

## Sistem monitoring pengisian baterai PLTS 100 Wp menggunakan sensor PZEM 004t dan sensor tegangan DC

Rafika Andari<sup>1)\*</sup>, Sitti Amalia<sup>2)</sup>, Christyan Davis Tinambunan<sup>3)</sup>

<sup>123</sup>Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

rafika.andari@gmail.com<sup>\*</sup>; sittiamalia23213059@gmail.com; tinambunan19@gmail.com

<sup>\*</sup>Penulis Koresponden

### ABSTRAK

Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS tidak dapat dimonitor pada saat PLTS dioperasikan. Untuk mengurangi kerusakan panel surya dan meningkatkan kinerjanya, diperlukan suatu sistem yang memonitor kinerja panel. Proses pengisian baterai PLTS menggunakan panel 100 Wp dengan sebuah baterai 12V 45 AH yang berlangsung selama 8 jam. Tahap awal dari proses perakitan sistem monitoring pengisian baterai adalah terlebih dahulu mengkalibrasi sensor tegangan. Setelah proses kalibrasi, kemudian dilakukan penentuan program dan penentuan nilai *low* dan *high* yang akan digunakan. Selanjutnya, dilakukan proses penginputan program ke dalam arduino melalui *software* arduino IDE. Hasil pengukuran sensor tegangan DC dan hasil program yang digunakan kemudian diuji. Proses monitoring pengisian baterai PLTS dilakukan selama 3 hari penuh. Setelah dilakukan proses monitoring, nilai rata-rata tegangan yang naik selama pengisian dari 08.00 sampai 15.00 adalah sebesar 0,341 V.

**Kata Kunci:** baterai, sel surya, sistem monitoring

### ABSTRACT

*The electricity produced by PLTS cannot be monitored when PLTS is operated. To decrease the damage to the panels and increase their performance, a system is needed that monitors the performance of panels. The powering up of the PLTS battery charging process uses a 100 watt panel with a 12-volt 45-ampere battery that lasts for 8 hours. The initial stage of the assembly process for monitoring the battery charging system is first to calibrate the voltage sensor. After the calibration process, the program will then use the low and high values to be used. Next, the process of inputting the program into the Arduino IDE software is carried out. The results of the DC voltage sensor measurements are then tested, as is the results program. The procedure of monitoring the power line system battery charge lasts three days. Following the monitoring procedure, the average value of the voltage that rises during charging is around 0.341 V.*

**Keywords:** battery, monitoring system, solar cell

diunggah : Maret 2021, direvisi : Juni 2021, diterima : Juni 2022, dipublikasi : Juni 2022

Copyright (c) 2022 Rafika Andari, Sitti Amalia, Christyan Davis Tinambunan  
This is an open access article under the CC-BYlicense

## PENDAHULUAN

Listrik merupakan sumber utama peralatan elektronik bagi masyarakat. Tidak heran jika saat ini banyak kemajuan teknologi dibidang ketenagalistrikan untuk memenuhi kebutuhan dan tuntutan masyarakat akan energi listrik. Sebagian besar energi listrik yang digunakan saat ini adalah energi non-alternatif (bahan bakar fosil). Energi fosil cepat atau lambat akan semakin berkurang dan habis (Samudro, 2016). Inilah sebabnya mengapa banyak negara industri dan negara berkembang sedang meneliti dan mengembangkan energi

alternatif. Indonesia adalah contohnya. Dalam pemenuhan kebutuhan akan listrik, Indonesia cukup banyak memiliki sumber daya energi baik berupa bahan bakar fosil ataupun energi terbarukan (Adistia et al., 2020).

Pengembangan sumber energi terbarukan di Indonesia sebagian besar telah dilakukan. Salah satunya adalah pemanfaatan energi panas matahari sebagai sumber energi listrik yang lebih dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS di Indonesia berkembang pesat dengan dukungan pemerintah dan merupakan program kerja pemerintah yang akan menghasilkan listrik sebesar 35 MW. Dimungkinkan juga untuk menggunakan sumber energi matahari sebagai sumber tenaga listrik cadangan di rumah, kantor, gedung pemerintahan dan lain-lain serta juga dapat digunakan sebagai listrik utama saat digunakan bersama dengan listrik PLN. Hingga saat ini, masih banyak dari anggota masyarakat di Indonesia, khususnya yang berada di pedesaan yang belum merasakan layanan listrik. Hal ini terutama disebabkan oleh sifat geografis daerah tersebut, sehingga tidak memungkinkan untuk mengakses jaringan listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Salah satunya adalah daerah perkebunan di pedalaman Dhamasraya Provinsi Sumatera Barat (Sinaga, 2018).

