

Perbandingan MPPT Dengan PWM Pada Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman

¹Rahmad Fajar Alvandy, ²Aryunto Soetedjo, ³Irrine Budi Sulistiawati

^{1,2,3}Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang, Malang

¹rahmadalvandy27@gmail.com, ²aryunto@lecture.itn.ac.id, ³irrine@lecture.itn.ac.id,

Article Info

Article history:

Received August 11th, 2024

Revised August 21th, 2024

Accepted September 09th, 2024

Keyword:

Monitoring, Solar Panels

SCC

INA219

Solar Power Meter

ESP32

PLTS

ABSTRACT

Plant Growth Monitoring is an innovation that utilizes IoT technology to monitor plant growth and health conditions in real-time. In agricultural environments which are often far from the reach of PLN, the use of Solar Power Plants (PLTS) is the right solution. However, fluctuations in output power from solar panels can affect the performance of electrical equipment, such as batteries, if not regulated properly. To optimize the efficiency of using solar energy, a Solar Charge Controller (SCC) with the Maximum Power Point Tracking (MPPT) method is needed. SCC allows solar panels to operate at maximum power point, increasing efficiency by up to 30%.

Copyright © 2024 Jurnal FORTECH.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Email: rahmadalvandy27@gmail.com

Abstrak—Monitoring Pertumbuhan Tanaman merupakan suatu inovasi yang memanfaatkan teknologi IoT untuk memantau kondisi pertumbuhan dan kesehatan tanaman secara real-time. Dalam lingkungan pertanian yang seringkali jauh dari jangkauan PLN, pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi yang tepat. Namun, fluktuasi daya keluaran dari panel surya dapat mempengaruhi kinerja peralatan kelistrikan, seperti baterai, jika tidak diatur dengan baik. Untuk mengoptimalkan efisiensi penggunaan energi surya, diperlukan Solar Charge Controller (SCC) dengan metode Maximum Power Point Tracking (MPPT). Dari desain SCC memungkinkan panel surya beroperasi pada titik daya maksimum, meningkatkan efisiensi hingga 30%.

Kata Kunci: Monitoring, Panel Surya, SCC, INA219, Solar Power Meter., ESP32, PLTS

1. PENDAHULUAN

Sistem Monitoring pertumbuhan tanaman merupakan suatu sistem yang digunakan untuk memantau kondisi pertumbuhan dan kesehatan tanaman secara real-time. Sistem ini akan memonitoring seberapa besar dan seberapa cepat tanaman akan tumbuh. Sistem ini menggunakan teknologi IoT (Internet of Things) yang mengirimkan data sensor dari lapangan ke cloud server melalui internet, dan selanjutnya informasi dari sensor dapat diakses melalui SCADA dan aplikasi Android di Smartphone[1]. Untuk menjalankan system monitoring ini tentu saja

komponen elektronik membutuhkan sumber energi listrik agar bisa beroperasi. Namun ladang pertanian terkadang jauh dari jangkauan PLN sebagai penyuplai sumber energi listrik, untuk itu PLTS adalah salah satu sumber energi listrik yang tepat digunakan terlebih lagi daerah ladang rata-rata memiliki intensitas cahaya dan radiasi matahari yang baik karena tanaman juga membutuhkan cahaya matahari.[2]

Adapun peralatan yang mendukung pembangkitan energi listrik sebagai sumber energi listrik untuk alat monitoring pertumbuhan tanaman adalah panel surya, solar charger controller (SCC), dan baterai (Accu)[3]. Energi yang dihasilkan dari

solar panel tidak dapat digunakan secara langsung ke beban, hal ini dikarenakan energi yang dihasilkan dari solar panel mengikuti perubahan cahaya dari matahari[4]. Sehingga setiap perubahan intensitas cahaya akan berdampak pada perubahan keluaran energinya. Selain hal itu sebagian besar energi yang dibutuhkan tidak disaat siang hari, akan tetapi di manfaatkan pada saat malam hari, sebagai sumber energi sensor yang beroperasi setiap waktu. Dibutuhkan juga baterai sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan saat siang hari, Dimana titik maksimum energi dari panel surya bisa dihasilkan.

Energi yang dihasilkan dari panel surya dalam pengoperasian, besar daya keluaran dari panel surya yang telah dipasang tersebut memiliki daya keluaran yang berubah-ubah, hal ini disebabkan oleh kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya, temperatur, debu, dan perubahan cuaca yang tidak menentu sehingga dapat menyebabkan daya keluaran dari panel surya juga ikut berfluktuasi dan tidak selalu pada kondisi maksimum[5]. Nilai keluaran daya dari panel surya yang berubah-ubah ini dapat mengakibatkan rusaknya peralatan kelistrikan salah satunya adalah baterai.

