

Arduino-Based Battery Voltage Monitoring and SMS Gateway

Monitoring Tegangan Baterai Berbasis Arduino dan SMS Gateway

Muhammad Setiawan¹, Riky Dwi Puriyanto²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

² Dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirimkan 05 Januari 2020,
Direvisi 09 September 2020,
Diterima 09 September 2020.

Kata Kunci:

Baterai,
Sensor tegangan,
State of Charge,
SMS Gateway,
Pemantauan baterai.

Penulis Korespondensi:

Muhammad Setiawan,
Program Studi Teknik Elektro,
Universitas Ahmad Dahlan
Kampus 4 UAD, Jln. Ringroad
Selatan, Tamanan,
Banguntapan, Bantul,
Yogyakarta, Indonesia.
Setiawan31051996@gmail.com

ABSTRACT / ABSTRAK

This study aims to monitor the value of the voltage on the battery using a voltage sensor and using the State of Charge method to estimate the charged power of the VRLA battery remotely by utilizing SMS Gateway-based technology so that checking is no longer necessary. The results obtained are displayed on the smartphone in the form of an SMS. To determine the SOC in a 12V VRLA battery, it is calculated based on the number of each cell. VRLA 12V has 6 cells, each cell consisting of 2V to 2.4Volt. The capacity of a VRLA battery in 1 cell is declared 100% full at a voltage of 2.3 volts. So that data is obtained to determine the full percentage of the VRLA 12V 6 cell battery with a capacity of 7.2Ah, namely 13.8V. Experiments were carried out using solar panels, VRLA batteries, voltage sensors, Arduino UNO, and GSM SIM900A modules. This study succeeded in reading the measured voltage value with the sensor, and obtained an error value of 0.20 and a standard deviation of 0.02, and for the monitoring process to run smoothly without problems.

Penelitian ini bertujuan untuk memantau nilai tegangan pada baterai menggunakan sensor tegangan dan menggunakan metode *State of Charge* untuk perkiraan daya yang terisi pada baterai VRLA dari jarak jauh dengan memanfaatkan teknologi berbasis SMS Gateway sehingga tidak diperlukan lagi melakukan pengecekan dengan alat ukur. Hasil yang didapat ditampilkan pada *smartphone* berupa SMS. Untuk menentukan SOC pada sebuah baterai VRLA 12V dihitung berdasarkan jumlah tiap *cell*. VRLA 12V memiliki 6 *cell* yang tiap *cell* terdiri atas 2V hingga 2,4Volt. Kapasitas baterai VRLA pada 1 *cell* dinyatakan penuh 100% pada tegangan 2,3 Volt. Sehingga didapatkan data untuk mengetahui persentase penuh pada baterai VRLA 12V 6 *cell* berkapasitas 7,2Ah yaitu 13,8V. Percobaan dilakukan dengan menggunakan peralatan panel surya, baterai VRLA, sensor tegangan, Arduino UNO, dan modul GSM SIM900A. Penelitian ini berhasil membaca nilai tegangan yang terukur dengan sensor, dan didapat nilai error sebesar 0,20 dan nilai standar deviasi 0,02, serta untuk proses pemantauan berjalan dengan lancar tanpa kendala.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Sitasi Dokumen ini:

M. Setiawan and R. D. Puriyanto, "Arduino-Based Battery Voltage Monitoring and SMS Gateway," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 118–118, 2020. DOI: [10.12928/biste.v2i3.922](https://doi.org/10.12928/biste.v2i3.922)

1. PENDAHULUAN

Manusia tidak lepas dari kebutuhan kelistrikan walaupun hal tersebut adalah kebutuhan sekunder, sehingga dapat dikatakan manusia saat ini mengalami ketergantungan terhadap *electrical power*. Pelayanan Listrik yang diberikan oleh pemerintah tidak sebanding dengan jumlah kebutuhan listrik masyarakat [1]. Sementara energi matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif karena jumlahnya yang tidak terbatas [2]. Panel surya merupakan alat yang dapat merubah energi surya menjadi arus listrik DC. Teknologi ini cukup canggih dan memiliki keuntungan seperti mudah dirawat, bersih, harganya murah, mudah dipasang dan dioperasikan [3].