PLTS merupakan salah satu cara untuk mendapatkan listrik di daerah terpencil. Rendahnya tingkat elektrifikasi menunjukkan besarnya potensi sektor sel surya. Salah satu solusi yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik alternatif adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan sistem modular yang bersifat *portable* (Ruskardi, 2015). Panel surya adalah perangkat yang mengubah arus searah dari energi matahari. Keunggulan teknologi modern ini adalah kemudahan perawatan, pembersihan, penghematan, pemasangan, dan kemudahan pengoperasian (Fhery & Idris, 2019).

Untuk menghindari kerusakan dan mengurangi efisiensi panel surya, diperlukan suatu alat untuk memantau kinerja dan memberikan pemberitahuan saat panel surya mengalami gangguan fungsi. Pada PLTS terdapat sistem monitoring yang dapat menampilkan tegangan dan arus yang dihasilkan, namun masih memiliki kekurangan yaitu tidak adanya sistem monitoring dan notifikasi *noise* yang dapat menurunkan kinerja panel surya terutama kualitas udara. dan pemantauan tidak dapat dilakukan dari jarak jauh atau menggunakan internet sebagai media transmisi data (Siregar, R. R. A., Wardana, N., 2017).

Penelitian sebelumnya telah melakukan studi kelayakan dengan hasil bahwa PLTS masih membutuhkan investasi jangka pendek yang mahal dan hanya dapat menyediakan listrik setengah hari dari penyerapan sinar matahari selama satu hari (Utomo, 2009). Namun optimalisasi penggunaan energi listrik tenaga surya untuk rumah tangga tetap bergantung pada intensitas penyinaran matahari. Penggunaan beban yang bervariasi ternyata juga dapat mempengaruhi efisiensi panel surya (Salman, 2013). Penelitian lain juga melakukan penyesuaian sudut panel surya untuk mendapatkan intensitas penyinaran yang optimum (Ervin & Jamaaluddin, 2020).

Penelitian lebih lanjut terhadap analisis perencanaan penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk sistem rumah surya perumahan *Solar Home System* (SHS). SHS adalah salah satu sistem tenaga surya untuk listrik pedesaan sebagai sistem penerangan rumah tunggal atau terdesentralisasi dengan daya terpasang yang relatif rendah sekitar 4855 Wp. Total produksi 50 Wp per rumah tangga dimaksudkan untuk menutupi kebutuhan penerangan dan informasi (TV dan radio) (Eteruddin et al., 2020).

Sistem monitoring PLTS berbasis mikrokontroler Arduino hanya dapat memonitoring keluaran panel surya menggunakan sensor arus dan sensor tegangan untuk memperoleh nilai arus, tegangan dan daya dengan data yang otomatis tersimpan di SD card. Metode ini hanya mengumpulkan data parameter keluaran panel. Oleh karena itu perlu dibuat sistem monitoring pengisian solar panel dengan sensor terkalibrasi agar sistem akuisisi data yang terintegrasi dengan sistem berbasis mikrokontroler Arduino UNO 328 sehingga mudah diakses secara *real time* (Siregar, R. R. A., Wardana, N., 2017), (Amalia et al., 2021).

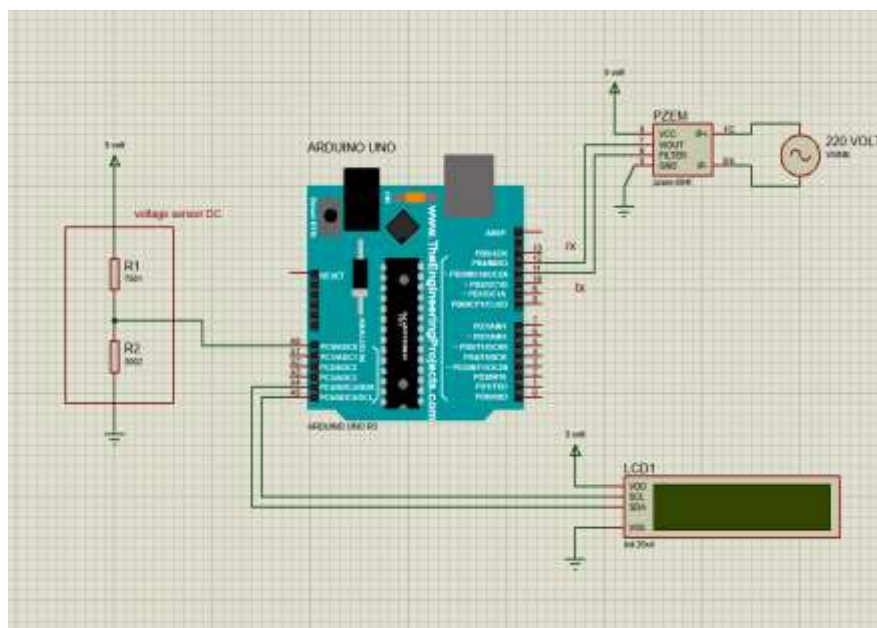
Baterai adalah suatu proses elektrokimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia ketika diisi atau *charge* dan mengubah energi kimia menjadi energi listrik ketika dikosongkan atau *discharge* (Chanif et al., 2014), (Listianto et al., 2019). Pengisian dan pengosongan yang tidak tepat dapat dengan cepat mempersingkat masa pakai baterai (Sugeng & Saputra, 2019), (Qurthobi et al., 2018). Oleh karena itu, perlu untuk memantau baterai guna memberikan perhatian khusus pada kedua proses ini. Salah satu indikator terpenting pada baterai adalah status pengisian daya. Status pengisian daya yang dikenal dengan SOC (*State of Charge*) menyatakan nilai total kapasitas energi yang dapat digunakan oleh sebuah baterai dengan keseluruhan jumlah kapasitas baterai. Saat menggambarkan energi yang tersedia, SOC dianggap sebagai nilai kapasitas baterai dan dinyatakan dalam persentase (Nugroho et al., 2014), (Putra & Puriyanto, 2019).

