

Sistem *monitoring* tegangan, arus, dan suhu pada unit alat berat berbasis *internet of things* di PT Armada Hada Graha

Andhiko Yerintra Djafniel Yudanur, Sugiyanto

Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada
Jl. Yacaranda, Sekip Unit VI, D.I. Yogyakarta 55281
Email korespondensi: sugiyanto_t@ugm.ac.id

Abstrak

Alat berat membutuhkan baterai untuk menjalankan sistemnya seperti starter, lampu, dan komponen listrik lainnya. Permasalahan yang sering terjadi adalah operator tidak mengetahui dan jarang memantau kondisi baterai. Berdasarkan permasalahan tersebut, dibuatlah suatu sistem *monitoring* tegangan, arus, dan suhu baterai pada unit alat berat berbasis *Internet of Things*. Alat ini menggunakan board *NodeMCU V3* dan *Arduino Uno* sebagai mikrokontroler. Sensor-sensor yang digunakan adalah sensor tegangan, sensor arus, dan sensor suhu. *Step down* berfungsi sebagai penurun tegangan baterai 12 V menjadi 3,3 V - 5 V untuk power supply ke mikrokontroler. *Real time clock* dipilih sebagai sumber data waktu pada sistem ini. Server *firebase* dipilih untuk proses penerimaan data menjadi lebih praktis melalui fitur-fiturnya dan data yang diterima disimpan dalam *spreadsheet*. Pendukung tampilan data pada sistem ini menggunakan *LCD* dan software *MIT APP Inventor*, di mana data ditampilkan dalam aplikasi tatap muka. Hasil pengujian menunjukkan pembacaan nilai tegangan oleh sensor memiliki rata-rata kesalahan 0,43%, pembacaan nilai arus oleh sensor memiliki rata-rata kesalahan 4%, pembacaan nilai suhu oleh sensor memiliki rata-rata kesalahan 0,05%, rata-rata rentang waktu pengiriman data menggunakan board *NodeMCU V3* untuk dapat terekam pada *spreadsheet* adalah 11,23 detik, dan hasil perbandingan data pada *spreadsheet* dan *LCD* di tiga unit menunjukkan tidak terdapat selisih.

Kata kunci: alat berat, monitoring, baterai, internet of things.

Abstract

Heavy equipment needs batteries to run their systems such as starters, lights, and other electrical components. The problem that often occurs is that the operator does not know and rarely monitors the condition of the battery. Based on these problems, a monitoring system for voltage, current, and battery temperature was made on the *Internet of Things*-based heavy equipment unit. This tool uses the *NodeMCU V3* board and *Arduino Uno* as a microcontroller. The sensors used are voltage sensors, current sensors, and temperature sensors. The *step-down* function is to reduce the 12 V battery voltage to 3.3 V - 5 V for power supply to the microcontroller. *Real time clock* is selected as the source of time data in this system. The *firebase* server is selected for the process of receiving data to be more practical through its features and the received data is stored in a *spreadsheet*. Supporting data display on this system uses an *LCD* and *MIT APP Inventor* software, where data is displayed in a face-to-face application. The test results show that the reading of the voltage value by the sensor has an average error of 0.43%, the reading of the current value by the sensor has an average error of 4%, the reading of the temperature value by the sensor has an average error of 0.05%, the average of sending data sending time using the *NodeMCU V3* board to be recorded on a *spreadsheet* is 11.23 seconds, and the results of the comparison of the data on the *spreadsheet* and the *LCD* in the three units show that there is no difference.

Keywords: heavy equipment, monitoring, battery, internet of things.

1. Pendahuluan

Alat berat sangat diperlukan dalam proses konstruksi seperti pengerjaan tanah, pembangunan struktur jalan, bangunan, jembatan, dan lain sebagainya, untuk mempermudah pengerjaan [1]. Dalam pengoperasiannya sebuah alat berat membutuhkan energi untuk bekerja, salah satunya adalah energi listrik. Sumber energi listrik yang digunakan pada sebuah unit alat berat yaitu baterai dan *alternator*. Baterai mengubah energi kimia menjadi energi listrik, penggunaan baterai sekunder pada unit alat berat menguntungkan bagi lingkungan dan ekonomi, karena mampu melakukan pengisian daya baterai kembali [2,3]. Sedangkan *alternator* adalah pemasok

daya untuk menyalakan aksesoris kelistrikan (lampu, starter, dll.) dan mengisi ulang daya ke baterai [4].