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, energi listrik diubah menjadi kimia pada saat pengisian atau *charge* dan energi kimia diubah menjadi listrik saat pengeluaran atau *discharge* [4][5]. Baterai *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) tidak memiliki katup, tidak memiliki akses ke elektrolit dan total *sealed*. Baterai jenis ini tidak memerlukan *maintenance*. Umumnya baterai VRLA dapat discharge sampai dengan 80% dari kapasitas baterai dan memiliki *lifetime* kurang lebih 10 tahun. Standar yang telah ditetapkan untuk karakteristik *lead acid* seperti pada Tabel 1. Data Tabel 1 merupakan karakteristik dari baterai yang menggunakan asam timbal atau *lead acid* terdiri dari macam spesifikasi dan disertai keterangannya.

Tabel 1. Karakteristik *lead acid* berdasarkan standar [6]

Karakteristik <i>Lead Acid</i>	
Spesifikasi	Keterangan
Energi <i>Specific</i> (Wh/kg)	30-50
Resistansi <i>Internal</i> (mΩ)	Sangat Rendah
Siklus Hidup (80% <i>discharge</i>)	200-300
Waktu <i>Fast-Charge</i>	8-16 jam
Toleransi <i>Overcharge</i>	Tinggi
<i>Self-discharge</i> per bulan	5%
Tegangan Sel (nominal)	2V
Tegangan <i>Cut-off Charge</i> (V/cell)	2,40 Float 2.25
Tegangan <i>Cut-off Discharge</i> (V/cell, 1C)	1,75
Arus <i>Load Peak</i>	5C
<i>best result</i>	0.2C
Suhu <i>Charge</i>	-20 sampai 50 °C
Suhu <i>Discharge</i>	-20 sampai 50 °C
Perawatan	3-6 bulan
Keamanan	Suhu Stabil
Digunakan Sejak	Sekitar 1800-an

Proses *charge* dan *discharge* yang tidak tepat dapat mengurangi umur baterai dengan cepat [7] [8]. Oleh karena itu, perlunya pemantauan pada baterai untuk memperhatikan secara teliti kedua proses tersebut. Salah satu indikator penting yang terdapat pada baterai adalah *State of Charge*. *State of Charge* atau SOC didefinisikan sebagai nilai total kapasitas energi yang dapat digunakan dari sebuah baterai dengan jumlah kapasitas baterai seluruhnya. SOC dianggap sebagai nilai kapasitas dari baterai dengan menggambarkan energi yang tersedia dan dituliskan dalam presentase [9] [10].

Terdapat juga kekurangan dari proses *charging* baterai VRLA yaitu sistem monitoringnya masih dilakukan secara manual di antaranya pengamatan yang dilakukan oleh operator memiliki kelemahan jika unit baterai tersebut berada pada lokasi yang tersebar dan hanya dapat dilakukan dengan mendatangi lokasi baterai [11].

Berdasarkan latar belakang, untuk dapat memecahkan masalah tersebut, penulis merancang suatu sistem yang dapat memantau tegangan baterai VRLA menggunakan mikrokontroler berbasis arduino secara nirkabel. Sensor dipasang pada baterai yang dipasangkan dengan panel surya untuk mendeteksi tegangan, data akan dikirimkan ke mikrokontroler untuk proses dan dikirimkan melalui modul GSM SIM900A untuk ditampilkan pada *Smartphone* via SMS. Oleh karena itu, penulis merancang penelitian yang berjudul, "Monitoring baterai Berbasis SMS Gateway".

2. METODE PENELITIAN

Objek penelitian ini adalah baterai VRLA 12V 7,2Ah yang digunakan sebagai wadah tampung energi listrik dari panel surya. Variabel yang diukur adalah nilai tegangan yang bersumber dari baterai VRLA. Pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil tegangan yang terukur oleh sensor tegangan dan nilai tegangan yang terukur oleh voltmeter. Hal ini dilakukan karena pada saat sensor mendeteksi nilai tegangan

baterai, nilai tegangan tersebut memiliki selisih nilai dengan nilai tegangan aslinya. Hasil tegangan yang terukur digunakan untuk menentukan kapasitas baterai dengan metode pengisian pada baterai salah satunya adalah SOC.