Teknologi saat ini yang dapat memaksimalkan efisiensi daya keluaran panel surya dan sistem pengisian baterai adalah *Solar Charge Controller (SCC)*. Solar Charge Controller adalah perangkat elektronik yang digunakan dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk mengatur aliran listrik yang masuk dan keluar dari baterai penyimpanan energi surya[6]. MPPT atau pelacak titik daya maksimum memungkinkan panel surya beroperasi pada titik daya maksimum atau lebih tepatnya tegangan optimal untuk keluaran daya maksimum. Dengan metode MPPT, SCC dapat lebih efisien hingga 30% tergantung pada voltase baterai dan voltase operasi pada panel surya[7]. Untuk mengetahui seberapa efisien panel surya tersebut, tentu kita harus melihat output yang dihasilkan dari panel surya. Kita dapat melihat besar output yang dihasilkan secara konvensional melalui layar pada SCC. Akan tetapi cara tersebut cukup memakan waktu, sehingga diperlukan sebuah alat yang dapat menampilkan output dari panel surya dengan cepat dan mudah. Untuk itu, pada penelitian ini akan dirancang sebuah Solar Charge Controller (SCC) yang dapat mengukur besar daya, arus dan tegangan yang dihasilkan dari panel surya dan hasil pengukuran tersebut dapat ditampilkan di SCADA dan aplikasi android di smartphone melalui internet sebagai pengirim data tersebut[8].

2. METODE PENELITIAN

A. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini dengan judul “Perbandingan MPPT dan PWM Pada Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman” menggunakan metodologi penulisan kuantitatif komparatif, dimana pada penelitian ini akan membahas mengenai perbandingan antara hasil pengukuran alat ukur menggunakan multimeter dengan alat ukur rancangan yang dibuat oleh peneliti pada tampilan Scada Haiwell. Untuk mengetahui nilai error dari alat rancangan dengan mengacu pada nilai parameter dari alat ukur. Nilai error tersebut dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\%Error = \left| \frac{(X_{Ar} - X_{Alat\ Ukur})}{X_{Alat\ Ukur}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

X Ar = Nilai Parameter dari Rancangan

X Alat Ukur = Nilai Parameter dari Alat Ukur Multimeter

B. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Maret 2023 di Kampus 2 ITN Malang

C. Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller adalah perangkat elektronik yang digunakan dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk mengatur aliran listrik yang masuk dan keluar dari baterai penyimpanan energi surya. Solar charge controller digunakan dalam sistem tenaga surya untuk mengatur arus dan tegangan yang masuk dari panel surya ke baterai. Fungsi utamanya adalah mencegah overcharging (pengisian berlebihan) dan over-discharging (pengosongan berlebihan) yang dapat merusak baterai. Solar charge controller juga memastikan bahwa baterai diisi dengan cara yang paling efisien dan aman. Terdapat dua jenis utama solar charge controller, yaitu PWM (Pulse Width Modulation) dan MPPT (Maximum Power Point Tracking), yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan dalam efisiensi dan biaya[9]. PWM (Pulse Width Modulation) adalah jenis solar charge controller yang bekerja dengan mengurangi jumlah daya yang masuk ke baterai saat baterai mendekati kapasitas penuh. PWM lebih sederhana dan lebih terjangkau, namun kurang efisien dibandingkan dengan MPPT. MPPT atau pelacak titik daya maksimum memungkinkan panel surya beroperasi pada titik daya maksimum atau lebih tepatnya tegangan optimal untuk keluaran daya maksimum.

Dengan metode MPPT, SCC dapat lebih efisien hingga 30% tergantung pada voltase baterai dan voltase operasi pada panel surya[10]. Fungsi tambahan dari solar charge controller meliputi proteksi terhadap korsleting, proteksi terhadap arus balik, dan manajemen beban untuk mematikan beban saat baterai hampir kosong.