Pada saat melakukan starter menggunakan elektrik starter, baterai merupakan satu-satunya sumber listrik yang digunakan untuk menghidupkan atau menjalankan starter. Oleh karena itu, menjaga agar daya listrik tetap ada sangatlah penting. Jika suplai listrik terhambat atau daya dari baterai dalam suatu alat berat sudah habis, maka alat berat tidak akan bisa digunakan. Saat menghidupkan engine, baterai biasanya menarik arus besar dalam kisaran 100 A hingga 150 A, tergantung pada tenaga engine dan jenis starter [5]. Baterai akan menyalurkan tenaga

listrik ke seluruh komponen alat berat yang membutuhkan arus listrik.

Baterai yang digunakan terus menerus tanpa diisi kembali akan mengalami pengurangan daya listrik. Pengurangan daya listrik tersebut akan menyebabkan tegangan listrik pada baterai tidak sesuai dengan spesifikasinya. Hal ini mengakibatkan komponen kelistrikan pada alat berat tidak teraliri arus listrik yang sesuai dengan kapasitasnya. Oleh karena itu, diperlukan pengecekan tegangan listrik dan arus listrik secara berkala sebab pengurangan daya listrik pada baterai dapat terjadi kapan saja dan di mana saja tanpa sepengetahuan pengguna [6].

Umumnya baterai pada alat berat diletakkan berdekatan dengan *engine*, sehingga menghasilkan suhu di sekitar baterai yang tinggi. Sedangkan batas wajar suhu baterai pada unit alat berat saat pemakaian dan pengisian adalah 45°C [7]. Jika suhu baterai melebihi batas wajar akan menyebabkan laju reaksi meningkat dan elektrolit lebih mudah menguap dan habis sebelum waktunya. Cairan elektrolit yang menguap lebih cepat akan mempersingkat masa pakai baterai [8].

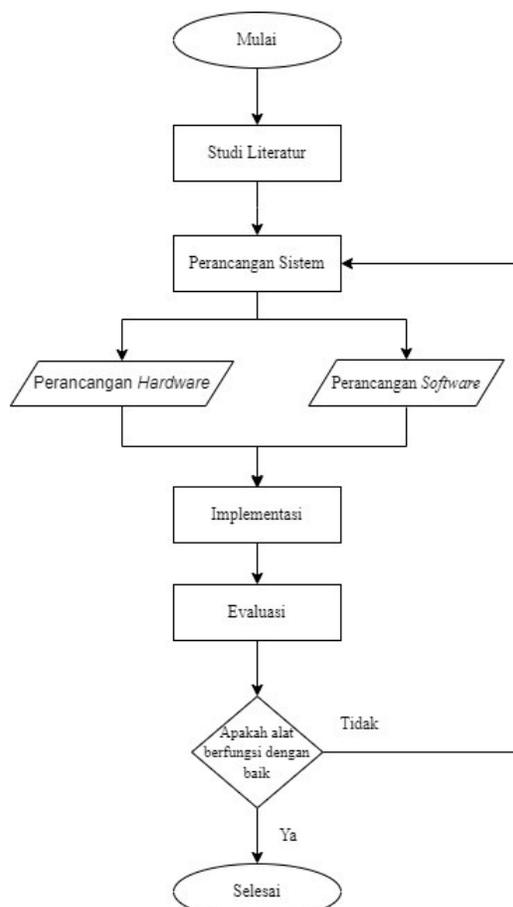
Timbulnya masalah atau kerusakan pada baterai akan berpengaruh saat menghidupkan *engine*, sehingga menghambat proses pekerjaan pada perusahaan. Seperti halnya pada saat kerja praktik di PT Armada Hada Graha (AHG), perusahaan, mekanik, dan operator jarang memperhatikan dan memantau kondisi baterai pada unit alat berat yang dimiliki. Pada saat alat berat mengalami kerusakan baterai, maka akan menimbulkan masalah yang akan menghambat pekerjaan. Hal ini seringkali diabaikan, di mana baterai pada unit alat berat harus diawasi dan dirawat dengan baik dan berkelanjutan guna mempertahankan performa dari unit alat berat tersebut. Untuk memungkinkan perusahaan, mekanik, dan operator memantau kondisi tegangan, arus, dan suhu baterai dari jarak jauh tanpa harus datang langsung ke unit dapat menerapkan *Internet of Things (IoT)*. *Internet of Things* sendiri adalah jaringan yang digunakan untuk mewujudkan interkoneksi antara objek dengan layanan web [9].

