

Rancang Bangun Data Logger Pengujian Baterai Kendaraan Listrik Lithium-Ion 72 V 30 Ah dengan Beban Tiruan Water Rheostat Berbasis IoT

Putu Kevin Paramarta ^{1*}, Anak Agung Ngurah Gde Sapteka ², I Wayan Jondra ³

¹D4 Teknik Otomasi, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

²D4 Teknik Otomasi, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

³D3 Teknik Listrik, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

*kevintdka@gmail.com

Abstrak: Rancang Bangun Data Logger Pengujian Baterai Kendaraan Listrik Lithium-Ion 72 V 30 Ah dengan Beban Tiruan Water Rheostat Berbasis IoT adalah penelitian yang bertujuan untuk menguji performa baterai kendaraan listrik. Parameter yang diukur dengan alat ini adalah tegangan, arus, daya, dan energi baterai kendaraan listrik menggunakan PZEM-017 serta suhu baterai kendaraan listrik menggunakan sensor DS18B20. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP8266, dan data ditampilkan melalui layar OLED yang terdapat pada alat, Blynk berupa grafik dan Spreadsheet berupa tabel. Error dan akurasi pengukuran tegangan menggunakan PZEM-017 dibandingkan dengan multimeter kategori II dengan nilai error sebesar 0.00468% dan nilai akurasi sebesar 99.99532%, error dan akurasi pengukuran arus menggunakan PZEM-017 dibandingkan dengan multimeter kategori II dengan nilai error sebesar 0,03279% dan nilai akurasi sebesar 99,96721%. Error dan akurasi pengukuran suhu baterai menggunakan sensor DS18B20 adalah nilai error sebesar 0,02737% dan nilai akurasi sebesar 99,97263%.

Kata Kunci: Baterai, ESP8266, Data Logger, IoT

Abstract: The Design and Development of an IoT-Based Data Logger for Testing a 72 V 30 Ah Lithium-Ion Electric Vehicle Battery with Water Rheostat Dummy Load is a study that aims to test the performance of an electric vehicle battery. The parameters measured by this tool are the voltage, current, power, and energy of the electric vehicle battery using the PZEM-017 and the temperature of the electric vehicle battery using the DS18B20 sensor. The microcontroller used is ESP8266, and the data is displayed via the OLED screen on the device, Blynk is in the form of a graph, and a spreadsheet is in the form of a table. Error and accuracy of voltage measurement using PZEM-017 compared to category II multimeter with an error value of 0.00468% and accuracy value of 99.99532%, error and current measurement using PZEM-017 compared to the category II multimeter with an error value of 0.03279% and an accuracy value of 99.96721%. Error and accuracy of battery temperature using the DS18B20 with an error value of 0.02737% and accuracy value of 99.97263%.

Keywords: Baterai, ESP8266, Data Logger, IoT

Informasi Artikel: Pengajuan Repository pada Januari 2023

Pendahuluan

Perkembangan teknologi di dunia otomotif sudah semakin maju, begitu pun juga dengan kendaraan listrik yang saat ini perkembangannya kian melesat dari tahun ke tahun. Indonesia telah menyatakan kesiapannya untuk memasuki era kendaraan listrik. Tekad ini diperkuat melalui penerbitan Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle/BEV) untuk Transportasi Jalan. Pemerintah menargetkan produksi BEV pada tahun 2030 dapat mencapai 600 ribu unit untuk roda 4 atau lebih, serta 2,45 juta unit untuk roda 2 [1].

Kendaraan listrik membutuhkan suplai tenaga untuk bergerak serta mengoperasikan komponen kelistrikannya, maka dari itu digunakanlah baterai. Terdapat banyak macam baterai, tapi yang umum digunakan di kendaraan listrik, yaitu: accu, lithium-ion, dan lithium-polymer. Proses pengosongan (discharge) saat pemakaian menyebabkan kapasitas baterai menurun. Bila baterai tidak di-charge kembali, baterai tidak dapat digunakan karena dayanya tidak cukup untuk menyuplai tenaga untuk kendaraan listrik. Selain itu, kondisi discharge secara penuh berbahaya bagi baterai karena dapat merusak dan memperpendek usia baterai bila tidak di-charge kembali, terutama baterai accu.