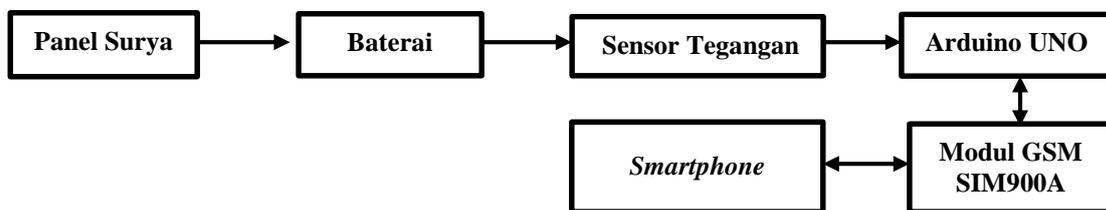
Rumus menghitung nilai kapasitas baterai: adalah

$$\text{Kapasitas baterai} = V_{bat} \times N_{bat} \quad (1)$$

Pada sebuah baterai VRLA 12V memiliki 6 *cell* yang tiap *cell* terdiri atas 2V hingga 2,4Volt. Kapasitas baterai VRLA pada 1 *cell* dinyatakan penuh 100% pada tegangan 2,3 Volt. Sehingga didapatkan data untuk mengetahui persentase penuh pada baterai VRLA 12V 6 *cell* berkapasitas 7,2Ah yaitu 13,8V [12].

2.1. DESAIN SISTEM

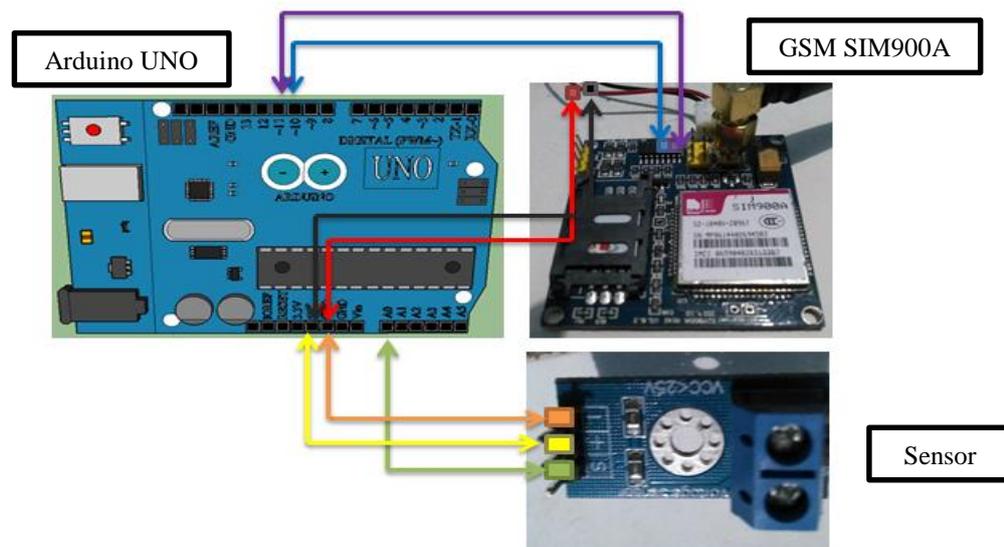
Desain hardware sistem monitoring, Arduino uno bertugas mengendalikan sensor dan juga sebagai pengolah data yang dibaca oleh sensor dan modul GSM SIM900A bertugas untuk mengirim dan menerima SMS. Desain sistem di presentasikan dalam bentuk diagram blok yang akan membantu dalam membuat perancangan alat. Diagram blok sistem monitoring baterai VRLA berbasis SMS Gateway dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem monitoring baterai VRLA berbasis SMS Gateway

Diagram blok sistem monitoring baterai VRLA berbasis SMS Gateway seperti pada Gambar 1 merupakan bentuk nyata dari permodelan alat, tahap pertama yaitu energi listrik dari panel surya disimpan pada baterai sebagai wadah penyimpanan energi, selanjutnya nilai tegangan pada baterai dibaca oleh sensor tegangan, data nilai tegangan masuk dan diproses pada Arduino yang akan dikirim ke *smartphone* menggunakan modul GSM SIM900A. *Smartphone* menulis perintah Led_on pada SMS ke nomor yang terdapat pada modul GSM SIM900A. SIM900A menerima kode dan secara otomatis mengirim data tegangan ke *smartphone*.