Dari permasalahan yang sudah disampaikan, maka perlu dirancang suatu alat untuk *monitoring* kondisi tegangan, arus, dan suhu baterai pada unit alat berat berbasis *Internet of Things*. Alat ini dibuat untuk menjadi solusi dan pilihan bagi perusahaan dalam memprediksi kerusakan baterai dan memantau kondisi tegangan, arus, dan suhu pada baterai yang dapat dipantau secara jarak jauh tanpa harus datang ke unit. Hal ini sejalan dengan misi perusahaan yaitu turut berperan aktif dalam pengembangan teknologi.

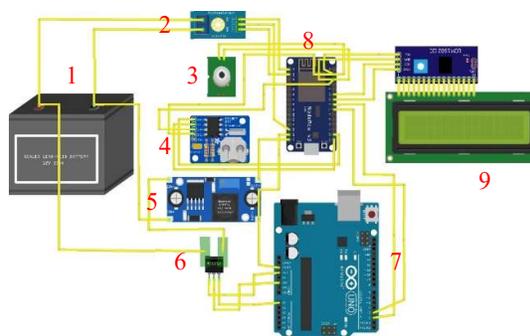
2. Metode

Diagram alir pengujian ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini. Gambar 2 menunjukkan rancangan

perangkat keras yang akan digunakan dalam kajian ini.



Gambar 1. Diagram blok sistem.



Gambar 2. Perancangan perangkat keras.

Keterangan:

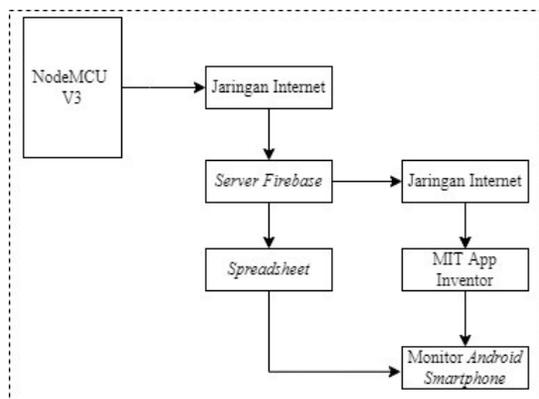
1. Baterai 12 V
2. Sensor DCV 0-25
3. Sensor Suhu MLX90614
4. RTC DS1307
5. Step Down DC LM2596
6. Sensor Arus ACS758

7. Arduino Uno
8. NodeMCU V3
9. LCD 16 x 2

Perancangan perangkat keras pada Gambar 2 menunjukkan bahwa *pin out+* dan *pin out- step down* DC LM2596 mengirimkan masukan berupa tegangan sebesar 5 V yang bersumber dari baterai kepada pin *Vin* dan pin *GND* NodeMCU V3 dan Arduino Uno [10]. RTC DS1307 memberikan sinyal digital berupa data jam, hari, bulan, dan tahun ke NodeMCU V3 melalui pin *SCL* (*Serial Clock*), sensor dihubungkan ke pin *D1* dan pin *SDA* (*Serial Data*) dihubungkan ke D2 [11]. Sensor suhu MLX 90614 memberi masukan ke NodeMCU V3 berupa sinyal digital dari pembacaan suhu baterai melalui pin *SCL* (*Serial Clock*), sensor dihubungkan ke pin *D1* dan pin *SDA* (*Serial Data*) dihubungkan ke D2. Sensor tegangan DC 0-25 V memberi masukan ke NodeMCU V3 berupa sinyal analog dari pembacaan tegangan baterai melalui pin *I/O* analog (*A0*) NodeMCU V3.

