

Rancang Bangun *Trainer Kit Solar Cell* Menggunakan *Buck-Boost Converter* Sebagai Media Pembelajaran

Ii Munadhif^{1*}, Kharisma Nizar Maulana¹, dan Mohammad Abu Jami'in¹

¹Program Studi D4 Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih,
Kec. Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

Email: iimunadhif@ppns.ac.id¹, kharismanizar@ppns.ac.id², jammy@ppns.ac.id³

Abstrak

Solar cell merupakan salah satu sumber energi alternatif tak terbatas yang ramah lingkungan dan tanpa bahan bakar. Indonesia berada di daerah khatulistiwa sehingga memiliki potensi energi surya sangat besar. Sumber energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari. Namun, kekurangan dari *solar cell* ialah bersifat fluktuatif yang dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen elektronik dikarenakan adanya tegangan yang bersifat naik-turun. Oleh karena itu, pada pembangkit ini digunakan sebuah baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell*. Pada proses penyimpanan baterai dibutuhkan sebuah *converter* agar tegangan dari panel surya untuk *charging* baterai dapat stabil pada 14.4V. Pada penelitian ini digunakan *buck-boost converter* untuk menstabilkan tegangan. Proses ini sangat penting dipelajari oleh kalangan mahasiswa oleh karena itu pada penelitian ini dirancang sebuah *trainer kit solar cell* dengan dilengkapi *buck-boost converter*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *buck-boost converter* dapat menstabilkan tegangan dari panel surya yakni sebesar 14.4V dengan efisiensi 79% yang digunakan untuk *charging* baterai.

Kata kunci: *solar cell*; *buck-boost converter*; baterai.

Abstract

Solar cells are an unlimited alternative energy source that is environmentally friendly and without fuel. Indonesia is located in the equatorial region so it has huge solar energy potential. The electrical energy source produced by solar cells can be used for everyday life. However, the disadvantage of solar cells is that they are fluctuating which can cause damage to electronic components due to fluctuating voltage. Therefore, this generator uses a battery to store the electrical energy produced by the solar cell. In the battery storage process, a converter is needed so that the voltage from the solar panels for charging the battery can be stable at 14.4V. In this research, a buck-boost converter is used to stabilize the voltage. This process is very important for students to learn, therefore in this research a solar cell trainer kit equipped with a buck-boost converter was designed. The research results show that the buck-boost converter can stabilize the voltage of the solar panel, namely 14.4V with an efficiency of 79% which is used for charging batteries.

Keywords: *solar cell*; *buck-boost converter*; battery.

1. Pendahuluan

Peranan energi listrik memiliki signifikansi yang sangat besar dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua kegiatan masyarakat bergantung pada sumber daya energi listrik untuk menjalankan operasionalnya. Saat ini, di Indonesia, sumber energi dominan masih berasal dari sumber tak terbarukan seperti minyak bumi dan batu bara, yang memiliki jumlah yang terbatas (Deni Fauzi Ramdani, 2018). Namun, Indonesia sedang aktif mengembangkan sumber energi terbarukan sebagai alternatif. Energi terbarukan menawarkan berbagai keunggulan, termasuk emisi gas rumah kaca yang rendah, dampak positif terhadap kesehatan masyarakat dengan mengurangi pencemaran, serta keberlanjutan sumber daya bahan bakunya (Muhamad Azhar, 2018).

Saat ini, salah satu sumber energi baru terbarukan yang memiliki potensi tinggi dikembangkan di Indonesia adalah sumber energi yang berasal dari matahari. *Solar cell* merupakan salah satu sumber energi alternatif tak terbatas yang ramah lingkungan dan tanpa bahan bakar. Indonesia memiliki intensitas penyinaran matahari yang baik sepanjang tahun karena terletak di daerah katulistiwa dan terletak di daerah ekuator. Daerah ekuator yaitu wilayah tengah yang membagi bola bumi menjadi bagian utara dan selatan. Posisi ini menyebabkan ketersediaan sinar matahari hampir sepanjang tahun di seluruh wilayah Indonesia kecuali pada musim hujan dan saat awan tebal menghalangi sinar matahari (Supari Muslim, 2020).