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti merancang suatu sistem monitoring proses pengisian baterai panel surya melalui sensor tegangan DC. Pada saat proses pengisian, sensor tegangan melakukan pembacaan terhadap kenaikan tegangan dan kapasitas baterai yang nantinya akan di tampilkan pada LED sebagai acuan saat pengisian baterai.

## METODE

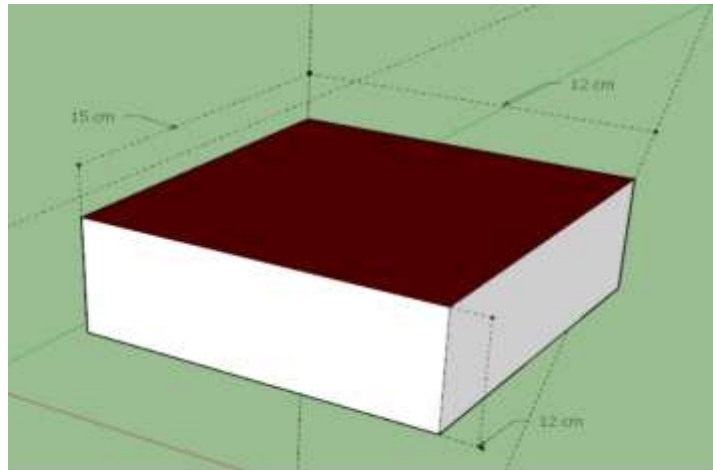
Perancangan dan pembuatan sistem monitoring pengisian baterai PLTS pada penelitian ini yang bertujuan untuk memonitor cara kerja sistem pada proses pengisian baterai pada panel surya melalui sensor tegangan. Pada saat proses pengisian baterai, sensor tegangan melakukan pembacaan terhadap kenaikan tegangan dan kapasitas baterai yang nantinya akan ditampilkan pada LED sebagai acuan saat pengisian baterai.

Beberapa perangkat lunak penting digunakan untuk membuat skema rangkaian dan desain mekanis untuk alat ini. Diagram rangkaian alat ini dibuat menggunakan perangkat lunak *Proteus*, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1. Sensor PZEM memiliki pin output dengan pin rx dan tx. Sensor PZEM terpasang pada pin Arduino 11 untuk pin tx, dan pin Arduino 12 untuk pin rx. Pin LCD memiliki dua pin komunikasi i2c: pin SDA terhubung ke pin Arduino SDA, dan pin SCL terhubung ke pin Arduino SCL. Pin untuk sensor tegangan DC terpasang pada pin Arduino A0. Model simulasi rangkaian ini berguna untuk mempermudah proses pembuatan alat dan untuk mengetahui pin komponen mana yang saling terhubung.



Gambar 1. Skema rangkaian alat

Desain mekanik alat dibuat menggunakan *software sketchup* seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Ukuran pada desain mekanik dengan panjang 15 cm, lebar 12 cm dan tinggi 12 cm. Bahan yang akan digunakan adalah bahan akrilik dengan ketebalan sebesar 2 mm.



**Gambar 2. Desain mekanik alat**

Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data tegangan dan kapasitas baterai yang dibangkitkan oleh PLTS 100Wp.
2. Data tegangan baterai PLTS 100Wp.
3. Data lama pengisian baterai pada sistem PLTS 100Wp.