Perangkat Arduino UNO, modul GSM SIM900A dan sensor tegangan dirakit menjadi satu sistem, supaya dapat membaca nilai tegangan. Rangkaian keseluruhan sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



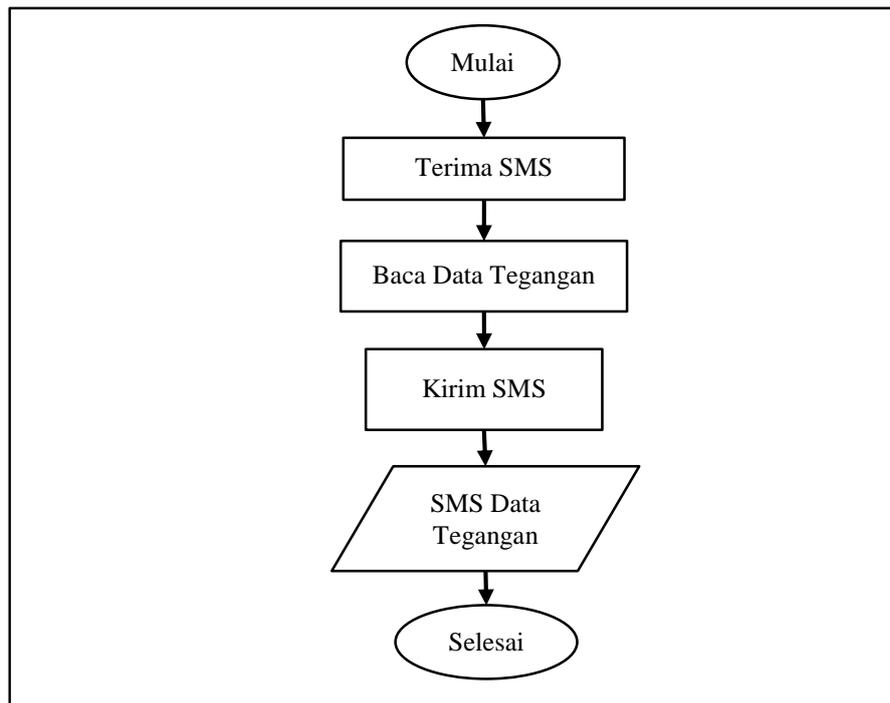
Gambar 2. Diagram Pengkabelan Sistem

Pada Gambar 2, Arduino UNO adalah sebagai mikrokontroler dengan pertimbangan penggunaan program yang lebih mudah dan lebih dikuasai oleh penulis, modul GSM SIM900A sebagai pengirim dan penerima sms

dan sensor tegangan. Sensor tegangan dan modul GSM SIM900A mendapat suplay daya dari Arduino UNO sebesar 5V dan dihubungkan dengan garis kuning dan garis hitam, sedangkan *ground* dihubungkan dengan garis jingga dan garis merah, adapun sensor tegangan agar dapat membaca data menggunakan *analog read* dalam Arduino UNO ditunjukkan dengan A0 pada garis hijau. Modul GSM SIM900A agar dapat membaca data dalam Arduino UNO ditunjukkan dengan menghubungkan pin TX dan Pin TX pada pin 10 dan pin 11 garis biru dan garis ungu.