Namun, kekurangan dari *solar cell* ialah bersifat fluktuatif yang dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen elektronik dikarenakan adanya tegangan yang bersifat naik-turun. Oleh karena itu, pada pembangkit ini digunakan sebuah baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell*. *Solar cell* merupakan komponen vital yang terbuat dari bahan semi konduktor. Tenaga listrik dihasilkan oleh satu solar cell sangat kecil,

^{1*} Ii Munadhif

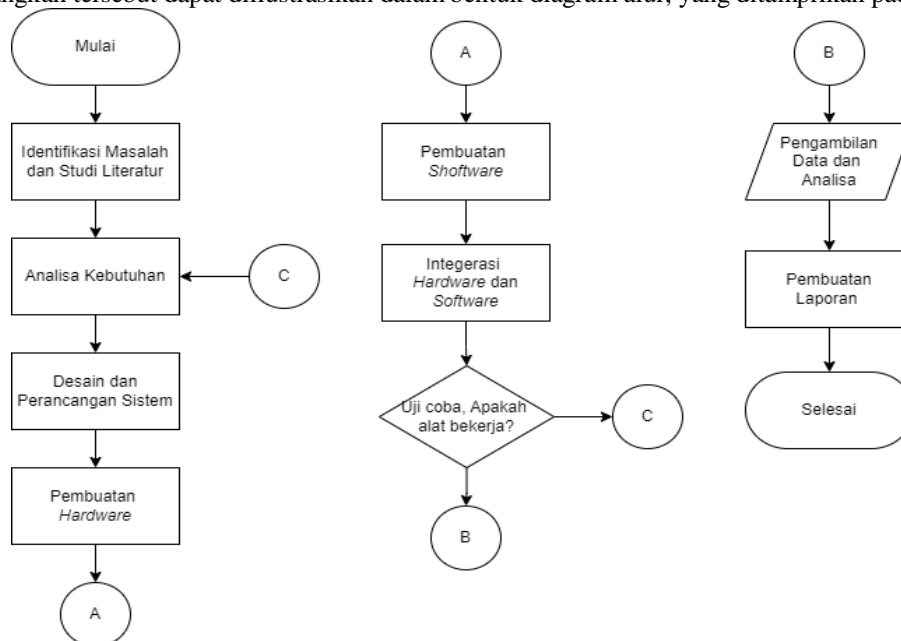
maka beberapa solar cell harus digabung sehingga terbentuklah satuan komponen yang disebut module (Usman, 2020).

Penelitian mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Surya telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penelitian pertama membahas rancang bangun dan pengujian trainer kit instalasi panel surya 50 Wp. Penelitian ini bertujuan merancang, membuat, dan menguji trainer kit ini serta mengevaluasi karakteristik panel surya polycrystalline 50 Wp. Hasilnya menunjukkan bahwa radiasi matahari memengaruhi daya keluaran panel surya, dengan kurva V-I ideal pada pengujian outdoor (Asrori, 2022). Penelitian kedua mengenai membahas penggunaan MPPT Neural Network pada panel surya. Penelitian ini membandingkan daya keluaran panel surya dengan dan tanpa MPPT dalam berbagai kondisi radiasi matahari dan suhu panel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan MPPT Neural Network meningkatkan daya rata-rata panel surya dari 27,02 W menjadi 27,80 W selama 9 jam pengujian. (ALFONSUS HARYO SANGAJI, 2018) Penelitian ketiga membahas penggunaan Particle Swarm Optimization (PSO) dalam Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada panel surya yang terkena bayangan sebagian. Penelitian ini menghasilkan parameter optimal dengan 99,4275% efisiensi tracking dan waktu rata-rata tracking 1,04 detik pada panel surya yang terkena bayangan (Rois, 2021).

Pada penelitian ini akan di bahas mengenai proses penyimpanan baterai dibutuhkan sebuah *converter* agar tegangan dari panel surya untuk *charging* baterai dapat stabil pada 14.4V. Pada penelitian ini digunakan *buck-boost converter* untuk menstabilkan tegangan. Proses ini sangat penting dipelajari oleh kalangan mahasiswa oleh karena itu pada penelitian ini dirancang sebuah *trainer kit solar cell* dengan dilengkapi *buck-boost converter*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *buck-boost converter* dapat menstabilkan tegangan dari panel surya yakni sebesar 14.4V dengan efisiensi 79% yang digunakan untuk *charging* baterai.

