

Monitoring Sistem dan Penampil Data pada Perancangan Baterai Aluminium

1st Nyoman Rai Widya Arsa
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

raiwidyaarsa@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Ekki Kurniawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id

3rd Erwin Susanto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

erwinelektro@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Perancangan baterai aluminium yang efisien memerlukan sistem monitoring yang canggih untuk memastikan kinerja optimal dan umur panjang perangkat. Dalam penelitian ini, kami mengembangkan sistem pemantauan dan tampilan data yang diintegrasikan ke dalam baterai aluminium dengan tujuan untuk memantau parameter penting seperti tegangan, arus, dan daya secara real time. Sistem ini menggunakan mikrokontroler dengan sensor dan algoritma pemrosesan data untuk mengoptimalkan efisiensi dan stabilitas baterai. Metode pengujian yang dilakukan yaitu, perancangan sistem pada monitoring baterai, diagram blok sistem monitoring dan flowchart sistem monitoring. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring yang diusulkan mampu memberikan informasi baterai berupa tegangan(V), arus(A), dan daya(W) pada layar LCD. Setelah dilakukan kalibrasi sensor tegangan didapatkan nilai rata-rata galat adalah 0,2%, sedangkan pada sensor arus didapatkan nilai rata-rata galat sebesar 2,18%.

Kata Kunci : Baterai aluminium, stabilitas, perancangan, monitoring, sensor

I. PENDAHULUAN

Baterai aluminium telah menarik banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir sebagai alternatif penyimpanan energi yang lebih aman, ramah lingkungan, dan potensial [1]. Bahan dari baterai yang umum digunakan masyarakat merupakan lithium [2], dimana bahan lithium merupakan bahan yang sulit ditemukan di Indonesia [3]. Namun kebanyakan bahan lithium di Indonesia sulit ditemukan dan memiliki harga yang relatif tinggi jika diproduksi secara massal [3]. Dibandingkan dengan baterai lithium-ion yang banyak digunakan, baterai aluminium memiliki keunggulan dalam hal biaya bahan baku yang lebih rendah, keamanan yang lebih tinggi, dan ketersediaan bahan yang lebih tinggi [4]. Pemantauan sistem baterai aluminium melibatkan pengukuran dan analisis berbagai parameter penting seperti tegangan, arus, dan daya [5].

Pengukuran tegangan yang akurat memberikan informasi penting tentang kesehatan baterai dan kemungkinan kegagalannya. Sedangkan arus, di sisi lain, mengacu pada aliran energi masuk dan keluar baterai. Pengaturan arus yang tepat sangat penting untuk menghindari kerusakan akibat kelebihan atau kekurangan arus yang dapat mempengaruhi masa pakai baterai [6]. Daya, hasil kali tegangan dan arus, memberikan gambaran komprehensif

tentang efisiensi konversi energi baterai dan kinerja keseluruhan [7]. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring yang dapat memantau dan menganalisis ketiga parameter tersebut secara akurat pada layar penampil. Sistem pemantauan yang efektif tidak hanya menjaga kinerja baterai tetap optimal, namun juga memperpanjang masa pakai dan meningkatkan keselamatan operasional. Sistem monitoring ini tidak hanya untuk aplikasi teknologi tinggi, tetapi juga untuk aplikasi sehari-hari yang mengandalkan baterai aluminium sebagai sumber energi listrik.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang lebih luas tentang bagaimana memantau sistem baterai aluminium, dengan fokus pada pengukuran tegangan, arus, dan daya, dan juga memberikan wawasan komprehensif mengenai teknik pemantauan yang efisien dan solusi terhadap tantangan yang mungkin timbul dalam penerapan praktis sistem pemantauan ini.

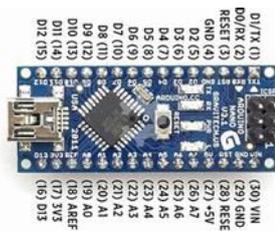
II. KAJIAN TEORI

Pada pembahasan ini yaitu berisikan tentang kebutuhan produk yang dimana dapat memonitoring dan menampilkan sejumlah informasi pada layar LCD. Adapun spesifikasi yang terdapat pada bagian ini adalah baterai Aluminium memiliki fitur untuk menampilkan informasi mengenai baterai seperti jumlah tegangan, arus, dan daya. Sehingga dengan adanya penampilan informasi baterai, pelanggan dapat dengan mudah mengetahui kestabilan energi listrik yang tersimpan pada baterai juga guna mengetahui informasi mengenai kondisi tegangan, arus dan daya pada baterai Aluminium.