Data logger adalah perangkat elektronika yang dapat mengambil dan mencatat data dari waktu ke waktu baik yang terintegrasi dengan sensor atau instrumen secara continue [2]. Alat ini memonitor arus, tegangan, daya, energi, dan suhu baterai kendaraan listrik. Sensor dan instrumen untuk perancangan bangun alat ini antara lain: NodeMCU ESP8266 merupakan mikrokontroler yang mempunyai fasilitas koneksi Wi-Fi. Karena merupakan mikrokontroler, modul ini mempunyai prosesor dan memori yang dapat diintegrasikan dengan sensor maupun aktuator melalui pin GPIO [3]; Peacefair PZEM-017 yang merupakan modul komunikasi DC yang dengan kapasitas arus DC hingga 300A dipengaruhi oleh nilai shunt resistor yang digunakan, dalam tegangan maksimum 300V. PZEM-017 merupakan modul merk Peacefair, buatan Tiongkok yang mengkhususkan diri pada produk metering. Modul ini dapat mengukur tegangan, arus, daya dan energi. Semua seri PZEM Energy Meters memiliki antarmuka komunikasi RS485 [4]; current shunt resistor yang berfungsi untuk menyimpangkan sebagian kuat arus yang akan diukur sehingga kuat arus yang melalui amperemeter lebih kecil atau sama dengan batas ukur amperemeter itu [5]. Adapun hambatan shunt yang digunakan dalam penelitian ini berspesifikasi 50 A, drop tegangan yang melewati hambatan sebesar 75 mV dengan hambatan sebesar 1.5mΩ; I2C OLED (Organic Light-Emitting Diode) display adalah Light-Emitting Diode (LED) dimana lapisan emissive electroluminescent merupakan lembaran senyawa organik yang akan memancarkan cahaya bila dilalui arus elektrik. Lapisan bahan semikonduktor organik ini diletakkan di antara dua elektroda. Umumnya salah satu elektroda tersebut tembus pandang [6]; sensor DS18B20 sebagai pengukur suhu baterai; modul RS485 adalah modul jaringan balanced line dengan sistem pengiriman data secara half-duplex. Standar RS485 ditetapkan oleh Electronic Industries Association dan Telecommunication Industries Association pada tahun 1983 yang disebut EIA/TIA-485 Standard for Electrical Characteristics of Generators and Receivers for use in a Balanced Digital Multipoint System. Artinya, sistem transmisi saluran ganda yang dipakai oleh RS485 memungkinkan untuk digunakan sebagai saluran komunikasi multi-drop dan multipoint. RS485 dapat digunakan sebagai jaringan transfer data dengan jarak maksimal 1,2 km [7]; Blynk dan Spreadsheet sebagai tempat menyimpan dan menampilkan data baterai melalui laptop atau smartphone, dan baterai lithium-ion 3,7 V 2100mAh di seri dua, dan LM2596 buck converter untuk menurunkan tegangan baterai menjadi 5V yang menjadi catu daya alat ini.

Penelitian sebagai referensi untuk penulisan artikel skripsi ini adalah penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh M. Hidayat dan Peri Alvian Pradana dari Program Studi Teknik Produksi & Proses Manufaktur, Politeknik Manufaktur Astra, pada tahun 2018 yang berjudul “Pembuatan Alat Life Cycle Test Lithium Battery Menggunakan Arduino Uno”. Penelitian ini membuat alat yang dinamakan Life Cycle Test. Alat ini berfungsi untuk memonitoring jangka hidup baterai lithium-polymer (Li-Po). Alat ini dilengkapi dengan beberapa piranti yaitu sensor ACS untuk membaca arus ketika proses charging, sensor CSLA untuk membaca arus ketika proses discharging, dan voltage divider untuk membaca tegangan lithium battery, dan juga SD card yang terdapat pada modul data logger yang digunakan untuk menyimpan data dari hasil pengujian [8].