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian mencakup serangkaian tahapan yang harus dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini. Langkah-langkah tersebut dapat diilustrasikan dalam bentuk diagram alur, yang ditampilkan pada Gambar 1.

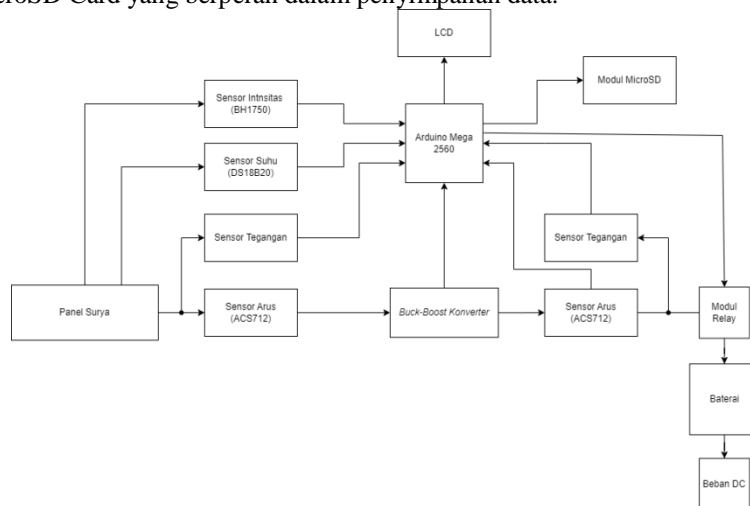


Gambar 1. Flowchart Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan tahap awal identifikasi masalah, yang kemudian digunakan untuk merumuskan permasalahan yang akan diteliti. Setelah itu, tahap selanjutnya adalah melakukan tinjauan pustaka dengan merujuk berbagai sumber informasi seperti buku, jurnal, prosiding, internet, dan lainnya. Selanjutnya, tahap analisis kebutuhan sistem digunakan untuk menentukan komponen yang akan digunakan dalam penelitian. Tahap implementasi melibatkan perencanaan *hardware*, *software*, dan mekanik guna memudahkan langkah selanjutnya, yaitu integrasi sistem. Setelah integrasi, dilakukan tahap pengujian untuk memastikan bahwa perencanaan *hardware*, *software*, dan mekanik telah berhasil. Jika ada kegagalan dalam pengujian, maka perlu dilakukan pemeriksaan kembali dan perbaikan pada perencanaan *hardware*, *software*, dan mekanik yang diperlukan. Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah pembuatan laporan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

2.1 Desain dan Perancangan Sistem

Dalam sistem ini, akan berfokus pada *solar cell*. Pada diagram blok sistem, Arduino Mega 2560 digunakan untuk mengatur *buck-boost converter* dan berfungsi sebagai penerima data dari berbagai sensor dalam sistem PLTS. Selain itu, penelitian ini juga melibatkan penggunaan LCD I2C 20x4 untuk menampilkan hasil pembacaan dari sensor, dan modul MicroSD Card yang berperan dalam penyimpanan data.



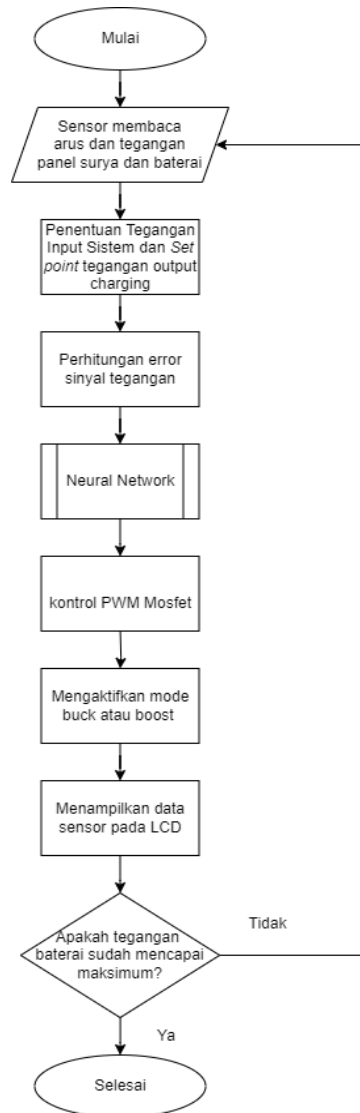
Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Gambar 2 menggambarkan rencana yang mencakup empat variabel pengujian: tegangan (V), arus (A), intensitas cahaya (Lux), dan suhu ($^{\circ}\text{C}$). Sensor yang digunakan untuk mengambil data tegangan dan arus dari *solar cell* akan mengirimkan informasi ke *buck-boost converter*, yang dikendalikan oleh Arduino Mega 2560. Converter akan mengubah sinyal analog menjadi digital (ADC) sesuai dengan kebutuhan. Data dari variabel yang diuji akan diproses untuk diambil sebagai data referensi dalam metode algoritma *Neural Network*.