A. Mikrokontroler

Arduino Nano

Arduino Nano menggunakan mikrokontroler Atmega 328 untuk versi Arduino Nano 3.x dan Atmega168 untuk versi Arduino Nano 2.x. Setiap dari 14 pin digital pada Arduino Nano dapat berfungsi sebagai input atau output dengan menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead(). Arduino Nano memiliki 8 pin analog yang diberi label A0 hingga A7, masing-masing dengan resolusi 10 bit (sekitar 1024 nilai yang berbeda). Secara default, pin-pin ini dapat diukur dan dikonfigurasi mulai dari ground hingga 5 volt [8].



GAMBAR 1.
Arduino Nano

B. Power Eksternal

Untuk menyalakan sistem monitoring pada baterai aluminium, penulis menggunakan sumber energi tambahan yaitu berupa baterai eksternal berjenis Lithium Ion Polymer 9V.

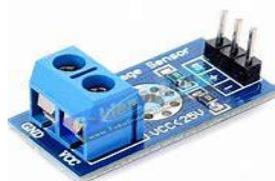


GAMBAR 2.
Baterai Li-Po

C. Sensor

1. Voltage sensor 0-25V

Sensor tegangan adalah perangkat atau modul yang digunakan untuk mengukur, memantau, dan menghitung besarnya tegangan pada rangkaian elektronika. Sensor ini dapat mendeteksi dan mengukur tegangan AC atau DC sesuai dengan fitur dan kemampuannya. Input dari sensor ini berupa tegangan listrik, dan outputnya dapat berupa switch, sinyal analog, atau modul alarm. Pada jenis sensor tegangan DC, biasanya terdiri dari pin input dan pin output. Pin input memiliki dua pin (positif dan negatif) yang dapat dihubungkan dengan perangkat atau rangkaian elektronika yang ingin diukur. Sedangkan pin output menghasilkan data analog yang dapat diteruskan ke modul lain sesuai kebutuhan [9].

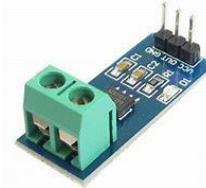


GAMBAR 3.
Voltage Sensor 0-25V

2. ACS712 Current Sensor

Sensor arus ACS712 digunakan untuk mendeteksi arus. Sensor ini memiliki beberapa variasi tipe, termasuk yang mampu mengukur arus maksimal sebesar 5A, 20A, dan 30A. ACS712 bekerja dengan menggunakan tegangan VCC sebesar 5V. Prinsip kerja sensor ini adalah mengukur arus yang mengalir melalui kabel tembaga. Arus ini menghasilkan medan magnet yang kemudian dideteksi oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian pembacaan sensor dapat dioptimalkan dengan memasang

komponen secara dekat antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dan hall transducer [10].



GAMBAR 4.
Sensor Arus ACS712

D. LCD

Modul LCD I2C adalah tampilan Liquid Crystal Display yang dikendalikan secara serial menggunakan protokol I2C/IIC atau TWI (Two Wire Interface). Biasanya, modul LCD dikendalikan secara paralel untuk jalur data dan kontrolnya. Modul ini berfungsi untuk menampilkan teks atau angka yang telah di program dari mikrokontroler. Modul LCD I2C/IIC memiliki empat pin: GND (Ground), VCC (5 volt), kontrol SCL, dan kontrol SDA [11].



GAMBAR 5.
LCD

E. Switch

Switch adalah perangkat yang digunakan untuk memutus atau menghubungkan arus listrik dalam rangkaian. Dengan mengubah posisi switch, kita bisa mengontrol apakah arus listrik dapat mengalir atau tidak. Switch banyak digunakan dalam berbagai aplikasi listrik dan elektronik, mulai dari peralatan rumah tangga hingga sistem kontrol industri.



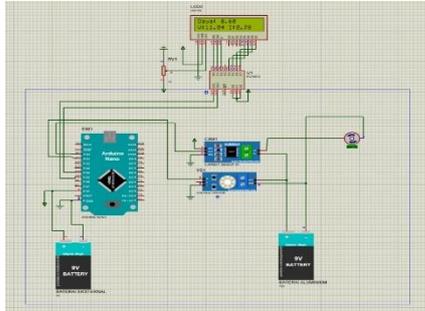
GAMBAR 6.
Switch

III. METODE

Penelitian ini menggunakan beberapa konsep solusi yang terdiri dari perancangan sistem, diagram blok/flowchart, cara kerja sistem, kalibrasi/pengujian sensor serta pengujian delay pada LCD I2C