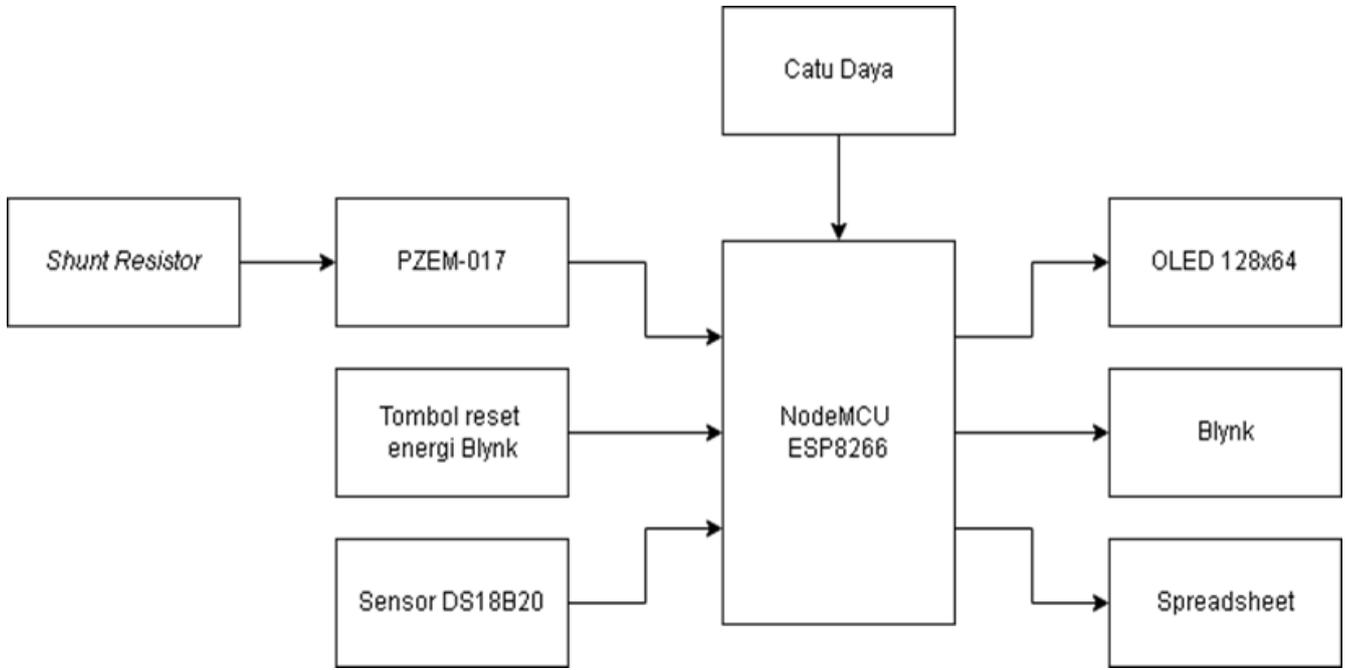
Penelitian yang kedua dilakukan oleh Zainul As’adi dkk. dari Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember, pada tahun 2017 yang berjudul “Sistem Monitoring Arus dan Tegangan pada Baterai Kendaraan Bermotor (Accu) Berbasis Arduino Uno”. Piranti yang digunakan pada alat ini adalah modul sensor arus, tegangan, dan modul SD card yang nantinya data akan di input ke dalam Microsoft Excel. Sumber daya mikrokontroler dan load pada alat ini berasal dari satu sumber, yaitu aki kering 12V [9].

Penelitian yang ketiga dilakukan oleh Nensy Is Suendri dkk. dari Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, pada tahun 2018 yang berjudul “Analisa Performa Brushless Motor DC pada Mobil Listrik Molista”. Tujuan penelitian ini adalah mengaplikasikan motor BLDC 48V-800W mengetahui tingkat performa dari motor BLDC pada lintasan yang berbeda agar diketahui konsumsi energi yang digunakan. Nilai parameter performa kendaraan diwakili oleh tegangan, arus, kecepatan, dan daya untuk dilakukan analisa terhadap konsumsi energi yang digunakan dan perilaku pengemudi [10].