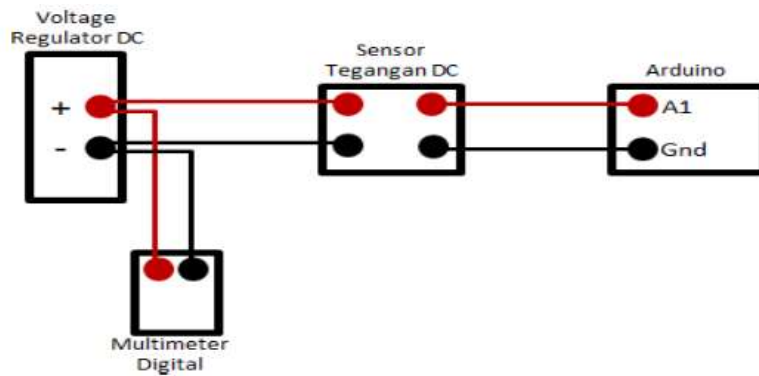
Data yang dikumpulkan diperoleh dalam bentuk pembacaan sensor yang ditampilkan oleh LED selama tiga hari pengisian daya masing-masing delapan jam. Selama pengisian baterai, pembacaan yang ditampilkan menunjukkan tegangan DC serta kapasitas baterai yang tersedia. Setelah data terkumpul, selanjutnya diolah dan dianalisis untuk memastikan temuan pembacaan sensor. Nilai rata-rata kenaikan tegangan pada saat pengisian baterai dapat dihitung berdasarkan persamaan (1).

$$\text{rata - rata kenaikan tegangan} = \frac{\text{jumlah selisih tegangan}}{\text{lama pengisian}} (1)$$

Pengujian tegangan DC dilakukan untuk memverifikasi kinerja sensor yang akan digunakan dan untuk menemukan kesalahan pada hasil sensor. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan hasil pembacaan alat ukur untuk mengetahui proporsi kesalahan pembacaan sensor. Perhitungan perbandingan antara alat ukur dan sensor yang diuji dengan persentase selisih antara sensor yang ditunjukkan oleh persamaan (2).

$$\text{nilai gagal alat} = \frac{\text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor}}{\text{pembacaan alat ukur}} \times 100\% \quad (2)$$

Gambar 3 menggambarkan skema rangkaian untuk pengujian sensor ini. Menghubungkan sensor ke catu daya adalah tahap pertama dalam proses pengujian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tegangan 0-20 VDC. Kedua, dengan menghubungkan sensor dan multimeter ke catu daya, pengujian dilakukan secara bersamaan. Pembacaan sensor dan multimeter kemudian akan dibandingkan untuk menentukan apakah nilai pembacaan sensor beroperasi dengan benar.



**Gambar 3. Rangkaian pengujian sensor DC**

Selanjutnya dilakukan pengujian dengan bantuan program mapping yang selama ini menentukan persentase pengisian kapasitas baterai. *Software* ini menentukan nilai rendah dan tinggi dari suatu nilai yang akan digunakan. Nilai rendah dan tinggi yang ditunjukkan adalah nilai tegangan saat baterai tidak dapat lagi mensuplai inverter, dan nilai tinggi adalah nilai tegangan baterai saat terisi penuh. Aplikasi secara otomatis menghitung nilai dari pembacaan sensor tegangan DC setelah menemukan nilai rendah dan tinggi untuk menentukan persentase baterai selama proses pengisian.

Setelah mengevaluasi fungsi sensor tegangan DC dan program pemetaan, baterai diisi dengan menghubungkan panel surya 100 Wp ke pengontrol dan kemudian ke baterai. Ketika panel surya mulai mengisi baterai, pembacaan dengan sensor tegangan diperoleh untuk menentukan nilai tegangan baterai selama proses pengisian. Pembacaan dilakukan setiap jam sampai baterai terisi penuh untuk mengetahui tegangan pada baterai selama proses pengisian. Sensor tegangan tidak akan disambungkan terlebih dahulu pada saat proses charging untuk menghindari masalah pada proses pengambilan data.

Panel surya dengan kapasitas sebesar 100 Wp pada umumnya menggunakan empat buah baterai. Tingkat kedalaman pengosongan (*Depth of Discharge*) baterai biasanya dinyatakan dalam persentase. Misalnya, suatu baterai memiliki DoD 80%, ini berarti bahwa hanya 80% dari energi yang tersedia dapat dipergunakan dan 20% tetap berada dalam cadangan (Nano, 2019). Apabila panel surya yang menggunakan empat buah baterai diasumsikan sebagai kondisi 100%. Pada penelitian ini menggunakan sebuah baterai, maka panel dapat dianggap bekerja pada kondisi 25% saja saat dilakukan pengujian.

Ketika PLTS mengisi baterai panel surya, yang menerima energi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik, *output* dari panel saat bekerja adalah tegangan dan arus. Saat pengisian terjadi, pengontrol yang terhubung antara panel surya dan baterai melanjutkan atau mengatur arus keluaran dari panel. Setelah arus masuk ke *controller* selanjutnya arus akan masuk menuju baterai dampak dari masuk nya arus ke dalam baterai adalah naiknya tegangan yang ada di baterai secara bertahap (Setiawan & Puriyanto, 2020). Pembacaan akan dilakukan 1 x jam selama pengisian baterai hingga kondisi baterai penuh dan proses pengisian dihentikan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sebelum melakukan pengisian baterai, perlu ditentukan nilai tegangan awal pengisian baterai dan nilai tegangan akhir saat baterai dalam keadaan penuh. Dalam penelitian ini diperoleh nilai tegangan awal pengisian sebesar 11.38 V dan nilai tegangan akhir sebesar 14,11 V. Sedangkan untuk *rating* kapasitas baterai dimulai dari *rating* 78% - 100%. Setelah melakukan proses monitoring saat pengisian baterai maka diperoleh hasil pembacaan sensor tegangan DC selama 3 hari.