Sensor arus ACS758 akan memberi masukan ke Arduino Uno berupa sinyal analog dari pembacaan arus baterai melalui pin *I/O* analog (*A0*) [12]. Pin *I/O* D2 dan D3 pada Arduino Uno ini akan dihubungkan ke pin *I/O* D5 dan D6 NodeMCU V3. Data yang masuk ke NodeMCU V3 selanjutnya diproses menjadi data digital yang menghasilkan *output* berupa data tegangan, arus, dan suhu. Hasil data dari NodeMCU V3 akan dikeluarkan ke penampil LCD 16 x 2. Pada LCD 16 x 2 akan menampilkan data berupa nilai tegangan, arus, dan suhu. Seluruh komponen perangkat keras tersimpan dan tersusun rapi dalam *case box* agar komponen terlindungi dengan baik.

Perancangan perangkat lunak ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Perancangan perangkat lunak.

Perancangan perangkat lunak menggunakan *software* pemrograman C++ yaitu Arduino IDE. Arduino IDE merupakan perangkat lunak gratis yang dapat diunduh melalui situs resmi Arduino [13]. Perancangan *software* untuk memantau tegangan, arus, dan suhu baterai berbasis IoT dimulai dari NodeMCU V3 yang akan memproses data yang diterima dari sensor suhu,

sensor tegangan, dan sensor arus yang didapat melalui komunikasi serial dengan Arduino Uno, dan mengirimkan data tersebut melalui koneksi jaringan internet ke *server firebase*. Nantinya, *server firebase* membaca nilai tegangan, arus, dan suhu yang dihasilkan oleh baterai. Data dari *server firebase* akan tersimpan dalam *spreadsheet* melalui koneksi jaringan internet. Baik data tegangan, arus, dan suhu selanjutnya dikirimkan ke MIT APP Inventor yang terkoneksi dengan jaringan internet untuk kemudian ditampilkan pada aplikasi tatap muka.

Pengujian Sistem

Proses pengujian ini memastikan bahwa alat bekerja seperti yang diharapkan. Pengujian meliputi pengujian sensor-sensor, pengujian aplikasi, dan pengujian sistem *monitoring* pada unit alat berat. Pengujian sensor tegangan membandingkan tegangan yang diukur dengan multimeter dan terukur pada sensor tegangan. Pengujian sensor arus membandingkan antara arus yang diukur *clamp meter* dengan yang terukur pada sensor arus. Uji sensor suhu membandingkan antara suhu yang terukur dengan termometer dan terukur pada sensor suhu. Pengambilan data dalam pengujian perbandingan sensor-sensor dengan alat-alat ukur tersebut dilakukan selama 5 menit.

Data yang dihasilkan oleh sistem *monitoring* harus memiliki nilai yang sama dengan alat ukur. Jika ada selisih, maka selisihnya tidak melebihi batas normal. Perbandingan persamaan nilai antara sistem *monitoring* dengan alat ukur adalah 85% [14]. Perhitungan persen kesalahan pembacaan nilai tegangan, arus, dan suhu oleh sensor-sensor dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur, dapat dihitung dengan Persamaan 1 sebagai berikut.