Hasil dari algoritma *Neural Network* menghasilkan sinyal PWM, yang selanjutnya digunakan untuk mengontrol Mosfet dan menentukan *set point* yang diinginkan. Pembacaan sensor arus dan tegangan digunakan sebagai umpan balik untuk memastikan kontrol sesuai dengan *set point* yang diinginkan dengan mengatur nilai PWM. Dalam hal penyimpanan energi baterai, relay berperan sebagai perlindungan untuk mencegah baterai dari *overcharge*. Ketika kapasitas baterai mencapai level penuh, relay secara otomatis akan memutus aliran daya ke baterai. Ini berfungsi sebagai tindakan perlindungan yang penting selama proses pengisian baterai.

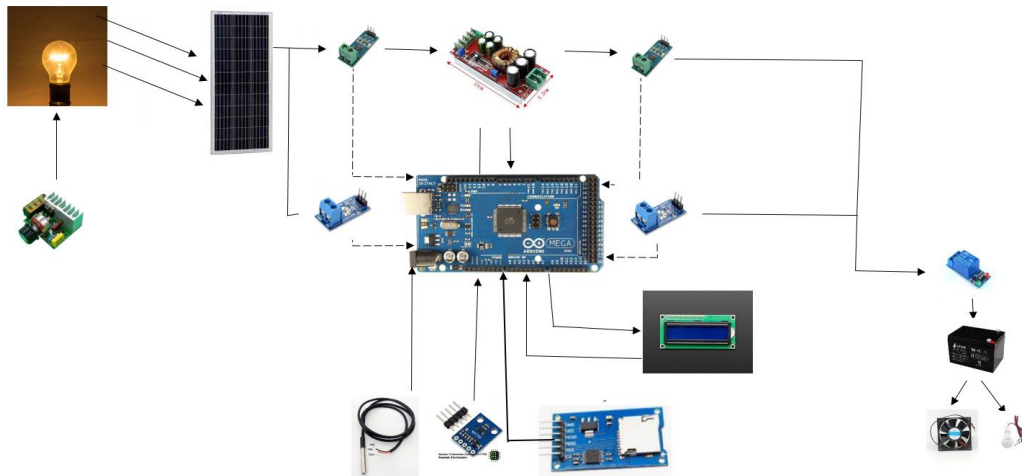
2.2 Prinsip Kerja Sistem

Alur kerja sistem alat dimulai dari cahaya yang diterima oleh panel surya, yang kemudian diubah menjadi energi listrik. Energi cahaya ini melewati permukaan panel surya dan diubah menjadi energi listrik. Tegangan hasil dari panel surya kemudian dialirkan ke *buck-boost converter*. Dalam converter tersebut, sensor tegangan dan arus digunakan untuk mengukur arus dan tegangan keluaran, memastikan bahwa mereka sesuai dengan *set point* yang diinginkan. Jika ada ketidaksesuaian, pengaturan tegangan keluaran dilakukan dengan mengubah nilai PWM melalui kendali, sehingga sesuai dengan tegangan keluaran yang diinginkan, baik dalam mode *buck* atau *boost*.