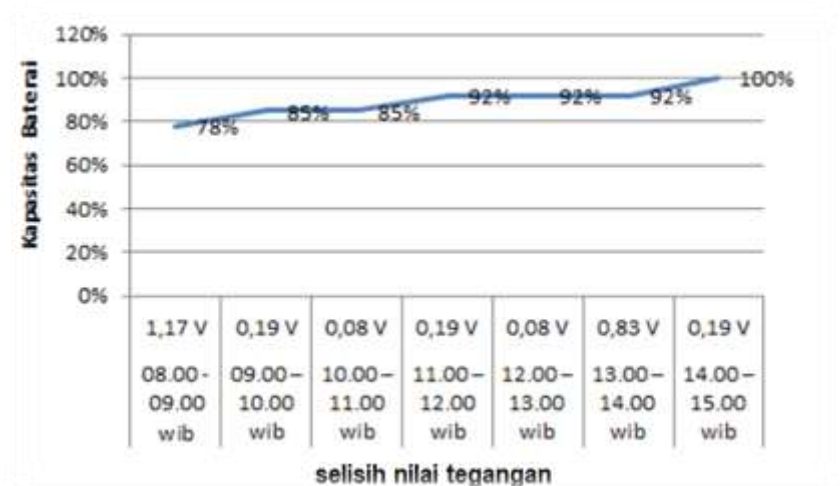
### Pembacaan sensor tegangan DC hari pertama

Berdasarkan hasil pembacaan pada Tabel 1, nilai awal tegangan baterai sebelum dilakukan pengisian adalah sebesar 11,38 V nilai ini merupakan *rating* tegangan baterai pada saat baterai sudah tidak mampu menyuplai inverter. Pada saat pengisian jam pertama tegangan baterai naik menjadi 12,55 V dengan selisih sebesar 1,17 V terhadap nilai tegangan awal baterai sebelum dilakukan pengisian dengan persentase kenaikan tegangan sebesar 7%. Hasil pembacaan pada pukul 11.00 – 12.00 WIB kenaikan tegangan yang ada dibaterai sama besar dengan pembacaan pada pukul 09.00 – 10.00 WIB. Maka selama 4 jam saat pengisian baterai dilakukan belum terlihat pengaruh waktu puncak penyinaran matahari (*watt peak*). Sedangkan naiknya nilai persentase pada baterai terjadi akibat nilai tegangan pada baterai sudah mencapai angka sebesar 13,01 V. Hal ini bisa diketahui apabila dilakukan perbandingan *rating* tegangan dari hasil pembacaan sensor yang ada pada Tabel 1. Pada pukul 09.00-11.00 WIB *rating* tegangan yang ada pada baterai masih berada diangka 12 V sehingga persentase baterai tidak mengalami perubahan, persentase baterai akan berubah apabila *rating* tegangan yang dibaca oleh sensor tegangan mengalami perubahan yang cukup besar.

**Tabel 1. Hasil pembacaan sensor tegangan DC hari pertama**

Pukul	Tegangan Baterai (V)	Kapasitas Baterai (%)	Keterangan Pengisian
08.00	11,38	78	Kondisi awal
09.00	12,55	85	Kondisi pertama
10.00	12,74	85	Kondisi kedua
11.00	12,82	85	Kondisi ketiga
12.00	13,01	92	Kondisi keempat
13.00	13,09	92	Kondisi kelima
14.00	13,92	92	Kondisi keenam
15.00	14,11	100	Kondisi ketujuh

Gambar 4. menunjukkan grafik dari besar kenaikan tegangan baterai dapat dilihat bahwa nilai terbesar berada pada pukul 08.00 – 09.00 WIB atau pada pengisian jam pertama, yaitu sebesar 1,17 V. Sementara itu, untuk pukul 09.00 WIB sampai dengan 12.00 WIB nilai dari tegangan yang naik relatif sama dengan nilai sebesar 0,19 V dan 0,08 V. Peneliti berasumsi hal ini terjadi dikarenakan adanya kenaikan suhu pada panel surya. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa sekitar 0,5 % pada total tenaga (daya) yang dihasilkan [9]. Hal ini juga diperkuat pada saat pembacaan dilakukan pada pukul 13.00 besar naiknya tegangan pada baterai cukup signifikan dibandingkan dengan pembacaan pada saat pukul 9.00 WIB sampai pukul 12.00 WIB. Dimana pada pukul 13.00 WIB terik matahari sudah mulai berkurang dan begitu juga suhu pada panel akan ikut berkurang juga. Sedangkan untuk penentuan persentase kapasitas baterai yang di kalkulasi oleh program *mapping* perlu untuk dikaji ulang karena persentase baterai yang terbaca akan berubah apabila nilai tegangan yang naik cukup besar seperti pada saat pembacaan dijam pertama dan disaat pembacaan pada jam keempat. Berdasarkan persamaan (1) diperoleh rata-rata kenaikan tegangan baterai pada hari pertama pengujian adalah sebesar 0,341 V.