A. Perancangan sistem

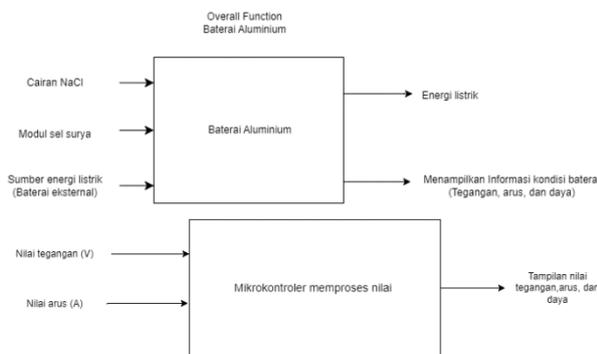
Perancangan sistem pada monitoring baterai ini melibatkan tahapan penting yaitu skematik rangkaian yang dimana pada *software* proteus dibuat rangkaian system monitoring baterai dengan sedemikian rupa lalu disimulasikan untuk mengetahui program berjalan dengan semestinya.



GAMBAR 7. Skematik Sistem Monitoring

Pada perancangan skematik monitoring sistem baterai aluminium menggunakan mikrokontroler Arduino Nano sebagai unit proses, ACS712 5A sebagai sensor arus, *Voltage Sensor 0-25V* sebagai sensor tegangan, LCD sebagai penampil informasi, dan Baterai Li-Po 9V sebagai sumber listrik eksternal. Pada rangkaian ini, Sensor tegangan berperan dalam membaca nilai tegangan pada baterai aluminium yang dipasangkan secara paralel dan data tersebut akan diolah pada mikrokontroler. Sensor arus berperan dalam membaca nilai arus yang lewat pada baterai saat dipasangkan pada beban.

B. Diagram Blok



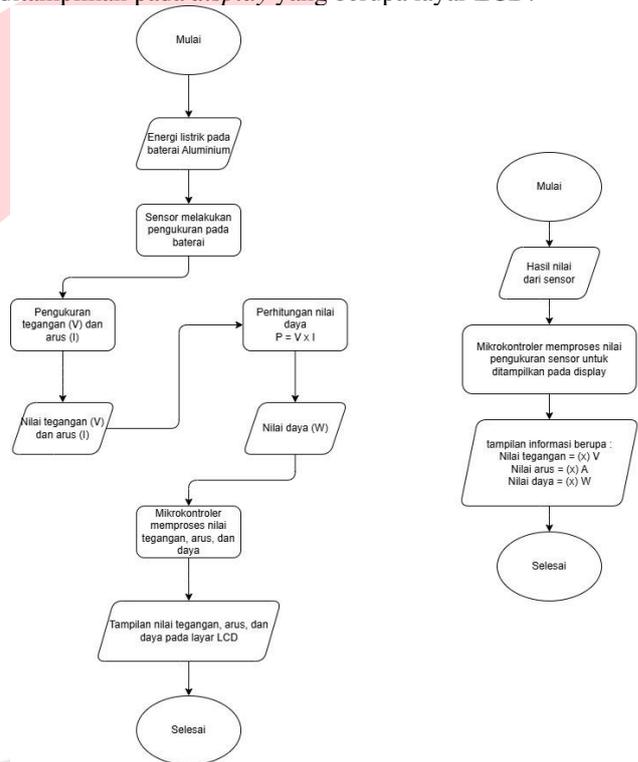
GAMBAR 8. Diagram Blok Sistem

Sistem pada baterai aluminium memiliki 3 *input* dan 2 *output*, *input* pertama pada baterai merupakan senyawa yang terlibat dalam reaksi penghasil energi listrik pada baterai, yaitu cairan elektrolit (NaCl), *input* kedua merupakan catu daya dari baterai eksternal untuk kebutuhan *output* kedua dan *input* ketiga merupakan modul sel surya. Untuk *output* pertama yang dihasilkan oleh baterai merupakan energi listrik dan *output* kedua merupakan sebuah tampilan atau *display* berupa informasi mengenai baterai seperti, tegangan (V), arus (I), dan daya (W). Energi listrik yang tersimpan pada baterai akan terukur oleh sensor agar bisa didapat *output* berupa nilai dari tegangan dalam satuan Volt (V) dan arus dalam satuan Ampere. Pada diagram blok proses penampilan nilai

tegangan, arus, dan daya pada *display* oleh mikrokontroler. Variabel-variabel yang dibutuhkan oleh mikrokontroler merupakan nilai atau hasil pengukuran dari sensor yang nantinya mikrokontroler akan memproses data tersebut untuk ditampilkan pada *display*.