Gambar 3. Alur Kerja Sistem

2.3 Perancangan Hardware



Gambar 4. Rancangan Hardware

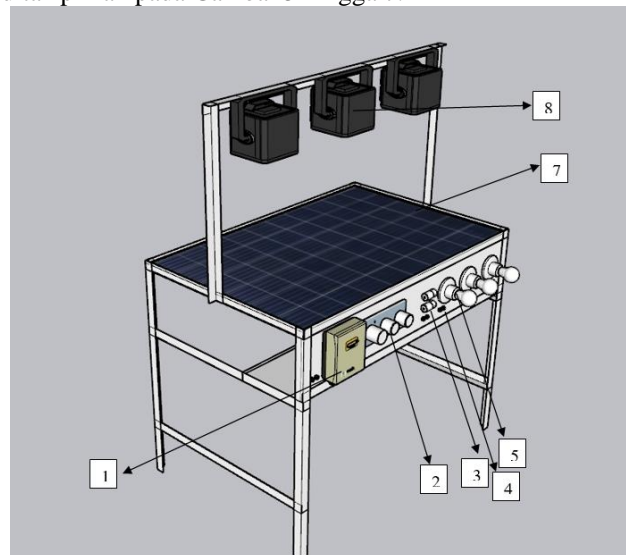
Rancangan perangkat keras ini dapat dibagi menjadi tiga bagian utama: bagian *input*, bagian sistem kontrol, dan bagian *output*. Bagian *input* melibatkan panel surya sebagai sumber daya masukan, serta sensor tegangan dan sensor arus untuk mengukur tegangan dan arus yang keluar dari panel surya. Selain itu, terdapat sensor intensitas cahaya dan sensor suhu untuk mengukur intensitas cahaya dan suhu dari panel surya.

Bagian sistem kontrol mencakup penggunaan *buck-boost converter* untuk menstabilkan tegangan keluaran dari panel surya. Arduino Mega 2560 digunakan sebagai mikrokontroler dalam sistem ini. Modul MicroSD Card digunakan untuk menyimpan data yang dihasilkan oleh sistem.

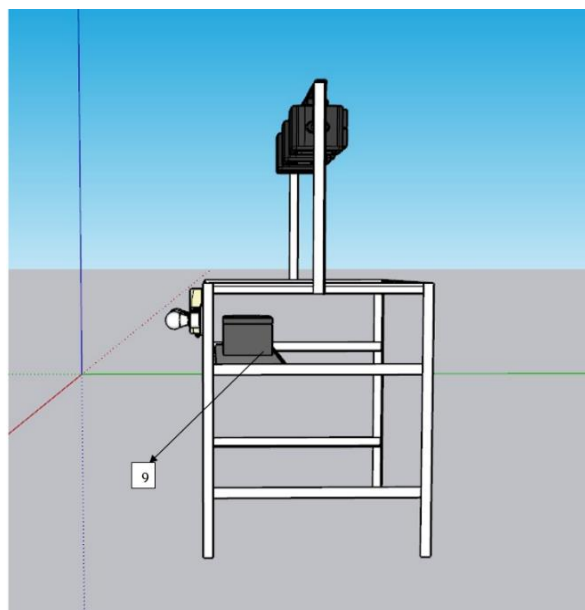
Bagian *output* melibatkan sensor tegangan dan sensor arus yang digunakan untuk memonitor tegangan dan arus keluaran dari *buck-boost converter*. LCD I2C 20x4 digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran dari sensor arus dan tegangan. Tegangan keluaran dari *buck-boost converter* digunakan dalam sistem pengisian baterai. Sistem ini juga dilengkapi dengan cut-off relay yang berfungsi sebagai perlindungan terhadap baterai VRLA 12V, mencegah terjadinya overcharge atau *overvoltage*.