**Gambar 4. Grafik kenaikan tegangan DC hari pertama**

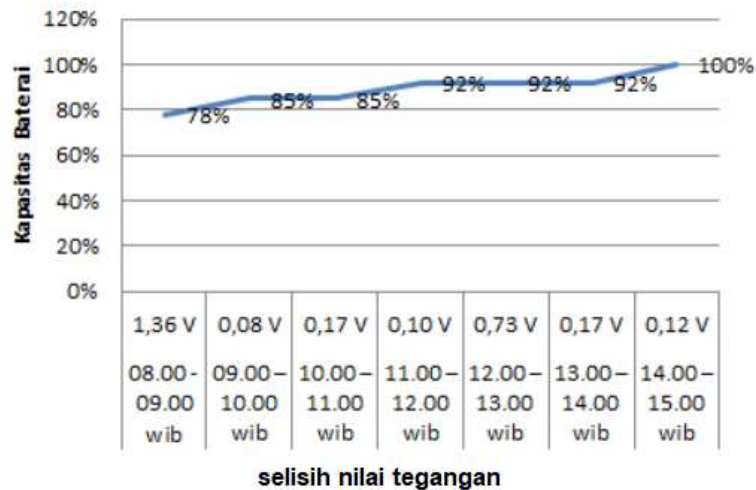
#### **Pembacaan sensor tegangan DC hari kedua**

Hasil pembacaan sensor tegangan DC pada hari kedua ditunjukkan pada Tabel 2. Pada saat pengisian jam pertama tegangan baterai naik menjadi 12,74 V dengan selisih sebesar 1,36 V terhadap nilai tegangan awal baterai sebelum dilakukan pengisian dengan persentase kenaikan tegangan sebesar 7%. Pada pukul 10.00 –11.00 WIB cuaca berubah sedikit berawan tentu saja hal ini mempengaruhi kinerja panel surya pada saat melakukan proses pengisian baterai. Hasil pembacaan pada pukul 11.00–12.00 WIB kenaikan tegangan yang ada di baterai sama besar dengan pembacaan pada pukul 09.00– 10.00 WIB. Besarnya nilai yang bertambah pada tegangan baterai di karenakan puncak penyinaran matahari (*watt peak*) masih berlangsung pada pukul 12.00 -13.00 WIB. Oleh karena itu berdasarkan hasil pembacaan yang dilakukan pada jam keenam dapat dikatakan bahwa panel surya mulai bekerja pada secara optimal dalam proses pengisian baterai.

**Tabel 2. Hasil pembacaan sensor tegangan DC hari kedua**

Pukul	Tegangan Baterai (V)	Kapasitas Baterai (%)	Keterangan Pengisian
08.00	11,38	78	Kondisi awal
09.00	12,74	85	Kondisi pertama
10.00	12,82	85	Kondisi kedua
11.00	12,99	85	Kondisi ketiga
12.00	13,09	92	Kondisi keempat
13.00	13,82	92	Kondisi kelima
14.00	13,99	92	Kondisi keenam
15.00	14,11	100	Kondisi ketujuh





**Gambar 5. Grafik kenaikan tegangan DC hari kedua**

Berdasarkan Gambar 5. yang menunjukkan grafik dari besar kenaikan tegangan dapat dilihat bahwa nilai terbesar berada pada pukul 08.00 – 09.00 WIB atau pada pengisian jam pertama sebesar 1,36 V dengan persentase kenaikan tegangan sebesar 7%. Pada pukul 09.00 – 10.00 WIB kenaikan nilai tegangan yang diperoleh paling rendah hanya 0,08 V. Hal ini terkait kondisi matahari sudah memasuki *peak* puncak pertama dimana seharusnya panel surya dapat menghasilkan *watt* puncak sesuai dengan kemampuan dan kapasitas dari panel tersebut. Dari grafik pembacaan tegangan pada jam kedua ini, dapat dikatakan *peak* puncak matahari tidak memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap pengisian baterai. Rata-rata kenaikan tegangan pada pengujian hari kedua yang dihitung berdasarkan persamaan (2) diperoleh nilai yang sama dengan hari sebelumnya.