Metode

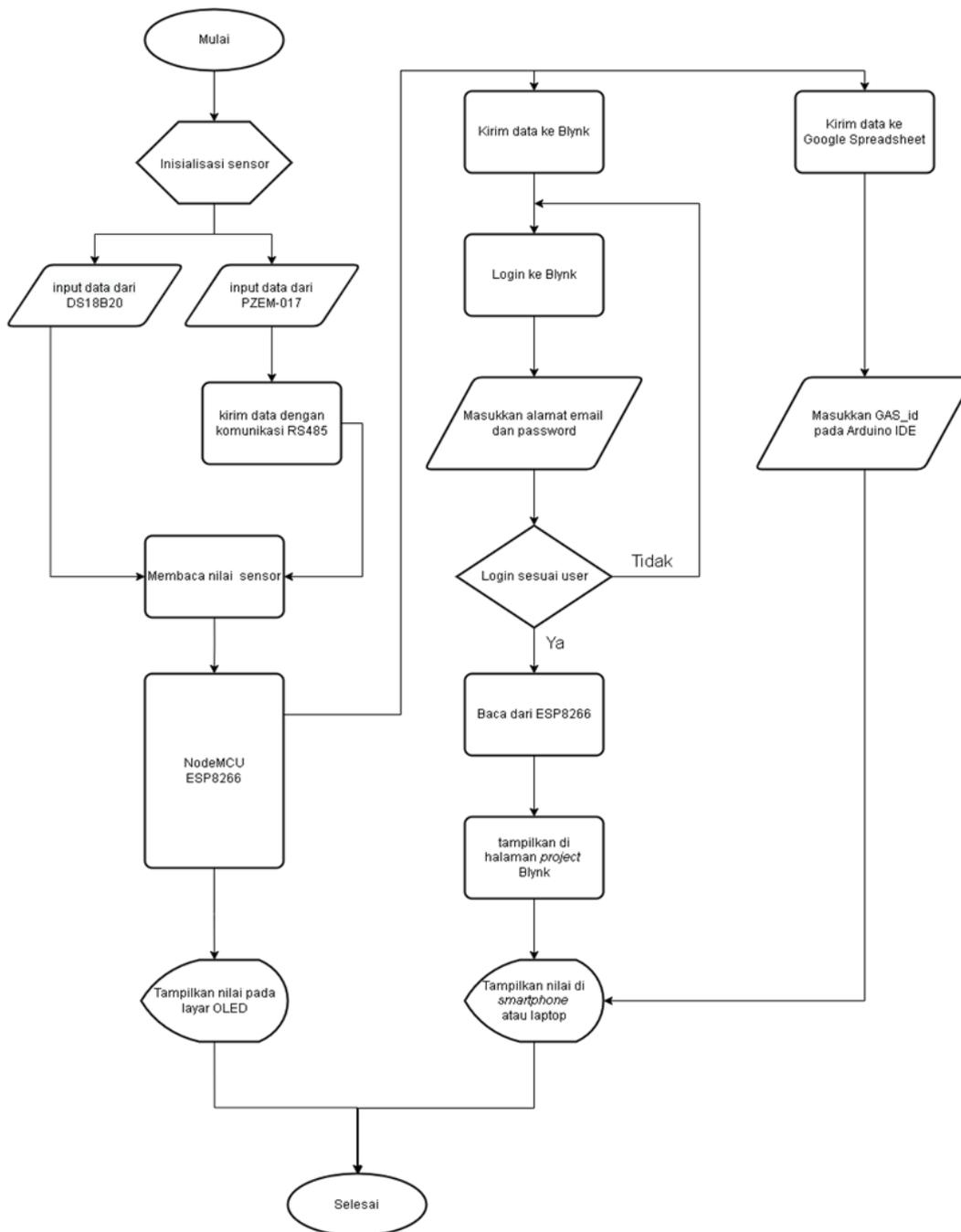
Metode penelitian yang diterapkan adalah metode penelitian kuantitatif eksperimen. Data hasil penelitian ditampilkan melalui Google Spreadsheet dan Blynk. Data berupa rentang waktu pengujian, keluaran arus, tegangan, daya, energi, suhu, akurasi pembacaan keluaran, serta perbandingan data dari pengukuran menggunakan instrumen pengukuran lain. Pengukuran keakuratan pembacaan nilai sensor dibandingkan dengan multimeter kategori II dan thermometer raksa. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan perubahan input arus, tegangan, daya, dan suhu pada sensor dan multimeter maupun thermometer.

Pada diagram blok di bawah ditunjukkan bahwa input dari sistem data logger ini adalah current shunt resistor yang menuju ke PZEM-017, tombol reset energi pada Blynk, dan sensor suhu DS18B20. Pada bagian proses terdapat NodeMCU ESP8266 sebagai kontroler yang akan menjadi pusat pembacaan, pengolahan, dan pengiriman data. Pada bagian output terdapat OLED 128x64 yang menampilkan data secara langsung ke pengguna, Blynk yang akan menampilkan data pengukuran berupa grafik, dan Google Spreadsheet yang menyimpan data pengukuran berupa tabel. Hasil dari pengukuran akan disimpan di Google Spreadsheet, ditampilkan pada layar OLED dan juga Blynk.