2.2. ALGORITMA

Setelah desain sistem perangkat keras selesai, langkah selanjutnya adalah desain perangkat lunak (program perintah). Kode program yang diunggah ke Arduino UNO merupakan program untuk menerima data pembacaan sensor tegangan dan mengirimkan data tersebut melalui SMS modul GSM SIM900A ke *smartphone*. Hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum membuat program adalah membuat diagram alir (*flowchart*) yang bertujuan sebagai panduan untuk penulisan program. *Flowchart* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Flowchart* sistem monitoring baterai

Berdasarkan Gambar 3 proses sistem monitoring baterai pertama-tama dilakukan proses pengiriman sms berisikan pesan (*Led_on*) pada *smartphone*. Pesan *Led_on* merupakan kode program yang dituliskan pada *software* Arduino IDE, jika pesan terkirim maka secara otomatis program akan mengirimkan pesan balasan berupa data. Sms tersebut ditujukan untuk nomor kartu perdana yang dimasukkan ke dalam perangkat Modul GSM SIM900A. Setelah modul GSM menerima kode program *Led_on* maka modul GSM secara otomatis mengirim sms data menuju *smartphone*. *Smartphone* menerima sms data, selesai.

2.3. Rumus Perhitungan Standar Deviasi

Nilai standar deviasi adalah nilai yang digunakan untuk menentukan tingkat akurasi dari sebuah alat dengan melakukan beberapa percobaan. Nilai standar deviasi yang lebih kecil (mendekati 0) merupakan nilai akurasi yang tinggi dan sebaliknya nilai standar deviasi yang lebih besar adalah tingkat akurasi rendah. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai standar deviasi sebagai berikut:

Pesamaan rata-rata (*mean*) adalah

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{N} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) \quad (2)$$

Persamaan deviasi adalah

$$d = (xi - \bar{x}) \quad (3)$$

Persamaan varian adalah

$$S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(xi - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (4)$$

Persamaan Standar Deviasi adalah

$$S = \sqrt{S^2} \quad (5)$$

Persamaan untuk mendapatkan nilai standar deviasi, terlebih dahulu mencari nilai rata-rata, nilai deviasi, dan nilai varian. \bar{x} merupakan simbol nilai rata-rata yang diperoleh dari nilai xi . Nilai xi adalah nilai data percobaan 1 hingga data percobaan 20 ditambahkan kemudian dibagi N jumlah percobaan. Nilai d merupakan nilai deviasi yang didapatkan dari nilai xi dikurangi nilai \bar{x} . Nilai deviasi yang didapatkan kemudian dikuadratkan. Nilai varian adalah nilai dari deviasi kuadrat dibagi jumlah percobaan dikurangi 1. Nilai standar deviasi adalah nilai akar dari varian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

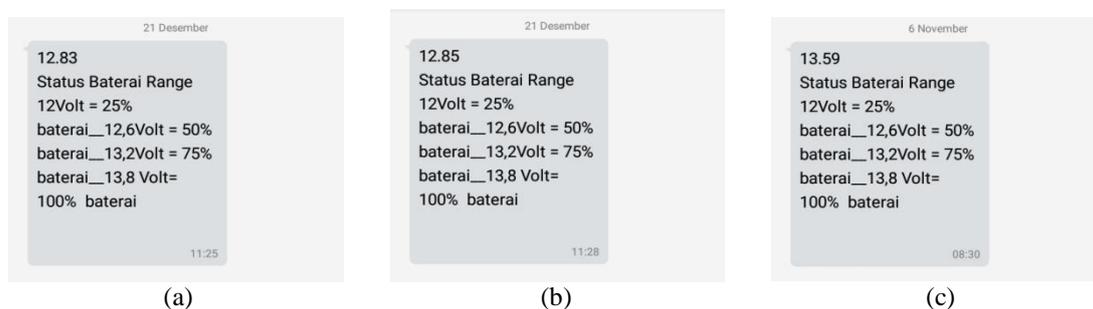
Pengujian dilakukan untuk mengecek rangkaian dari beberapa komponennya yang sudah bekerja secara optimal dan baik sehingga tidak terjadi masalah. Pengujian ini juga dimaksudkan untuk menyusun dan mengecek listing program pada software Arduino IDE, agar program dapat diupload ke dalam Arduino UNO dengan benar.