C. Cara Kerja Sub-sistem

Sistem pada baterai mencakup pembacaan tegangan dan arus yang dihasilkan dari baterai aluminium, pembacaan tegangan dan arus ini menggunakan sensor tegangan dengan kapasitas 0-25 V dan sensor arus ACS 712 5A. Data hasil pengukuran tegangan dan arus oleh sensor akan diolah pada unit proses atau Arduino untuk mendapatkan data daya melalui proses perhitungan dengan menggunakan rumus tegangan dikalikan dengan arus. Ketiga data tersebut (tegangan, arus dan daya) kemudian ditampilkan pada *display* yang berupa layar LCD.



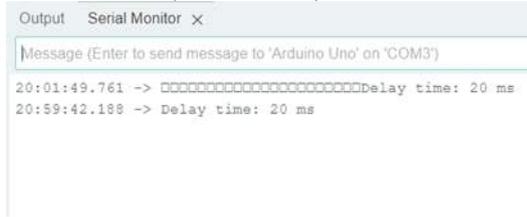
GAMBAR 9. Flowchart Sistem Monitoring

D. Pengujian Delay

Pengujian delay pada LCD I2C bertujuan untuk mengukur waktu yang diperlukan dari saat perintah tampilan dikirim oleh mikrokontroler hingga teks atau gambar muncul di layar. Responsivitas layar sangat penting, terutama dalam aplikasi yang memerlukan tampilan data secara real-time. Dengan mengukur delay ini, pengembang dapat mengevaluasi kinerja sistem dan mengoptimalkan kecepatan komunikasi antara mikrokontroler dan LCD untuk memenuhi kebutuhan aplikasi tertentu.

Pengujian yang dilakukan menggunakan library '*LiquidCrystal I2C*' untuk mengontrol LCD melalui protokol I2C. Pada tahap ini dilakukan pengukuran selisih waktu delay dari sebelum pengiriman teks ke LCD hingga teks tersebut tampil pada LCD dengan satuan nilai yaitu ms(*millisecond*).

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa pengurangan dari waktu akhir dan waktu awal yang muncul pada serial monitor software Arduino IDE adalah sebesar 20ms (*millisecond*).



GAMBAR. 11
Tampilan Serial Monitor

E. Kalibrasi/Pengujian

1. Kalibrasi Sensor Tegangan

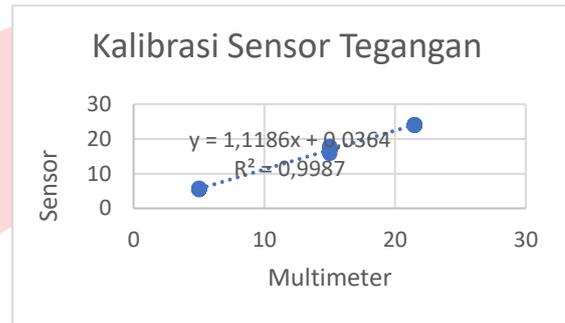
Pengujian dan kalibrasi sensor tegangan dengan kapasitas 0-25 V menggunakan alat acuan berupa multimeter. Bahan yang digunakan untuk mengukur tegangan adalah baterai yang diukur menggunakan alat acuan berupa multimeter. Pengukuran menggunakan sensor tegangan dengan kapasitas 0-25 V dan catu daya AC adaptor dengan pengaturan tegangan di 5 V, 15 V, dan 21,5 V, lalu analisis hasil data pengukuran multimeter dengan data hasil sensor. Kalibrasi data sensor menggunakan regresi linear dan source code pada unit kontrol / Arduino melalui software Arduino IDE.

TABEL
Pengujian Sensor Tegangan 1

Waktu	Tegangan Multimeter (V)	Tegangan Sensor (V)	Galat
20:12:00	5	5,69	13,8 %
20:12:10	5	5,47	9,4 %
20:12:20	5	5,57	11,4 %
20:12:30	5	5,57	11,4 %
20:12:40	5	5,5	10 %
20:12:50	5	5,47	9,4 %
20:13:00	5	5,62	12,4 %
20:13:10	5	5,55	11 %
20:13:20	5	5,79	15,8 %
20:13:30	5	5,67	13,4 %
20:13:40	15	15,89	5,9 %
20:13:50	15	17,03	13,5 %
20:14:00	15	16,94	12,9 %
20:14:10	15	16,98	13,2 %
20:14:20	15	17,86	19,06 %
20:14:30	15	16,89	12,6 %
20:14:40	15	16,91	12,7 %
20:14:50	15	16,84	12,2 %
20:15:00	15	16,91	12,7 %
20:15:10	15	16,89	12,6 %
20:15:20	21,5	23,97	11,4 %
20:15:30	21,5	24,02	11,7 %
20:15:40	21,5	24	11,6 %
20:15:50	21,5	24	11,6 %
20:16:00	21,5	24,05	11,8 %