Gambar 1. Solar Charge Controller

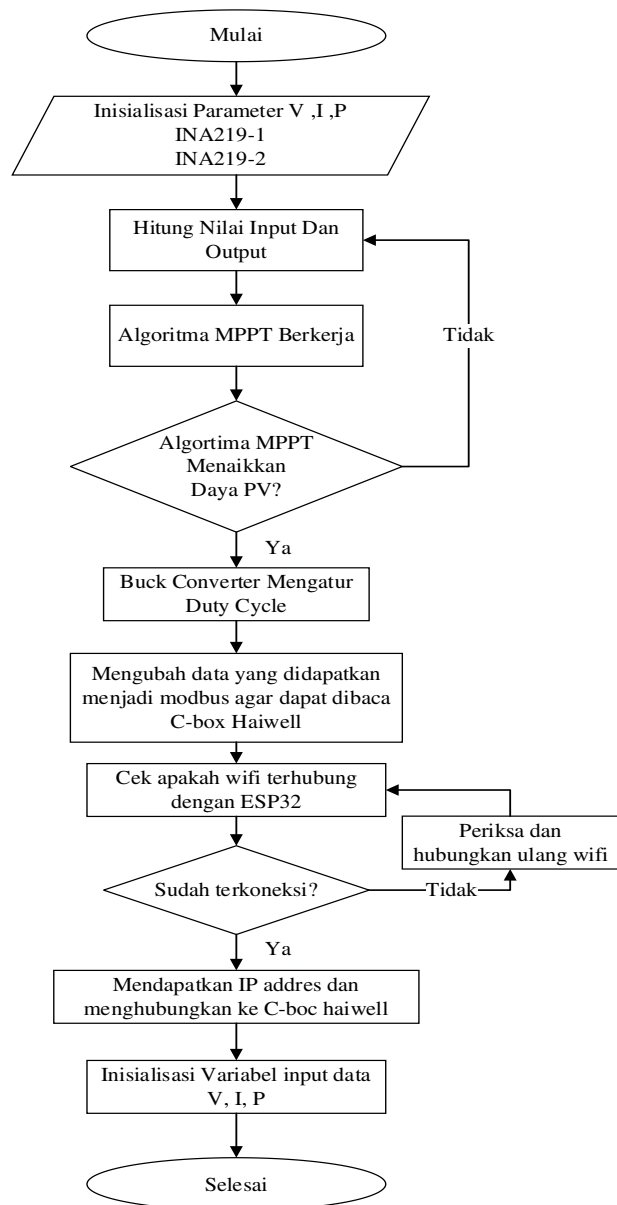
D. Arduino IDE

Software Arduino yang akan digunakan adalah driver dan IDE, namun ada beberapa software lain yang akan sangat berguna selama pengembangan arduino. Arduino IDE adalah perangkat lunak canggih yang ditulis dalam Java[11]. Editor program, jendela yang memungkinkan pengguna untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa Pemrosesan, termasuk dalam Arduino IDE. Kompiler adalah modul yang mengubah kode program (Bahasa pemrosesan) menjadi kode biner. Sebaliknya, mikrokontroler tidak dapat memahami pemrosesan bahasa. Mikrokontroler hanya dapat memahami kode biner. Itu sebabnya, dalam hal ini, diperlukan kompiler. Uploader adalah modul yang memuat kode biner dari Jomputer ke dalam memori board Arduino.



Gambar 2. Arduino IDE

E. Flowchart Perancangan

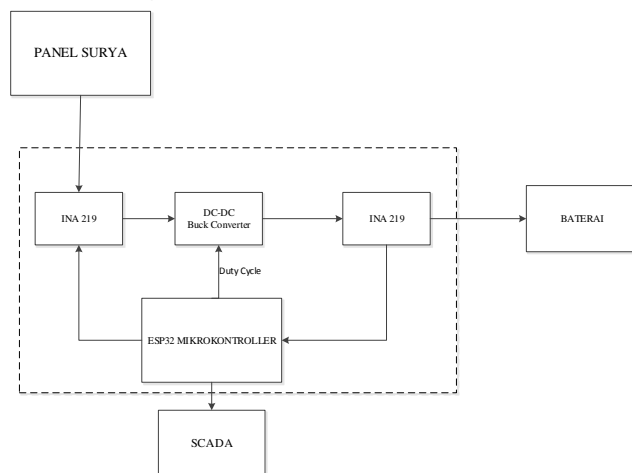


Gambar 3. Flowchat Perancangan

Diagram di atas mengilustrasikan langkah-langkah untuk memantau suatu sistem yang dimulai dari persiapan dan pengaturan awal perangkat keras (seperti Sensor INA219-1, INA219-2, INA219-3) dan perangkat lunak (Arduino IDE). Langkah pertama adalah memasang perangkat keras dan menguji koneksi sensor ke ESP32. Jika koneksi gagal, langkah berikutnya adalah memeriksa pemasangan perangkat untuk memastikan bahwa semuanya terpasang dengan benar. Setelah berhasil menguji koneksi, langkah selanjutnya adalah mengunggah data dari setiap sensor ke ESP32 dan membaca data dari sensor INA219. Setelah mendapatkan data, langkah berikutnya adalah

mengukur nilai output SCC yang dihasilkan. Kemudian, data tersebut diubah menjadi format Modbus dengan mengonversi data dari float ke integer agar dapat dibaca oleh SCADA Haiwell. Selanjutnya, ESP32 dihubungkan dengan C-Box Haiwell untuk mendapatkan alamat IP dari C-Box Haiwell, yang diperlukan untuk mengirim dan membaca data ke SCADA Haiwell. Jika tidak ada alamat IP yang muncul atau transfer data gagal, langkah selanjutnya adalah memeriksa dan menghubungkan ulang jaringan WiFi dari ESP32. Aspek penting dalam SCADA Haiwell adalah inisialisasi variabel untuk data masukan eksternal dan internal, sehingga sistem dapat menerima data sesuai dengan hasil pengukuran dan pembacaan yang dikirimkan oleh perangkat pengukur sesuai dengan masukan data dalam diagram alur sistem. Setelah variabel berhasil diinisialisasi, data dari panel surya dan baterai dapat dilihat secara langsung melalui dasbor dan tampilan grafis di Haiwell Cloud.