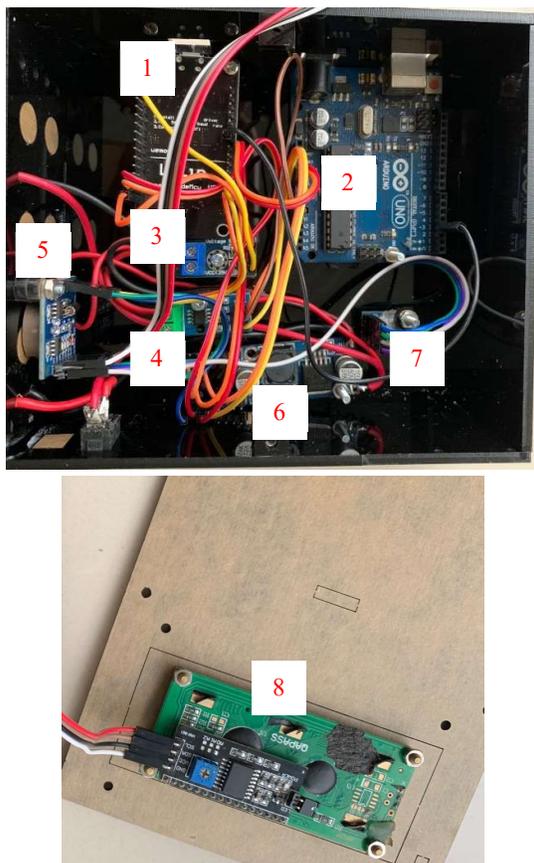
$$\%Error = \frac{Nilai\ Sistem - Nilai\ Pengukuran}{Nilai\ Pengukuran} \times 100\% \quad (1)$$

Pengujian pengiriman data dilakukan untuk mengetahui rata-rata rentang waktu pengiriman data dari NodeMCU V3 hingga terekam di *spreadsheet*. Pengujian pengiriman data ini dilakukan dengan durasi 5 menit. Dengan adanya pengujian pengiriman data, dapat mendukung sistem berjalan dengan baik dan benar. Pengujian sistem *monitoring* pada unit alat berat berfokus untuk mengetahui selisih dan persen kesalahan nilai tegangan, arus, dan suhu yang tertampak pada LCD dan *spreadsheet*. Pengujian saat kondisi unit tidak berjalan dan pengujian dengan kondisi unit berjalan dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

Alat sistem *monitoring* tegangan, arus, dan suhu baterai ini dibangun menggunakan *case box* dengan panjang 12,5 cm, lebar 14,5 cm, dan tinggi 5 cm. *Case box* yang digunakan terbuat dari bahan akrilik yang berwarna hitam. Gambar 4 menunjukkan hasil perencanaan perangkat keras yang terdiri dari LCD 16 x 2 untuk menampilkan nilai tegangan, arus, dan suhu

baterai. Rangkaian sensor DCV 0-25, sensor ACS758, sensor MLX90614 sebagai penerima data tegangan, arus, dan suhu baterai. Mikrokontroler NodeMCU V3 dan Arduino Uno berfungsi untuk pengontrol input dan output data. *Realtime Clock* (RTC) DS1307 untuk memberikan informasi tanggal, hari, tahun, jam, menit, dan detik. *Step Down* DC LM2596 memiliki fungsi mengatur tegangan yang masuk dari baterai ke perangkat elektronik.



Gambar 4. Hasil perancangan alat.

Keterangan:

1. NodeMCU V3
2. Arduino Uno V3
3. Sensor DCV 0-25
4. Sensor Arus ACS758
5. *Realtime Clock* DS1307
6. *Step Down* LM2596
7. Sensor Suhu MLX90614
8. LCD 16 x 2

Pengujian Sensor DCV 0-25

Pengujian sensor DCV 0-25 dilakukan untuk menghitung rata-rata persen kesalahan nilai tegangan oleh sensor dengan hasil pengukuran tegangan

menggunakan *voltmeter*. Hasil rata-rata pengumpulan data tegangan baterai yang diukur menggunakan sensor DCV 0-25 dan *voltmeter* ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian sensor DCV 0-25.