20:16:10	21,5	24,1	12,09 %
20:16:20	21,5	23,97	11,4 %
20:16:30	21,5	24,12	12,1 %
20:16:40	21,5	24,02	11,7 %
20:16:40	21,5	24	11,6 %
Rata-rata			12,1 %

Setelah dilakukan pengukuran menggunakan AC adaptor dengan pengaturan 5 V, 15 V, dan 21,5 V sebanyak 30 data dengan jangka waktu pengukuran 10 detik didapat rata-rata galat dari semua data adalah 12,1% dimana angka galat tersebut masih cukup tinggi. Data tersebut akan dilakukan kalibrasi menggunakan regresi linear seperti berikut :



Setelah dilakukan regresi linear dan mendapat nilai konstanta dan gradien dilakukan kalibrasi pada source code dengan menggunakan rumus

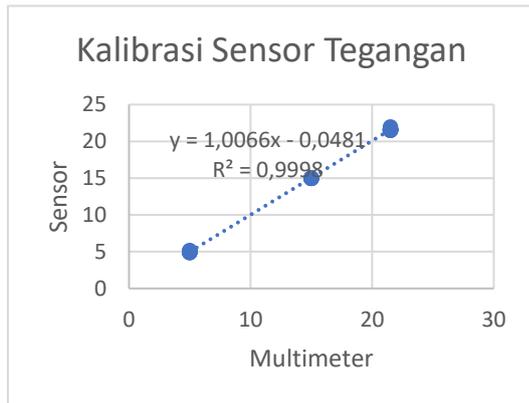
$$((y + \text{konstanta})/\text{gradien}) = x \quad (4.4)$$

dimana y merupakan nilai dari hasil pembacaan sensor, konstanta dan gradien didapat dari hasil regresi linear, dan nilai x merupakan nilai hasil dari kalibrasi.

TABEL
Pengujian Sensor Tegangan 2

Waktu	Tegangan Multimeter (V)	Tegangan Sensor (V)	Galat
13:27:00	5	5,03	0,6 %
13:27:10	5	4,99	0,2 %
13:27:20	5	4,92	1,6 %
13:27:30	5	5,19	3,8 %
13:27:40	5	4,9	2 %
13:27:50	5	5,1	2 %
13:28:00	5	4,99	0,2 %
13:28:10	5	4,94	1,2 %
13:28:20	5	4,99	0,2 %
13:28:30	5	4,99	0,2 %
13:28:40	15	14,99	0,06 %
13:28:50	15	15,01	0,06 %
13:29:00	15	15,01	0,06 %
13:29:10	15	15,01	0,06 %
13:29:20	15	14,99	0,06 %
13:29:30	15	14,99	0,06 %
13:29:40	15	15,01	0,06 %
13:29:50	15	15,03	0,2 %
13:30:00	15	14,99	0,06 %

13:30:10	15	14,99	0,06 %
13:30:20	21,5	21,51	0,04 %
13:30:30	21,5	21,63	0,6 %
13:30:40	21,5	21,51	0,04 %
13:30:50	21,5	21,98	2,2 %
13:31:00	21,5	21,65	0,6 %
13:31:10	21,5	21,58	0,3 %
13:31:20	21,5	21,6	0,4 %
13:31:30	21,5	21,56	0,2 %
13:31:40	21,5	21,63	0,6 %
13:31:50	21,5	21,58	0,3 %
Rata-rata			0,2 %



Setelah dilakukan pengukuran sebanyak 30 data dengan pengaturan AC adaptor di 5 V, 15 V, dan 21,5 V dengan jeda pengukuran 10 detik dan kalibrasi menggunakan regresi linear sebanyak 2 kali, didapatkan hasil akhir rata-rata galat pada sensor tegangan sebesar 0,2 % dimana galat dari sensor tegangan sudah sangat kecil dibandingkan dengan sebelum di kalibrasi.

- Rata-rata galat sebelum kalibrasi : 12,1 %
- Rata-rata galat setelah kalibrasi : 0,2 %
- Nilai galat tertinggi : 2 %
- Nilai galat terendah : 0,02 %