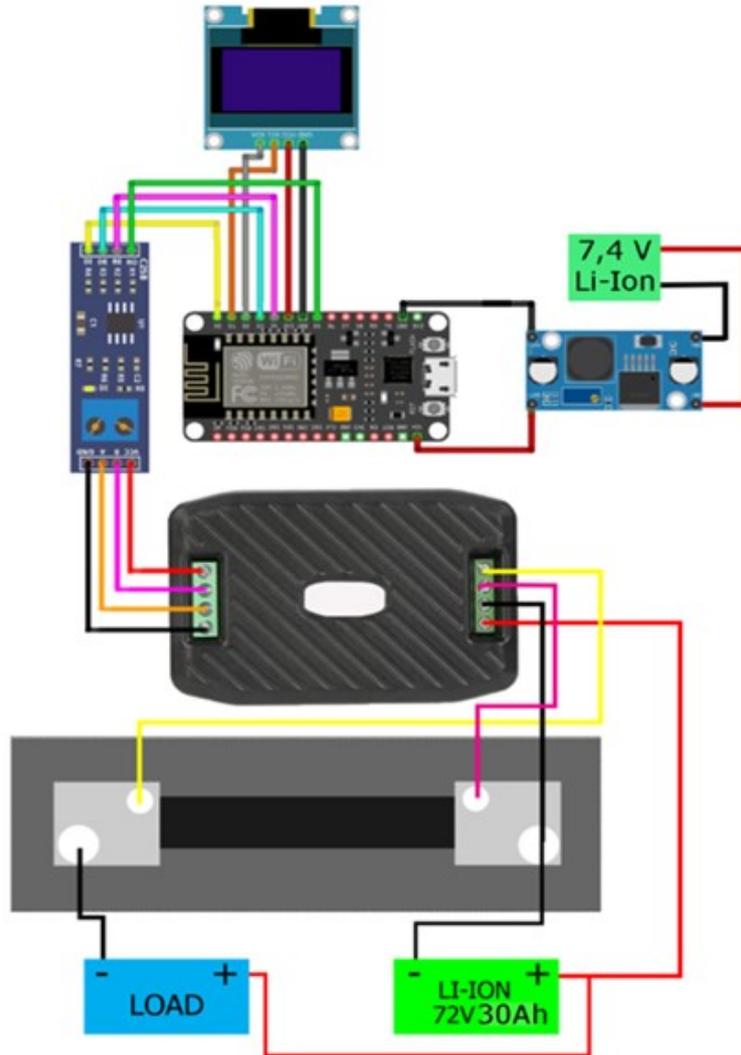
Gambar 1. Diagram blok

Kerja sistem alat ini dimulai dengan memberi nilai awal tertentu yang dilakukan saat deklarasi variabel dan konstanta kepada sensor. Saat sensor dan komponen penunjang lainnya sudah terinisialisasi, selanjutnya dapat menginput data menuju ESP8266. Karena PZEM-017 menggunakan sistem komunikasi serial, maka diperlukan modul RS485. ESP8266 lalu mengirimkan nilai pengukuran menuju Blynk dan Spreadsheet, serta menampilkan data di OLED. Sebelum dapat menggunakan fitur Blynk, pengguna harus login akun Blynk yang telah dibuat sebelumnya menggunakan Gmail, lalu membuat halaman project dan Blynk mengirimkan kode autentikasi menuju Gmail yang dipakai untuk login. Untuk mengirim data ke Google Spreadsheet, perlu memasukkan GAS_id yang dapat disalin pada Apps Script di Spreadsheet dan memasukkannya pada source code Arduino IDE. Jika Blynk dan Spreadsheet sudah berhasil terhubung dengan ESP8266, selanjutnya dapat dilihat tampilan datanya pada smartphone atau laptop.