Pengujian ini dilakukan dengan deteksi sinyal dan membandingkan nilai tegangan yang terukur pada sensor dengan nilai tegangan sebenarnya pada voltmeter. Hasil deteksi sinyal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Deteksi Sinyal

NO	Kartu Perdana					
	Provider 1		Provider 2		Provider 3	
	Jam	Waktu (detik)	Jam	Waktu (detik)	Jam	Waktu (detik)
1	21:56	41,07	22:31	44,30	22:19	175,60
2	21:58	13,23	22:36	15,46	22:24	27,36
3	21:59	9,52	22:37	9,22	22:25	23,38
4	22:01	13,08	22:38	31,36	22:27	20,43
5	22:02	9,89	22:39	72,10	22:28	14,37

Data Tabel 2 menjelaskan waktu yang dibutuhkan oleh kartu perdana untuk mendapatkan sinyal pada modul GSM SIM900A memiliki waktu berbeda-beda. Kartu perdana dengan sinyal tinggi yaitu kartu Provider 1 dengan waktu awal 41,07 detik dan waktu normal 9-13 detik. Kartu perdana dengan sinyal terendah yaitu kartu Provider 3 dengan waktu awal 175,60 detik dan waktu norma 14-27 detik. Hasil data yang didapatkan oleh *smartphone* via SMS untuk 3 jenis provider seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil data SMS 3 jenis provider: (a) Provider 1 (b) Provider 2 (c) Provider 3

Pada Gambar 4 merupakan hasil akhir data yang diterima oleh *smartphone* via SMS. Nilai tegangan yang terukur pada provider 1 adalah 12.83V, sehingga dapat diperkirakan total baterai yang terisi adalah >50%. Terdapat 3 jenis provider yang diuji yaitu provider 1, provider 2, dan provider 3. Provider tercepat dalam

mendapatkan sinyal pada modul GSM SIM900A adalah provider 1 dan provider dengan waktu terlama dalam mendapatkan sinyal adalah provider 3.

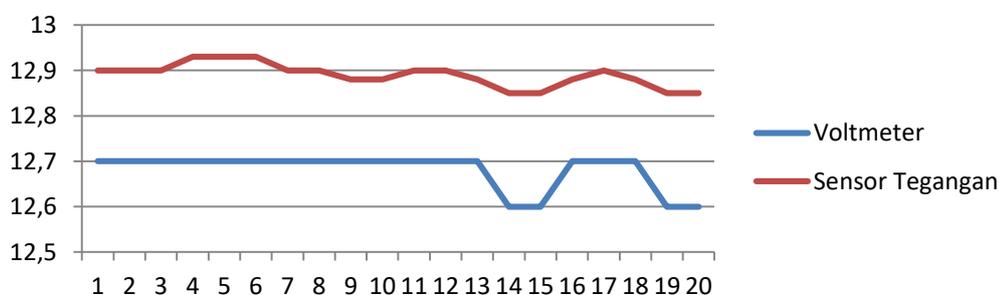
Pengujian untuk membandingkan nilai tegangan yang terukur pada sensor dengan nilai tegangan sebenarnya pada voltmeter. Data uji tegangan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data uji tegangan

NO	Waktu pengujian	Tegangan pembacaan voltmeter (V)	Tegangan pembacaan sensor tegangan (V)	Error	Deviasi	Deviasi kuadrat
1	10:54	12,70	12,90	0,20	0,00	0,00
2	10:55	12,70	12,90	0,20	0,00	0,00
3	10:56	12,70	12,90	0,20	0,00	0,00
4	10:58	12,70	12,93	0,23	-0,03	0,0009
5	10:59	12,70	12,93	0,23	-0,03	0,0009
6	11:00	12,70	12,93	0,23	-0,03	0,0009
7	11:02	12,70	12,90	0,20	0,00	0,00
8	11:03	12,70	12,90	0,20	0,00	0,00
9	11:05	12,70	12,88	0,18	0,02	0,0004
10	11:06	12,70	12,88	0,18	0,02	0,0004
11	11:08	12,70	12,90	0,20	0,00	0,00
12	11:09	12,70	12,90	0,20	0,00	0,00
13	11:12	12,70	12,88	0,18	0,02	0,0004
14	11:13	12,60	12,85	0,25	-0,05	0,0025
15	11:15	12,60	12,85	0,25	-0,05	0,0025
16	11:17	12,70	12,88	0,18	0,02	0,0004
17	11:18	12,70	12,90	0,20	0,00	0,00
18	11:20	12,70	12,88	0,18	0,02	0,0004
19	11:21	12,60	12,85	0,25	-0,05	0,0025
20	11:22	12,60	12,85	0,25	-0,05	0,0025
Error rata-rata				$\pm 0,20$		
Nilai varian						0,00
Nilai standar deviasi						0,02