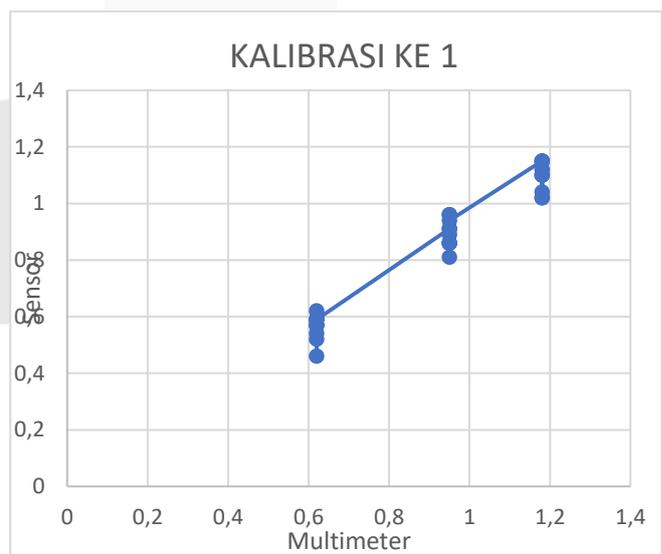
Maka dari hasil kalibrasi tersebut, sensor tegangan dapat menampilkan hasil yang lebih akurat. Adapun persamaan yang dimasukkan pada source code, yaitu hasil dari nilai sensor ditambah atau dikurang dengan nilai konstanta, lalu dibagi dengan gradien.

2. Kalibrasi Sensor Arus

Pengujian dan kalibrasi sensor arus ACS 712 dengan kapasitas 5 A menggunakan alat acuan berupa multimeter. Pengujian sensor arus menggunakan beban dengan 3 daya yang berbeda, yaitu lampu DC 12 V 5 W, 18 W, dan 30 W. Pengukuran menggunakan sensor arus ACS 712 dengan kapasitas 5 A. Analisis hasil data pengukuran acuan dengan data hasil sensor lalu kalibrasi data sensor menggunakan regresi linear dan source code pada unit kontrol / Arduino.

TABEL
Pengujian Sensor Arus 1

Waktu	Arus multimeter (A)	Arus sensor (A)	Galat
21:35:00	1,18	1,1	7,2 %
21:35:10	1,18	1,15	2,6 %
21:35:20	1,18	1,1	7,2 %
21:35:30	1,18	1,12	5,3 %
21:35:40	1,18	1,02	15,6 %
21:35:50	1,18	1,1	7,2 %
21:36:00	1,18	1,15	2,6 %
21:36:10	1,18	1,04	13,4 %
21:36:20	1,18	1,02	15,6 %
21:36:30	1,18	1,15	2,6 %
21:36:40	0,95	0,94	1,06 %
21:36:50	0,95	0,81	17,2 %
21:37:00	0,95	0,96	1,04 %
21:37:10	0,95	0,89	6,7 %
21:37:20	0,95	0,91	4,3 %
21:37:30	0,95	0,86	10,4 %
21:37:40	0,95	0,86	10,4 %
21:37:50	0,95	0,96	1,04 %
21:38:00	0,95	0,86	10,4 %
21:38:10	0,95	0,91	4,3 %
21:38:20	0,62	0,59	5,08 %
21:38:30	0,62	0,62	0 %
21:38:40	0,62	0,57	8,7 %
21:38:50	0,62	0,54	14,8 %
21:39:00	0,62	0,52	19,2 %
21:39:10	0,62	0,46	34,7 %
21:39:20	0,62	0,59	5,08 %
21:39:30	0,62	0,57	8,7 %
21:39:40	0,62	0,57	8,7 %
21:39:50	0,62	0,59	5,08 %
Rata-rata			8,4 %



Setelah dilakukan pengukuran awal, didapat nilai rata-rata galat dari pembacaan sensor arus dengan alat ukur acuan berupa multimeter sebesar 8,4 %, yang dimana nilai galat ini cukup tinggi sehingga sensor arus tidak dapat menampilkan informasi hasil pengukuran arus yang akurat.

TABEL
Penguian Sensor Arus 2

Waktu	Arus multimeter (A)	Arus sensor (A)	Galat
21:50:00	1.22	1.26	3.2 %
21:50:10	1.22	1.23	0.8 %
21:50:20	1.22	1.26	3.2 %
21:50:30	1.22	1.23	0.8 %
21:50:40	1.22	1.2	1.6 %
21:50:50	1.22	1.2	1.6 %
21:51:00	1.22	1.23	0.8 %
21:51:10	1.22	1.26	3.2 %
21:51:20	1.22	1.26	3.27 %
21:51:30	1.22	1.26	3.2 %
21:51:40	1.1	1.07	2.7 %
21:51:50	1.1	1.07	2.7 %
21:52:00	1.1	1.12	1.8 %
21:52:10	1.1	1.1	0 %
21:52:20	1.1	1.1	0 %
21:52:30	1.1	1.1	0 %
21:52:40	1.1	1.12	1.8 %
21:52:50	1.1	1.07	2.7 %
21:53:00	1.1	1.1	0 %
21:53:10	1.1	1.12	1.8 %
21:53:20	0.54	0.56	3.7 %
21:52:30	0.54	0.55	1.8 %
21:52:40	0.54	0.56	3.7 %
21:52:50	0.54	0.56	3.7 %
21:53:00	0.54	0.55	1.8 %
21:53:10	0.54	0.52	3.7 %
21:53:20	0.54	0.56	3.7 %
21:53:30	0.54	0.56	3.7 %
21:53:40	0.54	0.55	1.8 %
21:53:50	0.54	0.55	1.8 %
Rata-rata			2.18 %