Gambar 2. Flowchart sistem

Gambar 3 di bawah adalah skema wiring untuk alat ini. Pin Vin dan GND dihubungkan dengan buck converter yang juga sudah terhubung dengan baterai Li-Ion 7.4 V sebagai penyuplai tenaga untuk ESP8266 agar dapat hidup dan berjalan. Selanjutnya, pin D2 dan D3 masing – masing menuju pin SCL dan SDA, 3V3 dan GND menuju pin VCC dan GND pada OLED. Untuk pin SCL dan SDA harus terhubung dengan D2 dan D3 karena hanya pin ini yang terdapat fungsi I2C pada ESP8266. Pada baterai Li-Ion 7.4V 30Ah yang diuji, kutub positifnya terhubung dengan kutub positif beban dan input positif dari PZEM-017 yang ditunjukkan dengan garis berwarna merah pada gambar di bawah. Pada shunt resistor, kutub negatif yang ditunjukkan dengan garis berwarna hitam pada beban terhubung ke soket sebelum arus melewati shunt resistor. Garis kuning dan merah adalah soket setelah arus telah melewati shunt resistor yang terhubung dengan PZEM – 017. Pada soket setelah melewati shunt resistor, secara paralel terhubung kutub negatif menuju baterai dan menuju PZEM-017. Pada PZEM-017 dan RS485 terhubung pin VCC, B, A, dan GND masing - masing dengan pin dengan label yang sama. Pada RS485 dan ESP8266, terhubung pin DI ke Do, pin DE ke D3, RE ke D4, dan RO ke D5.



Gambar 3. Diagram wiring

Hasil dan Pembahasan

Gambar 4 di bawah menampilkan realisasi dari perancangan alat data logger sesuai dengan rencana yang telah dipaparkan sebelumnya. Tampilan logging data dapat dilihat pada Gambar 5 yang merupakan tampilan pada Google Spreadsheet dan Gambar 6 tampilan pada Blyn.



Gambar 4. Realisasi alat data logger

Logging Data PZEM017 & DS18B20

File Edit Tampilan Sisipkan Format Data Alat Ekstensi Bantuan Terakhir diedit beberapa d...

100% Rp % .0 .00 123 Default (Ari... 10 B I S A

	A	B	C	D	E	F	G
1	Tanggal	Jam	Voltage (V)	Arus (A)	Power (W)	Energy (kWh)	Suhu
59	18/09/2022	03.39.17	73.26	9.28	679.80	90.00	26.31
60	18/09/2022	03.39.21	73.28	9.28	680.00	91.00	26.31
61	18/09/2022	03.39.25	73.27	9.28	679.90	92.00	26.38
62	18/09/2022	03.39.29	73.26	9.30	681.30	93.00	26.31
63	18/09/2022	03.39.34	73.25	9.34	684.10	94.00	26.31
64	18/09/2022	03.39.38	73.25	9.35	684.80	94.00	26.31
65	18/09/2022	03.39.42	73.26	9.38	687.10	95.00	26.31
66	18/09/2022	03.39.46	73.23	9.43	690.50	96.00	26.31
67	18/09/2022	03.39.50	73.26	9.47	693.70	97.00	26.31
68	18/09/2022	03.39.54	73.23	9.47	693.40	97.00	26.38
69	18/09/2022	03.39.59	73.16	9.55	698.60	98.00	26.31
70	18/09/2022	03.40.03	73.24	9.54	698.70	99.00	26.38
71	18/09/2022	03.40.07	73.20	9.62	704.10	100.00	26.38
72	18/09/2022	03.40.11	73.17	9.63	704.60	101.00	26.38
73	18/09/2022	03.40.15	73.19	9.62	704.00	101.00	26.31
74	18/09/2022	03.40.19	73.20	9.60	702.70	102.00	26.38
75	18/09/2022	03.40.23	73.19	9.69	709.20	103.00	26.38
76	18/09/2022	03.40.27	73.18	9.63	704.70	104.00	26.38
77	18/09/2022	03.40.31	73.16	9.71	710.30	105.00	26.38
78	18/09/2022	03.40.35	73.15	9.72	711.00	105.00	26.38
79	18/09/2022	03.40.39	73.18	9.68	708.30	106.00	26.38
80	18/09/2022	03.40.44	73.17	9.70	709.70	107.00	26.38
81	18/09/2022	03.40.47	73.15	9.72	711.00	108.00	26.31
82	18/09/2022	03.40.51	73.18	9.69	709.10	109.00	26.31
83	18/09/2022	03.40.55	73.20	9.64	705.60	109.00	26.44

Gambar 5. Halaman Google Spreadsheet



Gambar 6. Halaman project Blynk

Pengujian data logger berupa pengujian akurasi dan error pengukuran tegangan dibandingkan dengan multimeter kategori II, akurasi dan error pengukuran arus dibandingkan dengan multimeter kategori II, dan pengukuran suhu baterai dibandingkan dengan thermometer.

