Sistem antarmuka HMI LCD Nextion 3.5" berhasil melakukan komunikasi data dengan Arduino Mega 2560 dan menampilkan data dari *Serial Monitor* Arduino dengan menggunakan komunikasi serial RX TX Ardiono. [6]
 6. Sistem *monitoring* menggunakan platform IoT Antares berhasil menerima data dari Arduino dengan menggunakan komunikasi LoRa dan terdapat *delay* pada pengiriman data dengan nilai rata-rata selama 491ms. Aplikasi Android MIT APP Inventor juga berhasil menerima data dari Antares dan menampilkannya di gawai Android pengguna. [7]
- [8] D. W. Cage, "UGV History 101: A Brief History of Unmanned Ground Vehicle (UGV) Development Efforts," *citeseerx*, vol. 13, p. 10, 1995, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:14997916>.
- [9] P. E. Sandin, *Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated*, vol. Walkers, no. 4. McGraw-Hill Education, 2003.
- [10] Agarwal, N., Saraswati, P., Malik, A., & Bhatshvar, Y. K. (2017, December). Design a battery monitoring system for lead-acid battery. In *Int. Conf. Commun. & Comput. Technol.* (pp. 306-311).
- [11] N. R. Bakrie, "Rancang Bangun dan Kajian Suspensi Unmanned Ground Vehicle (UGV)."
- [12] Z. Noer and I. Dayana, *Dasar-Dasar Baterai*. 2021.
- [13] V. Lystianingrum, *MENGENAL LEBIH DEKAT BATERAI DAN ULTRACAPACITOR*. 2021.
- [14] J. Wahyudi and G. Ahmad, "Desain dan Karakterisasi Penggunaan Sensor Efek Hall UGN3503 untuk Mengukur Arus Listrik pada Kumpanan Leybold P6271 Secara Non Destruktif," *Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 01, no. 02, pp. 185–190, 2013.
- [15] Digital Library UIN SGD, "PENGUKURAN MOBILITAS ELEKTRON LOGAM PERAK MENGGUNAKAN METODE EFEK HALL,".
- [16] Yazid Ardianto, "RANCANG BANGUN AUTOMATIC TRANSFER SWITCH – MAIN FAILURE (ATS – MF) BERBASIS PLC MODICON M221CE16R DENGAN MONITORING TEGANGAN DAN TANPA BEBAN," 2018.
- [17] Arafat. (2016). Sistem Pengamanan Pintu Rumah Berbasis Internet of Things (IoT) dengan ESP8266. *Jurnal Ilmiah*, 7(4), 262–268.
- [18] Efendi, Y. (2018). Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *JURNAL ILMIAH ILMU KOMPUTER*, 4(2), 21–27. <https://doi.org/10.35329/jiik.v4i2.41>

REFERENSI

- [1] S. I. Hassan, M. Alam, N. A. Siddiqui, A. A. Siddiqui, and M. T. Qadri, "Designing and control of autonomous Unmanned Ground Vehicle," May 2017, doi: 10.1109/ICIEECT.2017.7916547.