2.4 Perancangan Mekanik

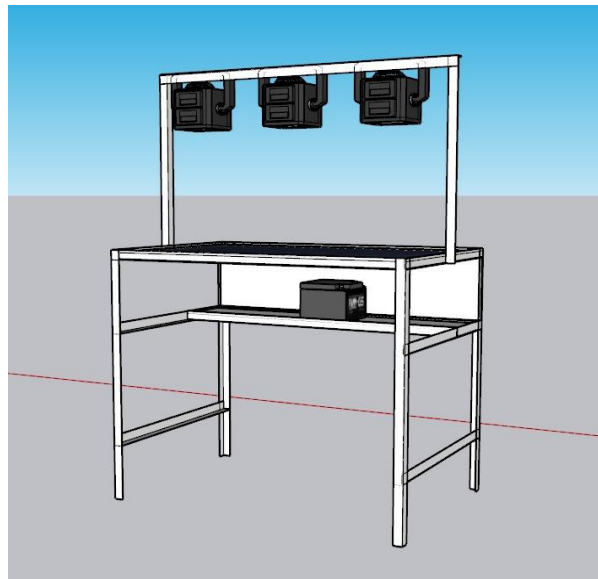
Setelah menyelesaikan perancangan *hardware*, langkah berikutnya adalah merancang komponen mekanik untuk pembuatan alat. Proses pembuatan alat didasarkan pada desain yang telah dibuat. Desain mekanik yang akan digunakan dalam penelitian ditampilkan pada Gambar 5 hingga 7.



Gambar 5. Desain Trainer Kit Tampak Depan



Gambar 6. Desain Trainer Kit Tampak Samping



Gambar 7. Desain Trainer Kit Tampak Belakang

Berdasarkan Gambar 5 sampai 7 berikut merupakan keterangan tiap komponen yang digunakan:

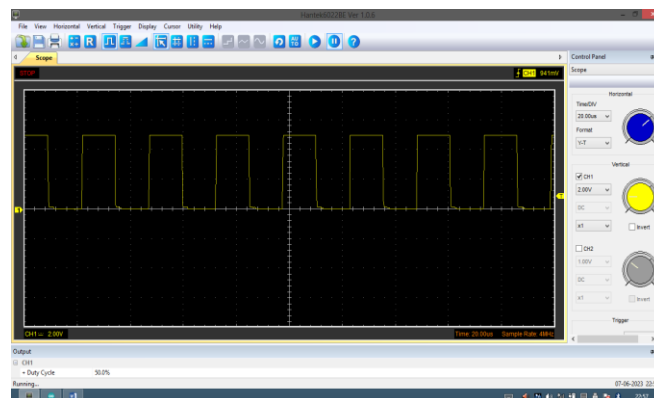
- 1 MPPT
- 2 Controller Lampu Halogen
- 3 Motor DC
- 4 Banana Plug
- 5 Lampu DC
- 6 Panel Surya
- 7 Lampu Halogen
- 8 Baterai VRLA 12v 7,2 Ah

3. Hasil dan Diskusi

Dalam bab ini, dibahas pengujian dan analisis perangkat yang telah dibuat serta hasil yang diperoleh dari subbab sebelumnya. Tujuan dari pengujian perangkat dan analisis data adalah untuk mengevaluasi performa perangkat secara keseluruhan.

3.1 Pengujian Hasil PWM

Pengujian pertama merupakan pengujian sinyal PWM diuji pada keluaran gate driver dengan menghubungkan probe ke pin gate Mosfet, dan hasil pengujian telah disajikan pada gambar dibawah ini. Gambar dibawah ini merupakan sinyal hasil



Gambar 8. Pengujian PWM ketika Duty Cycle 50%

3.2 Pengujian Panel Surya

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap panel surya dengan tujuan untuk mengevaluasi karakteristiknya. Pengujian panel surya ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Daya, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,

menggunakan lampu halogen sebagai sumber cahaya pengganti sinar matahari. Fokus utama pengujian adalah pada tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Panel surya yang digunakan dalam pengujian adalah tipe Monocrystalline 100Wp. Untuk mengumpulkan data yang diperlukan, alat-alat seperti luxmeter dan multimeter digital digunakan. Detail tentang proses pengujian panel surya ini dapat ditemukan pada Gambar 9 dan 10.