Terlihat pada Tabel 1 pengujian kalibrasi tegangan dilakukan selama kurang lebih 1 menit. Dari hasil pengujian yang didapatkan, rata - rata error dan akurasi pengukuran tegangan dengan rata - rata error sebesar 0,00468% dan rata - rata akurasi sebesar 99,99532%.

Tabel 1. Kalibrasi pengukuran tegangan

Waktu	Tegangan	Tegangan (Multimeter)	Error (%)	Akurasi (%)	Arus	Daya	Vol. Air (Liter)
20.18.17	77,19	77,2	0,0001	99,9999	0,00	0,00	0,73
20.18.23	77,18	77,2	0,0003	99,9997	0,00	0,00	1,01
20.18.29	76,29	76,7	0,0053	99,9947	1,93	147,20	1,88
20.18.35	75,37	76,0	0,0083	99,9917	3,90	293,90	2,62
20.18.42	74,35	74,7	0,0047	99,9953	6,12	455,00	2,77
20.18.49	73,63	74,0	0,0005	99,9995	7,66	564,00	3,12
20.18.56	72,94	73,5	0,0076	99,9924	09,04	659,30	3,27
20.19.02	72,27	72,8	0,0073	99,9927	10,51	759,50	3,44
20.19.10	71,71	72,0	0,0004	99,9996	11,60	831,80	3,55
20.19.19	70,90	71,2	0,0042	99,9958	12,99	920,90	4,07
Rata - Rata (%)			0,00468	99,99532			

Pada Tabel 2 pengujian kalibrasi arus dilakukan selama kurang lebih 1 menit. Dari hasil pengujian yang didapatkan, rata - rata error dan akurasi pengukuran arus adalah rata - rata error sebesar 0,03279% dan rata - rata akurasi sebesar 99,96721%.

Tabel 2. Kalibrasi pengukuran arus

Waktu	Tegangan	Arus	Arus (Multimeter)	Error (%)	Akurasi (%)	Daya	Vol. Air (Liter)
19.33.27	76,79	0,07	0,07	0	100	5,30	1,17
19.33.34	75,48	3,09	3,20	0,0344	99,9656	233,20	2,24
19.33.40	75,00	4,25	4,39	0,0319	99,9681	318,70	2,89
19.33.45	74,60	5,07	5,21	0,0269	99,9731	378,20	3,16
19.33.51	74,20	6,01	6,29	0,0445	99,9555	445,90	3,31
19.33.56	73,81	6,71	7,04	0,0469	99,9531	495,20	3,45
19.34.01	73,47	7,41	7,76	0,0451	99,9549	544,40	3,57
19.34.07	73,19	7,95	8,32	0,0445	99,9555	581,80	3,70
19.34.12	72,90	8,49	8,82	0,0374	99,9626	618,90	3,81
19.34.17	72,60	9,12	9,39	0,0288	99,9712	662,10	3,99
19.34.23	72,25	9,66	9,86	0,0203	99,9797	697,90	4,11
Rata - Rata (%)				0,03279	99,96721		

Pada Tabel 3 dilakukan pengujian kalibrasi suhu baterai selama kurang lebih 1 menit. Dari hasil pengujian yang didapatkan, rata - rata error dan akurasi pengukuran suhu adalah rata - rata error sebesar 0,02737% dan rata - rata akurasi sebesar 99,97263%.