F. Blok Diagram



Gambar 4. Blok Diagram Sistem

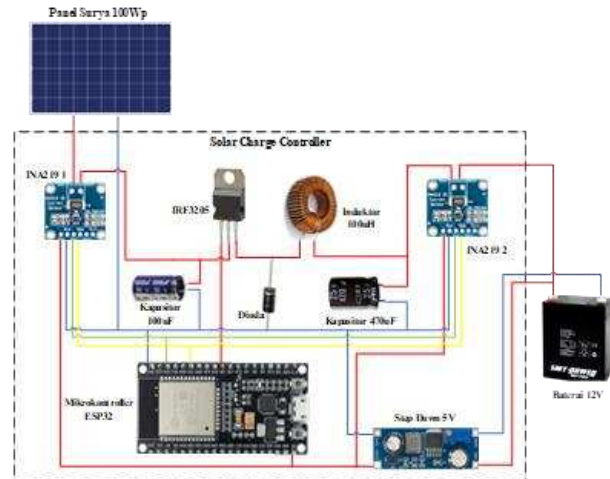
Berdasarkan pada gambar 4 fungsi dari tiap blok adalah sebagai berikut:

- a. Panel surya merupakan sumber energi Listrik.
- b. Baterai aki merupakan penyimpan energi listrik dari panel surya dan penyuplai daya untuk sensor dan mikrokontroler.
- c. Sensor INA219 berfungsi untuk mendeteksi tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya, baterai.
- d. Buck Converter berfungsi sebagai penurun tegangan dan mengatur tegangan output.
- e. ESP32 berfungsi untuk mengontrol buck converter menggunakan algoritma MPPT

dan memprogram setiap sensor dan data yang diterima.

- f. Haiwell Cloud SCADA berfungsi sebagai penampil data yang di terima ESP32 dari tiap sensor.

G. Perancangan Perangkat Keras



Gambar 5. Wiring Diagram Perangkat Keras

Dari gambar 5 kita dapat mengetahui seluruh penyambungan atau wiring antar komponen. Gambar tersebut juga menerangkan seluruh rangkain sistem yang akan dibuat. Perancangan perangkat keras ini memerlukan Sensor INA219, mikrokontroler ESP32, MOSFET, 2 buah kapasitor, inductor, dan juga diode.

H. Perancangan Buck Converter

Untuk merancang sebuah buck converter dengan input dari panel surya 100 Wp dan output untuk mengisi baterai 12V, kita perlu menentukan spesifikasi dari panel surya dan arus output yang diinginkan. Kita asumsikan beberapa nilai untuk melakukan perhitungan:

- $P_{max} = 100W$
- $V_{mp} = 18V$
- $I_{mp} = 100/18 = 5.56 A$
- $V_{out} = 12V$
- $I_{out} = 5 A$
- Frekuensi Switching = 50KHz

Perhitungan Duty Cycle:

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{12V}{18V} = 0.67 \tag{2}$$

Perhitungan Induktor:

$$L = \frac{(Vin - Vout). Vout}{Vin. f. \Delta IL} \tag{3}$$

$$L = \frac{(18V - 12V). 12V}{18V. 100000Hz. 1.5A} \tag{4}$$

$$L = \frac{6V. 12V}{18V. 100000Hz. 1.5A} \tag{5}$$

$$L \approx 2.67\mu H \tag{6}$$

Perhitungan Kapasitor:

$$Cout = \frac{Iout. D}{f. \Delta Vout} \tag{7}$$

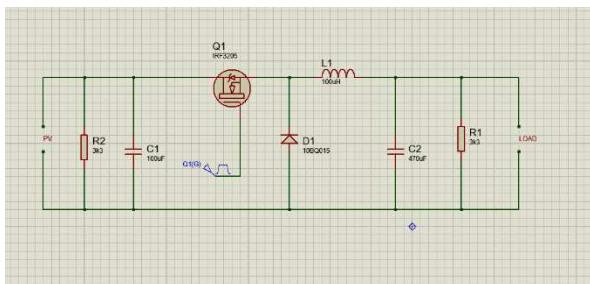
Dengan ΔV_{out} (ripple tegangan output) sebesar 50mV:

$$Cout = \frac{5A. 0.67}{100000Hz. 0.05V} \tag{8}$$

$$Cout = \frac{3.35}{5000} \tag{9}$$

$$C \approx 670\mu F \tag{10}$$

Berikut adalah hasil gambar rancangan buck converter:

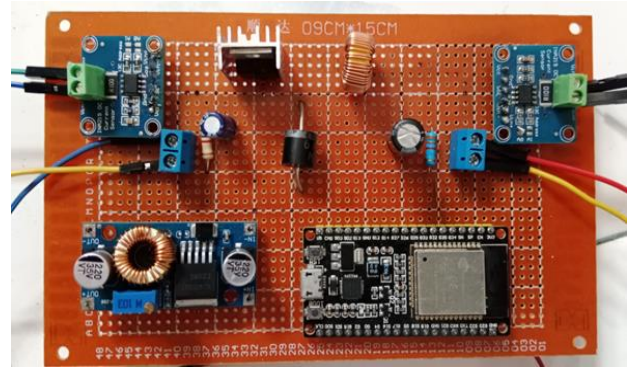


Gambar 6. Rancangan Buck Converter

Buck converter diperlukan untuk merubah nilai tegangan menjadi lebih rendah sesuai sinyal pwm yang dihasilkan oleh mikrokontroller. Setelah menentukan nilai komponen yang akan digunakan dalam perancangan buck converter selanjutnya adalah merancang komponen tersebut sesuai gambar

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

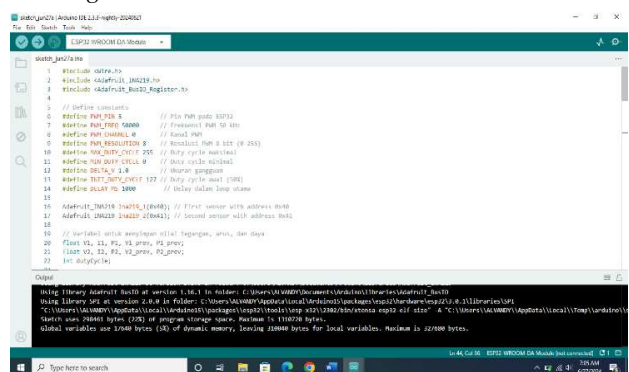
A. Hasil Perancangan Sistem



Gambar 7. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Rancangan penelitian ini adalah membuat SCC (Solar Charge Controller) yaitu sistem pengisian baterai menggunakan MPPT (maximum power point tracking) untuk mendapatkan nilai yang baik dan sesuai untuk baterai. Sistem ini akan memaksimalkan output solar PV dengan melacak daya tertinggi yang dapat dihasilkan, kemudian didapatkan tegangan optimal untuk pengisian baterai sehingga baterai akan lebih stabil dan dapat memperpanjang usia baterai. Perancangan sistem ini juga berbasis IoT, dimana monitoring dan pengontrolan pengisian baterai pada SCC dilakukan secara real-time dan dapat dilakukan melalui jarak jauh melalui sistem SCADA. Data yang diambil dari sensor akan dikirimkan melalui internet dengan cara diubah menjadi modbus yang akan ditangkap C-Box Haiwell sebagai sistem monitoringnya dan menggunakan mikrokontroller ESP32 sebagai pengirim data juga sebagai pengontrol algoritma MPPT yang akan mengatur output dari buck converter sehingga didapat tegangan yang diinginkan.

B. Program Arduino IDE



Gambar 8. Coding Pada Software Arduino IDE

Library yang digunakan:

- Wire.h: Digunakan untuk komunikasi I2C.
- Adafruit_INA219.h: Library untuk sensor arus, tegangan, dan daya INA219.
- Adafruit_BusIO_Register.h: Digunakan untuk manipulasi register pada perangkat bus I2C.

Konstanta yang didefinisikan:

- PWM_PIN: Pin PWM pada ESP32.
- PWM_FREQ: Frekuensi PWM 50 kHz.
- PWM_CHANNEL: Kanal PWM yang digunakan.
- PWM_RESOLUTION: Resolusi PWM 8-bit (0-255).
- MAX_DUTY_CYCLE dan MIN_DUTY_CYCLE: Duty cycle maksimal dan minimal.
- DELTA_V: Ukuran perubahan untuk perturbasi.
- INIT_DUTY_CYCLE: Duty cycle awal (50%).
- DELAY_MS: Delay dalam loop utama (1000 ms).

Fungsi set up:

- Inisialisasi serial monitor dengan baud rate 115200.
- Inisialisasi kedua sensor INA219 dan memeriksa apakah berhasil terhubung.
- Mengkonfigurasi PWM pada pin yang ditentukan.
- Membaca nilai awal tegangan, arus, dan daya dari kedua sensor.
- Mengatur duty cycle awal dan menerapkannya.