Data Tabel 3. menunjukkan bahwa dari 20 percobaan menghasilkan *error* rata-rata sebesar $\pm 0,20$. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil *error* rata-rata yang didapat dari suatu percobaan maka semakin bagus data percobaan yang kita ambil, dapat dikatakan juga nilai tegangan yang dibaca sensor hampir sama dengan nilai yang dibaca alat ukur atau dalam penelitian ini menggunakan voltmeter untuk membandingkan hasil yang dibaca oleh sensor. Dari hasil Tabel 3. juga dapat diketahui nilai standar deviasi yang didapat adalah 0,02. Semakin rendah standar deviasi yang didapat maka akan semakin mendekati rata-rata, sedangkan jika nilai standar deviasi semakin tinggi maka akan semakin lebar pula rentang variasi datanya. Dapat diartikan juga bahwa standar deviasi merupakan besar perbedaan dari nilai sampel terhadap rata-rata yang diperoleh.

Pengambilan data pada baterai VRLA dilakukan dengan 20 percobaan hal ini didasari oleh penulis agar tingkat akurasi dalam pengambilan data semakin tinggi. Adapun grafik uji tegangan dari perbandingan hasil pengukuran pada sensor tegangan dan voltmeter dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik uji tegangan

Pada Gambar 4 yang berupa grafik perbandingan tegangan yang diukur menggunakan sensor tegangan pada baterai VRLA yang ditampilkan pada *smartphone* masih terdapat selisih nilai tegangan dengan

pengukuran secara langsung menggunakan voltmeter. Selisih yang didapat berdasarkan pengukuran sensor tegangan dan nilai voltmeter adalah 0,18V hingga 0,25V.

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa proses pemantauan data tegangan menggunakan sensor tegangan dapat berjalan dengan baik. Nilai standar deviasi yang diperoleh dari sensor tegangan adalah 0,02. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa alat yang dibuat mempunyai tingkat akurasi yang cukup bagus. Proses pengiriman SMS yang dilakukan menggunakan modul GSM SIM900A tidak mengalami kendala. Hasil data tegangan yang terbaca oleh sensor dapat ditampilkan pada *smartphone* menggunakan metode *SMS Gateway* dengan waktu awal 41,07 detik. Hal yang dapat mempengaruhi kecepatan pengiriman data adalah jaringan yang kurang stabil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada kedua orang tua di rumah yang telah memberikan *support* serta doa kepada penulis dalam penyusunan dan penyelesaian jurnal ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada bapak Riky Dwi Puriyanto sebagai dosen pembimbing jurnal, dan bapak Alfian Ma'Arif sebagai dosen elektro yang telah memberikan bantuan saran serta masukan kepada penulis. Tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman elektro yang telah memberi semangat dan memberikan bantuan ide dalam proses revisi jurnal. Semoga kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dicatat sebagai amalan ibadah dengan balasan pahala dari Allah Subhanahu wata'ala. Aamiin ya rabbal'alamin.