Tabel 3. Kalibrasi pengukuran suhu baterai

Waktu	Tegangan	Arus	Daya	Suhu(°C)	Suhu (Thermometer)	Error (%)	Akurasi (%)	Vol. Air (Liter)
20.39.17	76,87	0,00	0,00	28,06	28,9	0,0291	99,9709	0,00
20.39.21	75,33	3,84	289,20	28,13	28,9	0,0266	99,9734	2,40
20.39.26	75,34	3,68	277,20	28,06	28,9	0,0291	99,9709	3,14
20.39.31	75,14	3,96	297,50	28,06	29	0,0324	99,9676	3,44
20.39.36	75,08	3,92	294,30	28,06	28,9	0,0291	99,9709	3,44
20.39.40	75,07	3,94	295,70	28,06	28,9	0,0291	99,9709	3,44
20.39.45	75,09	3,81	286,00	28,06	28,9	0,0291	99,9709	3,44
20.39.50	75,10	3,73	280,10	28,13	28,9	0,0266	99,9734	3,44
20.39.57	75,09	3,68	276,30	28,06	28,9	0,0291	99,9709	3,44

20.40.02	75,10	3,62	271,80	28,19	28,9	0,0246	99,9754	3,44
20.40.07	75,10	3,59	269,60	28,31	28,9	0,0204	99,9796	3,44
20.40.12	74,67	4,50	336,00	28,25	29	0,0259	99,9741	4,01
20.40.16	74,36	5,28	392,60	28,38	29,1	0,0247	99,9753	4,28
Rata - Rata (%)						0,02737	99,97263	

Simpulan

Error dan akurasi pengukuran tegangan menggunakan PZEM-017 dibandingkan dengan multimeter kategori II dengan nilai error sebesar 0.00468% dan nilai akurasi sebesar 99.99532%, error dan akurasi pengukuran arus menggunakan PZEM-017 dibandingkan dengan multimeter kategori II dengan nilai error sebesar 0,03279% dan nilai akurasi sebesar 99,96721%. Error dan akurasi pengukuran suhu baterai menggunakan sensor DS18B20 adalah nilai error sebesar 0,02737% dan nilai akurasi sebesar 99,97263%. Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah alat ini dapat mengakuisisi data secara akurat dengan minim error.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih penulis ucapkan kepada para editor repository Politeknik Negeri Bali yang telah membantu dalam penyempurnaan artikel.

Referensi

- [1] Presiden Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan*, 2019.
- [2] N. Lysbetti, E. Ervianto, U. Riau, K. B. Widya, U. Riau, and K. B. Widya, "Data logger sensor suhu berbasis mikrokontroler ATmega 8535 dengan PC sebagai tampilan," *J. Ilmi. Elite Elektr.*, vol. 3, no. 1, pp. 37–42, 2012.
- [3] R. P. Pratama, "Aplikasi webserver ESP8266 untuk pengendali peralatan listrik," *Invotek J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 17, no. 2, pp. 39–44, 2017, doi: 10.24036/invotek.v17i2.87.
- [4] A. M. 'Aafi, J. Jamaaluddin, and I. Anshory, "Implementasi sensor PZEM-017 untuk monitoring arus, tegangan dan daya pada instalasi panel surya dengan sistem data logger menggunakan Google Spreadsheet dan smartphone," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Informasi, dan Tek. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 191–196, 2022.
- [5] P. Putra, A. Joewono, R. Sitepu, L. Agustine, and W. Andyardja, "Alat pemantau dan pengendali sistem penyimpanan energi pada solar panel," *Widya Tek.*, vol. 17, no. 1, pp. 25–31, 2017.
- [6] L. B. Setyawan, "Prinsip kerja dan teknologi OLED," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 16, no. 02, pp. 121–132, 2017, doi: 10.31358/techne.v16i02.165.
- [7] I. S. A. Rachman, R. Bima, H. Nurafalah, and N. Rinanto, "Akuisisi data NMEA 0183 AIS berbasis mikrokontroler sebagai sistem monitoring informasi kapal," *Elkomika*, vol. 7, no. 1, pp. 97–111, 2019.
- [8] M. Hidayat and P. A. Pradana, "Pembuatan alat life cycle test Lithium battery menggunakan Arduino Uno," *J. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 1–10, 2018.
- [9] Z. As'adi, A. Harijanto, and B. Supriadi, "Sistem monitoring arus dan tegangan pada baterai kendaraan bermotor (accu) berbasis Arduino Uno," *Semin. Nas. Pendidik. Fis.* 2017, vol. 2, no. 2527–5917, pp. 1–7, 2017.
- [10] N. I. Suendri, S. Hani, and D. S. Priyambodo, "Analisis performa brushless motor DC pada mobil listrik Molista," *J. Elektr.*, vol. 5, no. 1, pp. 18–26, 2018.