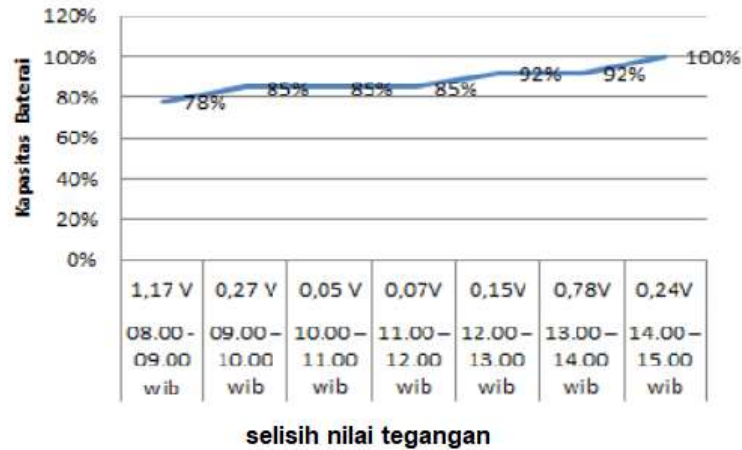
#### **Pembacaan sensor tegangan DC hari ketiga**

Hasil pembacaan sensor tegangan DC pada pengujian hari ketiga ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil pembacaan sensor tegangan DC hari ketiga**

Pukul	Tegangan Baterai (V)	Kapasitas Baterai (%)	Keterangan Pengisian
08.00	11,38	78	Kondisi awal
09.00	12,55	85	Kondisi pertama
10.00	12,82	85	Kondisi kedua
11.00	12,87	85	Kondisi ketiga
12.00	12,94	92	Kondisi keempat
13.00	13,09	92	Kondisi kelima
14.00	13,87	92	Kondisi keenam
15.00	14,11	100	Kondisi ketujuh





**Gambar 6. Grafik kenaikan tegangan DC hari ketiga**

Berdasarkan grafik pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa nilai kenaikan tegangan terbesar berada pada pukul 08.00 – 09.00 WIB atau pada pengisian jam pertama sebesar 1,36 V. Sementara itu, nilai terendahnya diperoleh pada pukul 10.00-11.00 WIB (pembacaan dijam keempat). Pada hasil pembacaan sensor di jam keempat ini nilai pembacaan sensor tegangan baterai naik dari 12,87 V menjadi 12,94 V. Nilai tegangan baterai masih berada diangka 12 V, sehingga persentase baterai tidak mengalami perubahan. Persentase baterai akan berubah apabila *rating* tegangan yang dibaca oleh sensor tegangan mengalami perubahan yang cukup besar.

Setelah melakukan proses pengisian baterai selama 3 hari dengan kondisi cuaca yang berbeda. Penyinaran matahari yang efektif pada panel surya adalah selama 9 jam, yakni mulai pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 17.00 WIB. Pada saat ini, matahari mungkin tidak bersinar setiap jam karena berbagai faktor, termasuk awan dan hujan, sehingga baterai mungkin tidak terisi penuh dalam sehari [21].

Data menunjukkan bahwa kenaikan tegangan terbesar selalu terjadi selama satu jam pertama pengisian, dan kemudian tegangan yang meningkat selalu menurun hingga baterai penuh. Sementara pembacaan dari sensor tegangan DC yang diuji cukup baik, operasi alat ini adalah memasukkan nilai tinggi dan rendah dari peringkat pengisian baterai dalam program yang akan diumpankan ke perangkat yang akan digunakan. Setelah kalibrasi sensor dan perangkat lunak, sensor dan baterai terhubung selama proses pengisian baterai. Pada penelitian kali ini *rating* baterai yang didapat pada saat tidak mampu menyuplai *inverter* adalah sebesar 11,38 V dan *rating* tegangan baterai pada saat kondisi penuh sebesar 14,11 V.

Untuk mendapatkan hasil pembacaan yang lebih akurat, pembacaan sensor tegangan dibandingkan kembali nilainya dengan nilai pada alat ukur. Nilai galat/eror dari pembacaan sensor ditunjukkan pada tabel 4.

**Tabel 4. Perbandingan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur**

Pukul	Pembacaan Sensor Tegangan (V)	Pengukuran Multimeter (V)	Selisih	Persentase Selisih (%)
08.00	11,38	11,39	0,01	0,087
09.00	12,55	12,56	0,01	0,079
10.00	12,74	12,76	0,02	0,156
11.00	12,82	12,84	0,02	0,144
12.00	13,03	13,03	0	0
13.00	13,09	13,12	0,03	0,228
14.00	13,92	13,94	0,03	0,215
15.00	14,11	14,14	0,03	0,212

Berdasarkan Tabel 4, pengujian nilai selisih terbesar antara nilai pembacaan sensor dan alat ukur didapatkan adalah sebesar 0,03 dengan *rating* eror sebesar 0,228 %. Sesuai data pada Tabel 4, maka dapat diperoleh rata-rata kesalahan sebesar 1,875 %.