Hasil	<i>Voltmeter</i>	Sensor	Selisih	Error
DCV				
<i>Mean</i>	12,04 V	12,09 V	0,05	0,43%

Rata-rata selisih pada kedua pengukuran yang dilakukan adalah 0,05 atau *error* 0,43%. Nilai ini dapat dikatakan relatif kecil karena masih di bawah 1% yang berarti bahwa pengukuran dengan sensor DCV 0-25 memberikan hasil yang akurat [16].

Pengujian Sensor Arus ACS758

Pengujian sensor arus ACS758 dilakukan untuk menghitung rata-rata persen kesalahan nilai arus oleh sensor dengan hasil pengukuran arus menggunakan *clamp meter*. Arus yang diukur dalam pengujian ini adalah arus DC. Hasil rata-rata pengumpulan data arus baterai yang diukur menggunakan sensor arus ACS758 dan *clamp meter* ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor ACS758.

Hasil	<i>Clamp Meter</i>	Sensor	Selisih	Error
ACS758				
<i>Mean</i>	0,99 A	1,02 A	0,03	2,7%

Pengujian Sensor Suhu MLX90614

Pengujian sensor suhu MLX90614 dilakukan untuk menghitung rata-rata persen kesalahan nilai arus oleh sensor dengan hasil pengukuran arus menggunakan termometer. Hasil rata-rata pengumpulan data suhu baterai yang diukur menggunakan sensor suhu MLX90614 dan termometer ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut.

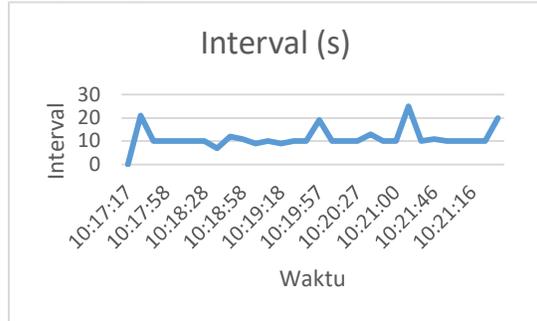
Tabel 3. Hasil pengujian sensor MLX90614.

Hasil	Termometer	Sensor	Selisih	Error
Suhu				
<i>Mean</i>	29,14°C	29,15 °C	0,07	0,23%

Berdasarkan data rata-rata hasil pengujian pada Tabel 3, maka dapat dilihat bahwa nilai rata-rata pengukuran menggunakan termometer dan sensor MLX90614 (°C) tidak jauh berbeda masing-masing sebesar 29,14°C dan 29,15 °C. Nilai rata-rata selisih antara pengukuran menggunakan termometer dengan sensor suhu MLX90614 adalah sebesar 0,07 atau dengan *error* 0,23%. Berdasarkan data tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pengukuran suhu menggunakan sensor MLX90614 memiliki tingkat presisi yang tinggi [13].

Pengujian Pengiriman Data

Pengujian pengiriman data dilakukan untuk menguji durasi pengiriman data menuju *spreadsheet*, kemudian data tersebut diambil dan ditampilkan pada aplikasi tatap muka. Pengujian pengiriman data ini dilakukan dengan durasi waktu selama 5 menit seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik interval (detik) pengiriman data.

Dari Gambar 5 di atas, dapat dilihat bahwa interval waktu paling banyak adalah 10 detik, sedangkan rata-rata lamanya pengiriman data NodeMCU V3 dengan *server firebase* adalah 11,23 detik. Perbedaan lama pengiriman data dalam pengujian ini dapat dipengaruhi oleh koneksi internet, keterlambatan mikrokontroler dalam memproses data, dan respon dari *server* dalam menerima data [14,15].

Pengujian Sistem pada Unit Tandem Static Roller

Hasil pemantauan tegangan pada baterai *tandem static roller* menyala, namun tidak dijalankan dan *tandem static roller* menyala dan dijalankan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui selisih nilai tegangan, arus dan suhu baterai yang tampak di LCD dan terekam pada *spreadsheet*. Hasil pengumpulan data pengujian pada *tandem static roller* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perbandingan nilai yang tertampak pada LCD dan spreadsheet (tandem static roller).