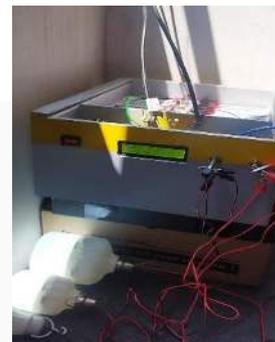
adaptor dengan pengaturan 12 V dan dilakukan kalibrasi sebanyak 1 kali:

- Rata-rata galat sebelum kalibrasi : 8,4 %
- Rata-rata galat setelah kalibrasi : 2,18 %
- Nilai galat tertinggi : 3,7 %
- Nilai galat terendah : 0 %

Kalibrasi sensor arus menggunakan metode regresi linear untuk mendapat nilai konstanta dan gradien yang dimasukkan ke dalam rumus pada source code agar sensor dapat menampilkan hasil pengukuran arus baterai yang lebih akurat. Adapun rumus pada *source code* yaitu hasil dari nilai sensor sebelumnya ditambah atau dikurang dengan nilai konstanta (dalam hal ini didapatkan $C = 0,0327$) lalu dibagi dengan gradien (dalam hal ini didapatkan $m = 0,9635$).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil akhir dari produk baterai aluminium dilakukan beberapa pengujian keseluruhan modul baterai. Modul baterai terdiri dari 24 sel baterai aluminium dan diintegrasikan dengan modul sel surya. Berikut merupakan hasil akhir dari integritas sistem.

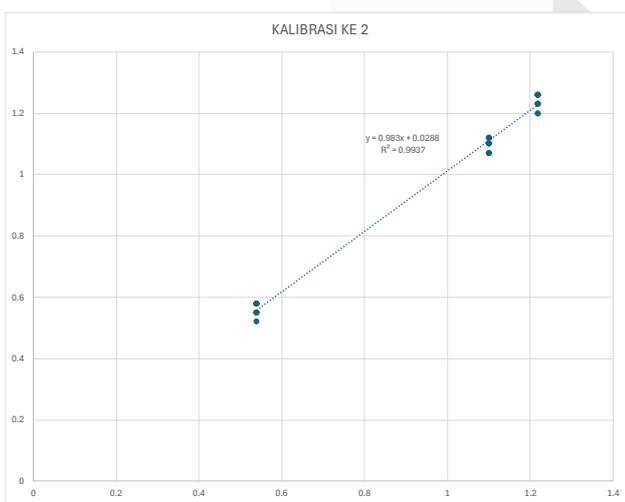


GAMBAR 10.
Baterai Aluminium

Baterai dapat menampilkan data yang berupa tegangan, arus, dan daya pada baterai aluminium. Penampikan informasi baterai dilakukan dengan pembacaan nilai tegangan dengan sensor tegangan yang dihubungkan secara paralel pada katode dan anode baterai dan sensor arus yang dihubungkan secara serial. Data hasil pengukuran dari kedua sensor tersebut akan diolah pada unit kontrol berupa Arduino Nano untuk menampilkan nilai daya dengan cara pengkalian nilai sensor tegangan dengan nilai sensor arus, lalu ditampilkan pada layar LCD. Sistem monitoring baterai menggunakan sumber listrik eksternal berupa baterai 9V.

TABEL
Hasil Pengujian

Waktu (ms)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)
259578	12,39	0,99	12,28
260625	12,37	1,04	12,91
261671	12,37	0,89	10,95
262718	12,37	0,91	11,28
263764	12,28	0,94	11,52



Pengukuran sensor arus menggunakan 3 buah lampu DC 12 V dengan daya yang berbeda, yaitu 5 W, 18 W, dan 30 W. Pengambilan data pengukuran pada setiap lampu dilakukan sebanyak 10 kali dengan menggunakan catu daya berupa AC

264811	12,37	0,96	11,93
265858	12,3	0,94	11,54
266904	12,3	0,91	11,21
267951	12,37	0,96	11,93
268997	12,42	1,12	13,94
270044	12,39	0,96	11,95
271090	12,39	0,96	11,95
272137	12,39	1,07	13,26
273183	12,42	1,1	13,61
274230	12,44	1,07	13,31