Fungsi loop:

- Membaca nilai tegangan, arus, dan daya dari kedua sensor.
- Menggunakan algoritma Perturb and Observe untuk mengatur duty cycle berdasarkan perubahan daya dan tegangan.
- Menerapkan duty cycle yang baru.
- Mencetak nilai tegangan, arus, daya, dan duty cycle ke serial monitor.
- Menunggu selama DELAY_MS sebelum mengulangi loop.

Kode tersebut mengukur tegangan, arus, dan daya dari dua sensor INA219, kemudian menggunakan algoritma Perturb and Observe (P&O) untuk mengatur duty cycle PWM pada ESP32. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan daya yang diperoleh dari kedua sensor. Setiap siklus, kode membaca nilai tegangan dan arus, menghitung daya, dan menyesuaikan duty cycle PWM berdasarkan apakah daya meningkat atau menurun dibandingkan dengan

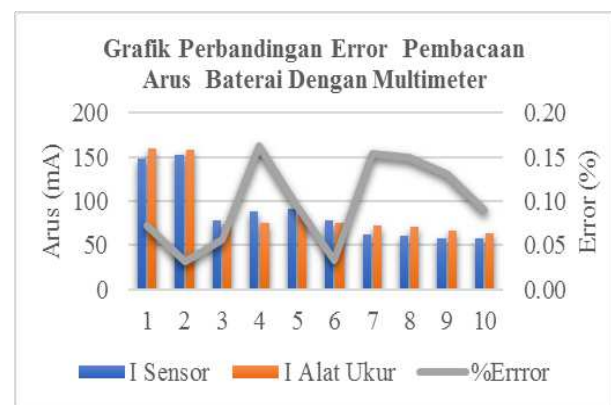
siklus sebelumnya. Duty cycle yang baru kemudian diterapkan, dan nilai-nilai yang diukur serta duty cycle dicetak ke serial monitor untuk pemantauan.

C. Analisa Perbandingan Sensor pada SCC

Tabel 1. Perbandingan Sensor dan Pengukuran Arus

No	I Sensor (Ampere)	I Alat Ukur (Ampere)	Error (%)
1	147,6	159,2	0,07%
2	153,1	158,2	0,03%
3	77,69	73,5	0,06%
4	87,8	75,5	0,16%
5	91,4	83,5	0,09%
6	78,19	75,7	0,03%
7	61,59	72,8	0,15%
8	60,59	71,2	0,15%
9	57,9	66,6	0,13%
10	57,79	63,5	0,09%
Rata - Rata			0,03%

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran setiap parameter yang dikeluarkan oleh baterai dan melakukan 10 kali percobaan yang bertujuan untuk dibandingkan ke akuratnya dengan sensor INA219



Gambar 8. Grafik Perbandingan Dan Error Nilai Arus Baterai Menggunakan Sensor dengan Multimeter

Dari gambar 8 dapat dilihat nilai error tertinggi tidak melebihi dari 5% dimana error tertinggi terjadi pada percobaan pertama mencapai 0,019%. Menurut grafik pada gambar 8 dapat disimpulkan pembacaan nilai tegangan baterai dari sensor tidak jauh dari alat ukur multimeter dengan nilai rata-rata error dari alat rancangan sebesar 0,006%.

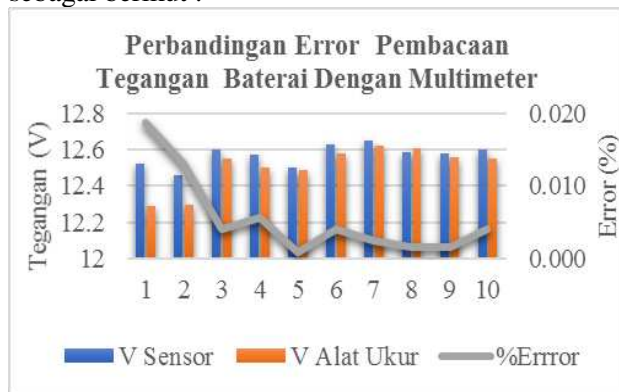
Table 2. Perbandingan Sensor dan Pengukuran Arus

No	V Sensor	V Alat Ukur	Error (%)
1	18,84	19,29	0,023
2	18,85	18,28	0,031
3	18,06	17,62	0,025
4	19,45	18,56	0,048
5	16,41	16,42	0,001
6	17,11	17,32	0,012
7	13,53	13,45	0,005
8	13,26	13,49	0,010
9	12,43	12,22	0,016
10	12,5	12,24	0,020
Rata – Rata			0,012