Kondisi Unit	Hasil Perbandingan			
	Mean	V	A	°C
Saat Tidak	Selisih	0	0	0
Dijalankan	Error	0%	0%	0%
Saat Dijalankan	Selisih	0	0	0
	Error	0%	0%	0%

Hasil perbandingan data yang ditampilkan pada LCD dengan data yang terdapat pada *spreadsheet* yang dirancang, baik pada saat alat tidak dijalankan maupun pada saat alat dijalankan. Perbandingan ini dilakukan untuk menguji keakuratan *transfer* data menggunakan *board* NodeMCU V3 yang mengirimkan data digital ke LCD dan dapat mengirimkan data melalui jaringan internet menggunakan modul Wi-Fi yang nantinya akan terekam dalam *spreadsheet*. Dapat dilihat nilai tegangan, arus, dan suhu pada LCD dan data yang di *transfer* pada *spreadsheet* tidak ada perbedaan. Hal ini

dapat dibuktikan dengan nilai selisih yang bernilai 0 untuk semua pengujian baik pada saat alat tidak dijalankan maupun saat alat dijalankan. Nilai tegangan pada awal pengamatan lebih besar dibanding dengan saat unit dijalankan. Namun secara keseluruhan, nilai tegangan saat unit tidak dijalankan pada pemantauan berikutnya lebih besar dibandingkan dengan saat unit dijalankan.

Pengujian Sistem pada Unit Mini Excavator

Alat berat yang juga dilakukan pengujian pemantauan sistem *monitoring* adalah unit *mini excavator*. Pada unit *mini excavator*, akan dilakukan pemantauan tegangan, arus dan suhu pada baterai *mini excavator*, baik saat unit menyala namun tidak dijalankan dan saat unit menyala dan alat dijalankan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui selisih nilai tegangan, arus, dan suhu baterai yang tampak di LCD dan terekam pada *spreadsheet*. Hasil pengumpulan data pengujian pada *tandem static roller* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 5. Hasil perbandingan nilai yang tertampak pada LCD dan spreadsheet (mini excavator).

Kondisi Unit	Hasil Perbandingan			
	Mean	V	A	°C
Saat Tidak	Selisih	0	0	0
Dijalankan	Error	0%	0%	0%
Saat Dijalankan	Selisih	0	0	0
	Error	0%	0%	0%

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa nilai arus yang ditampilkan pada LCD sama dengan nilai tegangan, arus, dan suhu yang terekam pada *spreadsheet*, baik ketika saat unit tidak dijalankan maupun pada saat unit dijalankan. Nilai selisih diperoleh dari hasil pengurangan antara data pada LCD dengan data pada *spreadsheet*. Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa selisih pada masing-masing pengamatan bernilai 0. Artinya tidak terdapat kesalahan atau perbedaan data pada LCD dengan data pada *spreadsheet*.

Pengujian Sistem pada Unit Combination Road Roller

Perbandingan nilai tegangan, arus dan suhu pada baterai *combination road roller* pada LCD dan *spreadsheet* saat unit menyala namun tidak dijalankan dan *combination road roller* menyala dan dijalankan, hasil perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perbandingan nilai yang tertampak pada LCD dan spreadsheet (combination road roller).

Kondisi Unit	Hasil Perbandingan			
	Mean	V	A	°C
Saat Tidak	Selisih	0	0	0
Dijalankan	Error	0%	0%	0%
Saat Dijalankan	Selisih	0	0	0
	Error	0%	0%	0%