Dari implementasi sistem monitoring pada modul baterai, sistem dapat menampilkan informasi baterai berupa hasil pengukuran tegangan dan arus. Sistem juga dapat menampilkan data daya dari hasil perhitungan dari perkalian nilai tegangan dan arus dalam interval waktu 1000ms (1 detik). Nilai arus dapat diketahui setelah mendapat nilai tegangan dan nilai arus yaitu dengan rumus sebagai berikut.

$$P = V \times I$$

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa sistem monitoring dan penampilan data pada baterai aluminium telah berhasil dirancang dan diimplementasikan. Pada penelitian ini terdapat sistem yang menekankan pentingnya kinerja baterai yang efektif yaitu pada tegangan, arus, dan daya dalam jangka waktu tertentu.

Penggunaan sensor tegangan 0-25V dan sensor arus ACS712 5A yang terintegrasi dengan mikrokontroler arduino nano sehingga memungkinkan data terbaca secara akurat. Hasil pengujian yang dilakukan oleh peneliti menunjukkan bahwa sistem dapat mengukur dan menampilkan nilai-nilai tersebut pada layar lcd dengan konsisten dengan pembacaan tegangan antara 12,28V hingga 12,44V, arus berkisar antara 0,89A sampai dengan 1,12A, dan daya yang dihasilkan berkisar antara 10,95W sampai dengan 13,94W. Pada sistem monitoring menggunakan daya eksternal berupa 9V yang membantu pengoperasian sistem agar dapat menyala. Implementasi pada sistem ini memberikan solusi dalam memantau kinerja baterai aluminium secara real-time pada layer LCD yang dapat memberikan manfaat dan berbagai aplikasi khususnya dalam pengembangan teknologi penyimpanan energi alternatif.

Penelitian ini secara tidak langsung membuka kesempatan untuk mengembangkan lebih lanjut terkait optimalisasi kinerja baterai aluminium sebagai alternatif

penyimpanan energi dan integrasinya dengan sistem energi terbarukan yaitu energi surya yang sejalan dengan tren global menuju energi yang lebih ramah lingkungan.

REFERENSI

- [1] M. S. Boedoyo, "Potensi dan Peranan PLTS Sebagai Energi Alternatif Masa Depan di Indonesia," *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, vol. 14, no. 2, Jun. 2013, doi: 10.29122/jsti.v14i2.919.
- [2] "Baterai Mobil Listrik: Jenis, Kapasitas, hingga Harga | Wuling." Accessed: Jul. 28, 2024. [Online]. Available: <https://wuling.id/id/blog/autotips/6-jenis-baterai-mobil-listrik-cara-perawatannya>
- [3] "Can This Metal Really Beat the Lithium Battery? - Undecided with Matt Ferrell." Accessed: Jul. 28, 2024. [Online]. Available: <https://undecidedmf.com/can-this-metal-really-beat-the-lithium-battery/>
- [4] A. Umar *et al.*, "Perforated Co3O4 nanosheets as high-performing supercapacitor material," *Electrochim Acta*, vol. 389, p. 138661, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.electacta.2021.138661.
- [5] N. El Ghossein, A. Sari, and P. Venet, "Development of a Capacitance versus Voltage Model for Lithium-Ion Capacitors," *Batteries*, vol. 6, no. 4, p. 54, Nov. 2020, doi: 10.3390/batteries6040054.
- [6] M. S. H. Lipu *et al.*, "Artificial Intelligence Approaches for Advanced Battery Management System in Electric Vehicle Applications: A Statistical Analysis towards Future Research Opportunities," Mar. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/vehicles6010002.
- [7] K. Liu, Y. Wang, and X. Lai, "Green Energy and Technology Data Science-Based Full-Lifespan Management of Lithium-Ion Battery Manufacturing, Operation and Reutilization." [Online]. Available: <https://link.springer.com/bookseries/8059>
- [8] Y. Triawan, J. Sardi, and J. Hamka Air Tawar, "Perancangan Sistem Otomatisasi pada Aquascape Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano," 2020.
- [9] H. Wildan Fahruri, W. Aribowo, M. Widyartono, and A. Chandra Hermawan, "Monitoring Arus, Tegangan, dan Suhu Pada Prototype Thermoelectric Generator Berbasis IoT."
- [10] W. Arsa, S. Politeknik, N. Denpasar, A. Surya, and A. Politeknik, "Analisis Sensor Arus Invasive ACS712 dan Sensor Arus Non Invasive SCT013 Berbasis Arduino," 2021.
- [11] F. Arief Deswar and R. Pradana, "Monitoring Suhu Pada Ruang Server Menggunakan Wemos D1 R1 Berbasis Internet of Things (IOT)," 2021.