REFERENSI

- [1] S. Raharjo, "Studi karakterisasi pembuatan optical phasa conductor untuk kondisi iklim tropis indonesia," *TRAKSI : Majalah Ilmiah Teknik Mesin* vol. 13, no. 2, 2016. DOI: [10.26714/traksi.13.2.2013.%25p](https://doi.org/10.26714/traksi.13.2.2013.%25p)
- [2] A. U. Azmy and M. A. Riyadi, "Sistem Tracking Panel Surya Untuk Pengoptimalan Daya Menggunakan Metode Kontrol Self-Tuning Pid Dengan Jst Jenis Perceptron," vol. 17, no. 1, pp. 35–41, 2015, DOI: [10.12777/transmisi.17.1.35-41](https://doi.org/10.12777/transmisi.17.1.35-41)
- [3] M. Fhery and N. Idris, "Perancangan Sistem Kelistrikan pada Kapal Nelayan Menggunakan Panel Surya," vol. 4, no. 2, pp. 2–5, 2019. DOI: [10.33772/jfe.v4i2.6570](https://doi.org/10.33772/jfe.v4i2.6570)
- [4] M. Chanif, S. Sarwito, and E. S. K., "Analisa Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Proses Pengisian Baterai Wahana Bawah Laut," *J. Tek. Pomits*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2014. DOI: [10.12962/j23373539.v3i1.5814](https://doi.org/10.12962/j23373539.v3i1.5814)
- [5] R. D. Listianto, S. Sunardi, and R. D. Puriyanto, "Monitoring Tegangan Baterai Lithium Polymer pada Robot Sepak Bola Beroda secara Nirkabel," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.12928/biste.v1i1.826. DOI: [10.12928/biste.v1i1.826](https://doi.org/10.12928/biste.v1i1.826)
- [6] A. F. Farizy and D. A. Asfani, "Desain Sistem Monitoring State Of Charge Baterai Pada Charging Station Mobil Listrik Berbasis Fuzzy Logic Dengan Mempertimbangkan Temperature," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016. DOI: [10.12962/j23373539.v5i2.16203](https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.16203)
- [7] B. Sugeng and R. H. Saputra, "Estimasi State-Of-Charge Menggunakan Simulink Pada Baterai Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *J. ELTIKOM*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2019. DOI: [10.31961/eltikom.v3i1.89](https://doi.org/10.31961/eltikom.v3i1.89)
- [8] A. Qurthobi, A. B. K. Pambudi, D. Darmawan, and R. F. Iskandar, "Correlation between battery voltage under loaded condition and estimated state of charge at valve-regulated lead acid battery on discharge condition using open circuit voltage method," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 9, no. 1, pp. 357–364, 2018. DOI: [10.11591/ijpeds.v9.i1.pp357-364](https://doi.org/10.11591/ijpeds.v9.i1.pp357-364)
- [9] A. Nugroho and E. Rijanto, "Simulasi Optimasi Pengukuran State of Charge Baterai Dengan Integral Observer," *Widyariset*, vol. 17, no. 3, pp. 323–332, 2014. DOI: [10.14203/widyariset.17.3.2014.323-332](https://doi.org/10.14203/widyariset.17.3.2014.323-332)
- [10] R. I. Putra, S. Sunardi, and R. D. Puriyanto, "Monitoring Tegangan Baterai Lithium Polymer pada Robot Line Follower Secara Nirkabel," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 73-81, 2019. DOI: [10.12928/biste.v1i2.907](https://doi.org/10.12928/biste.v1i2.907)
- [11] Winasis, A. W. W. Nugraha, I. Rosyadi, "Desain sistem monitoring nirkabel berbasis website untuk pemantauan baterai dan beban pembangkit listrik hibrida surya - angin," *Jurnal Teknik Elektro-ITP*, vol. 5, no. 2, pp. 137–142, 2016. [Online](#)
- [12] Y. Astriani, A. Kurniasari, E. R. Priandana, and N. A. Aryono, "Penyeimbangan State of Charge Baterai Lead Acid Pada Prototipe Battery Management System a Prototype Battery Management System for Balancing," vol. 17, no. 1, pp. 43–52, 2018. [Online](#)

BIOGRAFI PENULIS**Muhammad Setiawan**

Lahir di Tolitoli tanggal 31 Mei 1996. Penulis pertama adalah mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta dan telah menyelesaikan pendidikan S1 pada program studi tersebut.

**Riky Dwi Puriyanto**

Lahir di Sukoharjo tanggal 4 Mei 1988. Menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Elektro di Universitas Gajah Mada Yogyakarta dan S2 Teknik Elektro di Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Bidang yang diminati beliau Renewable Energy & Signal Processing. Saat ini beliau menjabat sekretaris program studi teknik elektro di Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.