Tabel 1 Perbandingan Sensor dan Pengukuran Daya

No	W Sensor (Watt)	W Alat Ukur (Watt)	Error (%)
1	1,84	1,96	0,06
2	1,9	1,95	0,02
3	0,97	0,92	0,05
4	1,1	0,94	0,17
5	1,14	1,04	0,09
6	0,98	0,95	0,03
7	0,77	0,92	0,16
8	0,76	0,90	0,15
9	0,72	0,84	0,14
10	0,72	0,80	0,10

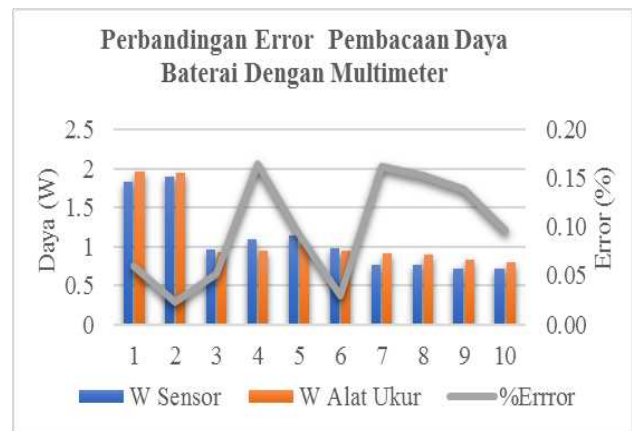
Berdasarkan hasil perbandingan nilai arus baterai pada Tabel 2 maka dapat dipaparkan grafik sebagai berikut :



Gambar 9. Grafik Perbandingan Dan Error Nilai Tegangan Baterai Menggunakan Sensor dengan Multimeter

Dari gambar 9 dapat dilihat nilai error tertinggi tidak melebihi dari 5% dimana error tertinggi terjadi pada percobaan pertama mencapai 0,16%. Menurut grafik pada gambar 9 dapat disimpulkan pembacaan nilai arus baterai dari sensor tidak jauh dari alat ukur multimeter dengan nilai rata-rata error dari alat rancangan sebesar 0,03%.

Menurut hasil perbandingan nilai daya panel surya pada Tabel 3 dapat dipaparkan grafik sebagai berikut :



Gambar 10. Grafik Perbandingan Dan Error Nilai Daya Baterai Menggunakan Sensor dengan Multimeter

Dari gambar 10 dapat dilihat nilai error tertinggi tidak melebihi dari 5% dimana error tertinggi terjadi pada percobaan pertama mencapai 0,17%. Menurut grafik pada gambar 10 dapat disimpulkan pembacaan nilai daya baterai dari sensor tidak jauh dari alat ukur multimeter dengan nilai rata-rata error dari alat rancangan sebesar 0,03%.

D. Analisa Perbandingan Tegangan Buck Converter

Pada penelitian ini DC-DC converter yang digunakan dalam SCC (Solar Charge Controller) adalah buck converter. Buck converter berfungsi untuk menurunkan tegangan output dari panel surya menuju baterai, sehingga akan memberikan tegangan yang lebih stabil dan sesuai untuk pengisian baterai. Data berikut diambil menggunakan power supply atau adapter adjustable,

hasil input dan output dari buck converter akan ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4. Data Analisa Percobaan Buck Converter

No	V in (Volt)	V out (Volt)	Efisiensi (%)
1	18,10	16,92	93,48
2	17,54	16,46	93,84
3	17,36	15,98	91,82
4	16,65	15,48	92,97
5	16,12	15,08	93,55
6	15,78	14,52	92,15
7	15,43	14,29	92,6
8	14,40	13,15	91,32
9	13,51	12,16	90,01
10	12,17	10,97	90,14
Rata – Rata			92,18

Untuk menghitung efisiensi daari buck converter digunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{V_{in}}{V_{out}} \times 100\% \tag{11}$$

Dari tabel diatas diatas didapatkan efisiensi rata-rata sebesar 92,18%. Tegangan yang terbuang rata-rata adalah 1,2V yang disebabkan oleh rugi-rugi dan drop tegangan dari komponen pada buck converter seperti induktor dan dioda. Untuk pembuatan buck converter ini cukup baik, karena drop tegangan yang terjadi terbilang cukup kecil, sehingga efisiensi dari buck converter ini cukup besar.

E. Analisa Perbandingan Daya Pada SCC Dengan Menggunakan Metode MPPT dan Metode PWM

Pada penelitian ini, hal utama yang diharapkan adalah dapat merancang SCC dengan , metode MPPT sehingga nilai daya keluaran atau output dari panel surya akan lebih besar dari pada menggunakan SCC dengan metode PWM. Untuk membuktikan hal tersebut, pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai daya output SCC kedua metode tersebut secara bergantian dengan nilai iradiasi matahari yang sama atau hampir mendekati.