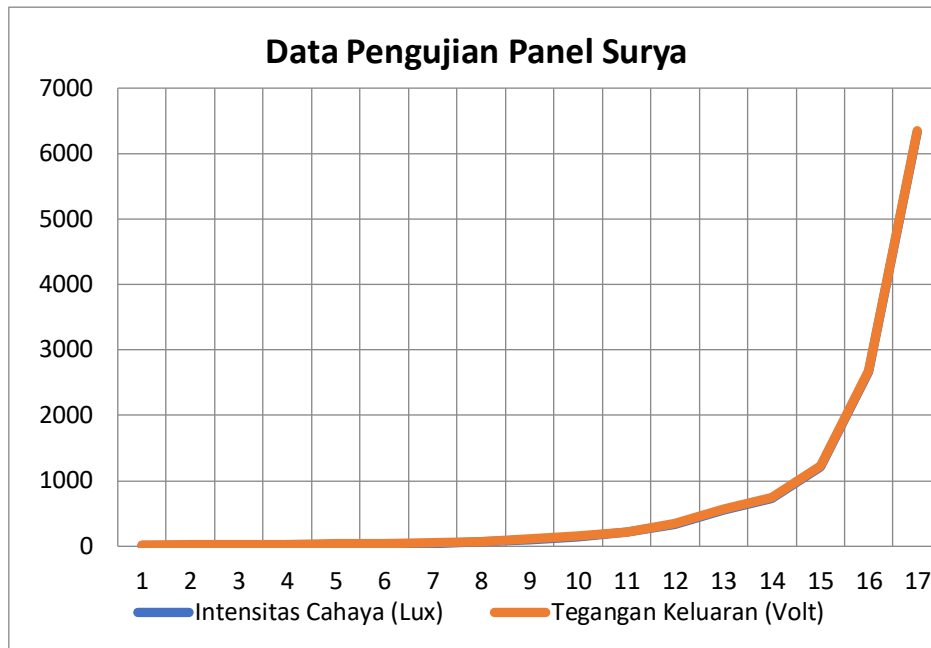
Gambar 9. Pengujian Panel Surya

Berikut merupakan data hasil pengujian panel surya yang telah dilakukan:

Tabel 1. Hasil Pengujian Panel Surya

No	Intensitas Cahaya (Lux)	Tegangan Keluaran (Volt)
1	13	5,25
2	14	5,45
3	18	5,8
4	26	6
5	32	7
6	35	8
7	45	9,03
8	66	10,07
9	96	11,07
10	142	12,06
11	211	13,04
12	333	14,05
13	548	15,06
14	731	16,06
15	1208	17,05
16	2670	18,05
17	6330	19,05

Hasil pengujian panel surya menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima, tegangan keluaran panel surya juga semakin tinggi. Saat intensitas cahaya paling rendah, yaitu sekitar 13 lux, tegangan keluaran mencapai 5.25 Volt, sementara pada intensitas cahaya tertinggi sekitar 6330 lux, tegangan keluaran mencapai 19.05 Volt. Data pengujian ini digambarkan dalam Grafik 10.



Gambar 10. Grafik Pengujian Panel Surya

3.3 Pengujian Buck-Boost Converter Secara Parsial

Dalam pengujian mode *buck-boost* pada konverter *buck-boost* yang telah dibuat, diharapkan mampu mengatur tegangan sesuai dengan setpoint yang ditentukan, yaitu 14.4 Volt. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan beban berupa resistor 8.5 ohm, 10 watt, dan memberikan variasi tegangan masukan antara 9 hingga 19 volt. Berdasarkan data tersebut, ditemukan bahwa tegangan keluaran pada mode *buck-boost* konverter adalah sekitar 14.48 V dengan daya rata-rata mencapai sekitar 79.78%.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Buck-Boost Converter* Menggunakan Power Supply dan Resistor

No	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (P)	Daya In (P)	Daya Out (P)	Efisiensi (%)	Duty cycle (%)
1	9,00	4,60	14,48	2,03	41,40	29,39	71,00	68,00
2	10,00	3,90	14,50	2,05	39,00	29,73	76,22	64,60
3	11,00	3,55	14,44	2,02	39,05	29,17	74,70	61,50
4	12,00	3,20	14,49	2,21	38,40	32,02	83,39	59,20
5	13,00	2,90	14,44	2,02	37,70	29,17	77,37	56,80
6	14,00	2,60	14,38	2,19	36,40	31,49	86,52	54,00
7	15,00	2,42	14,42	2,00	36,30	28,84	79,45	52,10
8	16,00	2,30	14,58	2,03	36,80	29,60	80,43	50,20
9	17,00	2,12	14,45	2,19	36,04	31,65	87,81	48,60
10	18,00	2,00	14,50	2,01	36,00	29,15	80,96	46,80
11	19,00	1,95	14,56	2,03	37,05	29,56	79,78	45,70
rata-rata			14,48		rata-rata		79,78	