## SIMPULAN

Sistem monitoring pengisian baterai PLTS 100 Wp menggunakan sensor tegangan DC dapat melakukan pembacaan secara akurat apabila sensor tegangan DC telah dilakukan kalibrasi sebelum digunakan setelah proses kalibrasi terlebih dahulu. Untuk menampilkan hasil pembacaan, sensor harus terhubung dengan arduino yang telah diinputkan program yang akan digunakan bekerja secara baik dengan kesalahan pembacaan yang cukup kecil. Hasil pembacaan sensor tegangan DC cukup akurat hal ini dapat dilihat dari hasil perbandingan pembacaan sensor jika dibandingkan dengan alat ukur persentase kesalahan pembacaan tidak ada yang melebihi dari 1 %.

Agar PLTS dapat beroperasi secara optimal sebaiknya jumlah baterai yang digunakan sebanyak 4 buah. Hal ini berguna untuk menunjang performa dari PLTS saat beroperasi menyuplai beban.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adistia, N. A., Nurdiansyah, R. A., Fariko, J., Vincent, V., & Simatupang, J. W. (2020). Potensi Energi Panas Bumi, Angin, Dan Biomassa Menjadi Energi Listrik Di Indonesia. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 105. <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i2.9107>.
- Amalia, S., Andari, R., & Nofrizal, Y. (2021). *Sistem Monitoring Penggunaan Beban Pada Proses Pengosongan Baterai 100WP Menggunakan Sensor PZEM-004T*. 11(1), 29–36.
- Chanif, M., Sarwito, S., & K, E. S. (2014). Analisa Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Proses Pengisian Baterai Wahana Bawah Laut. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(1), 1–6.
- Ervin, M., & Jamaaluddin. (2020). Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Alternatif Energi Listrik Skala Rumah Tangga. *Mesin Mesin Listrik*. <http://eprints.umsida.ac.id/7230/>.
- Eteruddin, H., Atmam, A., & Setiawan, D. (2020). The Impact of Solar Panel Temperature to Solar Home System (SHS) Output Voltage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 469(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/469/1/012035>.
- Fhery, M., & Idris, N. (2019). *Perancangan Sistem Kelistrikan pada Kapal Nelayan Menggunakan Panel Surya*. 04(02), 2–5.
- Listianto, R. D., Sunardi, S., & Puriyanto, R. D. (2019). Monitoring Tegangan Baterai Lithium Polymer pada Robot Sepak Bola Beroda secara Nirkabel. *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.12928/biste.v1i1.826>.
- Nano, B. A. (2019). *Peningkatan Efisiensi Penggunaan Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Arduino Nano*. 1–5.
- Nugroho, A., Nugroho, A., & Rijanto, E. (2014). Simulasi Optimasi Pengukuran State of Charge Baterai Dengan Integral Observer. *Widyariset*, 17(3), 323–332. <https://widyariset.pusbindiklat.lipi.go.id/index.php/widyariset/article/view/276>.

- Putra, R. I., & Puriyanto, R. D. (2019). *Pemantauan Tegangan Baterai Lithium Polymer pada Robot Line Follower secara Nirkabel*. 01(02). <https://doi.org/10.12928/biste.v1i2.907>.
- Qurthobi, A., Pambudi, A. B. K., Darmawan, D., & Iskandar, R. F. (2018). 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. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 9(1), 357–364. <https://doi.org/10.11591/ijped.s.v9n1.pp357-364>.
- Ruskardi. (2015). Kajian Teknis dan Analisis Ekonomis PLTS Off-Grid Solar System Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Teknik Elektro (ELKHA)*, 7(1), 1–6. <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/download/9409/9298>.
- Salman, R. (2013). Analisis Perencanaan Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Untuk Perumahan (*Solar Home System*). *Majalah Ilmiah Bina Teknik*, 1(1), 46–51.
- Samudro, G. (2016). Konservasi Energi Berbasis Renewable Energy Technology Dengan Pemanfaatan Teknologi Microbial. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 13(2), 57. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v13i2.57-65>.
- Setiawan, M., & Puriyanto, R. D. (2020). Arduino-Based Battery Voltage Monitoring and SMS Gateway. *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 2(3), 111. <https://doi.org/10.12928/biste.v2i3.1478>.
- Sinaga, R. (2018). Pengaruh Parameter Lingkungan dan Penempatan Posisi Modul Terhadap Luaran Energi Plts Menggunakan Solar Cell 50 Wp, 12 Volt. *Studia Teknologia*, 1(2), 178–188.
- Siregar, R. R. A., Wardana, N., & Luqman. (2017). Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Uno. *JETri Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 14(2), 81–100.
- Sugeng, B., & Saputra, R. H. (2019). Estimasi State-Of-Charge Menggunakan Simulink Pada Baterai Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal ELTIKOM*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.31961/eltikom.v3i1.89>.
- Utomo, T. (2009). Daya Listrik Skala Rumah Tangga. *Jurnal EECCIS*, III(167), 13–17.