Tabel 5. Perbandingan SCC Metode MPPT dan PWM

No	MPPT		PWM	
	Iradiasi W/m ²	Daya (Watt)	Iradiasi W/m ²	Daya (Watt)
1	359	10,29	369	10,30
2	382	11,82	381	11,96
3	398	12,13	398	12,34
4	754	31,53	756	28,18
5	779	32,89	779	30,72
6	805	36,01	801	32,97
7	861	38,54	863	34,20
8	872	39,88	872	34,01
9	880	44,50	882	35,82
10	727	29,80	721	25,55

Pengukuran dilakukan di hari yang berbeda tetapi dengan nilai irradiasi yang sama atau hampir mendekati. Dari tabel 5 nilai daya pada SCC metode MPPT lebih tinggi, terlebih lagi pada saat intensitas iradiasi berada pada nilai yang tinggi. Akan tetapi nilai daya output pada SCC metode

PWM bisa dikatakan cenderung lebih stabil. Nilai rata-rata pada metode MPPT adalah 28,74W dan pada PWM adalah 25,61W selisih dari kedua metode tersebut adalah 3,13W. Jadi metode MPPT lebih efisien karena menghasilkan daya yang lebih besar

4. KESIMPULAN

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang PLTS yang efisien untuk digunakan dalam sistem monitoring pertumbuhan tanaman, yang dilengkapi dengan solar charge controller (SCC) yang mampu mengontrol dan memaksimalkan pengisian daya baterai dari PLTS. Selain itu, proyek ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan real-time untuk parameter arus, tegangan, dan daya saat pengisian energi, yang dapat diakses dan diawasi dari jarak jauh melalui integrasi SCC dengan SCADA. Penelitian ini tidak hanya menghasilkan sistem SCC yang efisien dan stabil, tetapi juga memberikan landasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam aplikasi energi terbarukan. Dengan demikian, diharapkan sistem ini dapat meningkatkan efisiensi energi dan efektivitas pemantauan, serta memberikan kemudahan dalam pengelolaan secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] F. Zulkarnain And M. R. Alfarisi, “Sistem Monitoring Tanaman Berbasis Internet Of Things Ibm Bluemix,” *Jurnal Isu Teknologi*, Vol. 14, No. 1, Pp. 100–106,

- 2019.
- [2] A. G. Abdullah, D. Ramayanti, H. Septanto, And Y. G. Adhiyoga, "Preface: Proceedings Of The Transdisciplinary Symposium On Engineering And Technology (Tset) 2022," Jul. 12, 2024, *American Institute Of Physics*. Doi: 10.1063/12.0024850.
- [3] L. A. Gunawan, A. I. Agung, M. Widyartono, And S. I. Haryudo, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable," *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 10, No. 1, Pp. 65–71, 2021.
- [4] T. Alamsyah, A. Hiendro, And Z. Abidin, "Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Mono-Crystalline Dan Poly-Crystalline Di Kota Pontianak Dan Sekitarnya," *Jurnal Teknik Elektronika*, P. 10, 2019.
- [5] P. Harahap, "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya," *Rele (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 2, No. 2, Pp. 73–80, 2020, Doi: 10.30596/Rele.V2i2.4420.
- [6] M. Junaldy, S. R. U. A. Sompie, And S. Patras, "Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, Vol. 8, No. 1, Pp. 9–14, 2019.
- [7] M. Suyanto, S. Priyambodo, P. E.P, And A. Purnama Aji, "Optimalisasi Pengisian Accu Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Dengan Solar Charge Controller (Mppt)," *J Teknol*, Vol. 15, No. 1, Pp. 22–29, 2022, Doi: 10.34151/Jurtek.V15i1.3929.
- [8] I. B. Sulistiawati, A. Soetedjo, F. Y. Limpraptono, And S. Priyanto, "K-Means Clustering Of Electricity Consumption From Iot Data: A Case Study In Electrical Engineering Department Building, Itn Malang," In *Proceeding - Comnetsat 2023: Ieee International Conference On Communication, Networks And Satellite*, Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc., 2023, Pp. 434–440. Doi: 10.1109/Comnetsat59769.2023.10420576.
- [9] R. P. M. Davi Labib, A. Soetedjo, I. B. Sulistiawati, F. Y. Limpraptono, A. U. Krismanto, And K. F. Effendi, "Comparison Of Short-Term Electrical Load Forecasting Models Using Datasets From The Building Automation System In The Department Of Electrical Engineering Itn," In *Proceeding - Comnetsat 2023: Ieee International Conference On Communication, Networks And Satellite*, Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc., 2023, Pp. 441–445. Doi: 10.1109/Comnetsat59769.2023.10420633.
- [10] A. N. E. Paksi Yuda, Abdul N, "Rancang Bangun Solar Charge Controller Dengan Mppt Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano," 2018.
- [11] F. Eniitan, "Design And Construction Of An Arduino Based Home Automated," Vol. 9, No. August, 2023