Selisih yang merupakan hasil pengurangan nilai suhu pada LCD dengan pada *spreadsheet* bernilai pada setiap titik yang berarti bahwa tidak ada perbedaan data nilai tegangan, arus, dan suhu pada LCD dan *spreadsheet*. Berdasarkan hasil pemantauan yang dilakukan pada unit *combination road roller*, baik saat tidak dijalankan maupun saat dijalankan, tidak ada perbedaan antara nilai pada LCD dengan nilai pada *spreadsheet*, sehingga sistem yang dirancang dapat dikatakan bekerja dengan baik dan dapat mempermudah pengguna agar dapat selalu memantau kondisi terakhir tegangan, arus maupun suhu baterai pada unit *combination road roller*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada sistem *monitoring* yang telah dirancang, maka didapatkan hasil rata-rata kesalahan pembacaan nilai tegangan oleh sensor sebesar 0,43%, pembacaan nilai arus oleh sensor memiliki rata-rata kesalahan 2,7%, pembacaan nilai suhu oleh sensor memiliki rata-rata kesalahan 0,23%, rata-rata rentang waktu pengiriman data menggunakan *board* NodeMCU V3 untuk dapat terekam pada *spreadsheet* adalah 11,23 detik, dan hasil perbandingan data pada *spreadsheet* dan LCD di tiga unit menunjukkan tidak terdapat selisih.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih diucapkan kepada PT Armada Hada Graha atas dukungannya pada pengujian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Pratasis, P. A. K., “Kelayakan investasi studi kasus alat berat bulldozer, excavator dan dump truck di Kota Manado”, *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 4, No. 9, 2016.
- [2] Hamid, R. M., Rizky, R., Amin, M., & Dharmawan, I. B., “Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM”, *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, Vol. 4, No. 2, 130-136, 2016.
- [3] Afif, M. T., & Pratiwi, I. A. P., “Analisis perbandingan baterai lithium-ion, lithium-polymer, lead acid dan nickel-metal hydride pada penggunaan mobil listrik-review”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 6, No. 2, 95-99, 2015.
- [4] Agustian, L., “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kondisi Aki Pada Kendaraan Bermotor”, *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, Vol. 1, No. 1, 2015.
- [5] Barasa, I. N., Simiyu, J., Waita, S., & Wekesa, D., “Automobile Battery Monitoring System using Arduino Uno R3 Microcontroller Board”, 2017.
- [6] Firdaus, H., Rustendi, E., & Herdiana, “Analisis Konsumsi Arus Listrik Pada Mobil *Multi Purpose Vehicle*”, *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, Vol. 8, No. 1, 2021
- [7] UD Trucks Corporation, *Electrical System*, Saitama: UD Trucks Corporation, 2011.
- [8] Rizkyanto, C., *Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Ketahanan Kontainer Baterai untuk Meningkatkan Service Life pada Free Maintenance Battery*, Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [9] Susanto, H., “Desain dan Implementasi Pemantau Tegangan dan Arus Motor DC Menggunakan Konsep Internet of Things (IoT)”, *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, Vol. 5, No. 1, 5-12, 2018.
- [10] LM2596 Simple Switcher ® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator Typical Application, www.ti.com. Diakses: Januari 2022.
- [11] Khan, S. R., Kabir, A., & Hossain, D. A., “Designing smart multipurpose digital clock using real time clock (RTC) and PIC microcontroller”, *International Journal of Computer Applications*, Vol. 41, No. 9, 40-42, 2012.
- [12] Laksana, A., *Kontrol Sistem Charging Pembangkit Listrik Tenaga Bayu PT. Lentera Bumi Nusantara Berbasis Internet Of Things (IOT)*, Thesis., Universitas Siliwangi, 2021.
- [13] Putri, S. A., Asni B, A., Fitri, A., & Elektro, T., “Perancangan Prototype Mesin Pembersih kabel transmisi listrik berbasis internet”, *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, Vol. 4, No. 1, 12–17, 2019.
- [14] Harijanto, A., As’adi, Z., & Supriadi, B., “Sistem Monitoring Arus dan Tegangan Pada Baterai Kendaraan Bermotor (ACCU) Berbasis Arduino Uno”, *FKIP E-PROCEEDING*, Vol. 2, No. 1, 7–7, 2017.
- [15] Kusuma, M. S. Q. A., Sumaryo, S., & Budiman, F., “Sistem Pemantauan Dan Kontrol Parameter Baterai Aki Pada Robot Edutainment Berbasis Arduino & Android”, *eProceedings of Engineering*, Vol. 7, No. 1, 2020.