3.4 Pengujian Buck-Boost Converter Secara Integrasi dengan Panel Surya

Pada pengujian mode *buck-boost* pada konverter *buck-boost* yang telah dibuat, diharapkan dapat mengatur tegangan sesuai dengan setpoint yang ditetapkan, yaitu 12 volt. Dalam pengujian ini, beban terdiri dari lampu DC 10 Watt, 15 Watt, dan motor DC 12 volt.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Buck-Boost Converter* Terintegrasi Panel Surya Menggunakan Beban Lampu 10 Watt

No	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (P)	Daya In (P)	Daya Out (P)	Efisiensi (%)	Duty cycle (%)	Intensitas
1	9,04	0,57	12,26	0,36	5,1528	4,4136	85,6544	58,5	3113
2	10,23	0,5	12,24	0,37	5,115	4,5288	88,53959	56	3127
3	11,11	0,4	12,12	0,36	4,444	4,3632	98,18182	54	3512
4	12,1	0,44	12,48	0,42	5,324	5,2416	98,45229	53,2	3912
5	13,28	0,56	13,22	0,51	7,4368	6,7422	90,65996	52,5	5123
6	14,18	0,59	13,92	0,59	8,3662	8,2128	98,16643	51,8	5230
7	14,39	0,51	13,4	0,52	7,3389	6,968	94,94611	50,5	5352
8	15,2	0,55	13,83	0,52	8,36	7,1916	86,02392	49,5	5420
9	16,36	0,53	14	0,59	8,6708	8,26	95,26226	48,5	5900
10	18,5	0,5	14,13	0,62	9,25	8,7606	94,70919	45,7	7920
Rata-rata			13,16		Rata-rata		93,0596		

Hasil analisis data menunjukkan bahwa tegangan keluaran dari mode *buck-boost converter* dengan beban lampu DC 10 Watt mencapai 13.16V, sementara efisiensi daya rata-rata mencapai 93%.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Buck-Boost Converter* Terintegrasi Panel Surya Menggunakan Beban Lampu 15 Watt

No	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (P)	Daya In (P)	Daya Out (P)	Efisiensi (%)	Duty cycle (%)	Intensitas
1	9,03	0,6	12,11	0,44	5,418	5,3284	98,35	58,5	3115
2	10,34	0,56	12,05	0,44	5,7904	5,302	91,57	56	3343
3	11,11	0,55	12,03	0,46	6,1105	5,5338	90,56	54	3451
4	12	0,57	12,45	0,49	6,84	6,1005	89,19	53,2	3600
5	13,26	0,65	13,26	0,62	8,619	8,2212	95,38	52,5	4200
6	14,15	0,69	14,16	0,67	9,7635	9,4872	97,17	51,8	5250
7	14,4	0,62	13,44	0,55	8,928	7,392	82,80	50,5	5812
8	15,1	0,59	13,58	0,62	8,909	8,4196	94,51	49,5	6320
9	16,33	0,59	13,82	0,69	9,6347	9,5358	98,97	48,5	6420
10	17,4	0,61	14,3	0,72	10,614	10,296	97,00	45,7	8200
Rata-rata			13,12		Rata-rata		93,55		

Berdasarkan dari data tersebut menunjukkan bahwa tegangan hasil dari *buck-boost converter* mode *buck-boost* dengan beban lampu DC sebesar 15 Watt adalah sekitar 13.12V, dan efisiensi daya rata-rata mencapai sekitar 93.35%.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Buck-Boost Converter* Terintegrasi Panel Surya Menggunakan Beban motor DC 12V

No	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (P)	Daya In (P)	Daya Out (P)	Efisiensi (%)	Duty cycle (%)	Intensitas
1	9,13	0,24	12,01	0,18	2,1912	2,1618	98,66	58,5	1530
2	10,5	0,24	12,93	0,19	2,52	2,4567	97,49	56	1653
3	11,96	0,24	13,26	0,2	2,8704	2,652	92,39	54	1683
4	12,36	0,24	13,36	0,21	2,9664	2,8056	94,58	53,2	1629
5	13,37	0,23	13,56	0,21	3,0751	2,8476	92,60	52,5	1650
6	14,5	0,26	15,3	0,23	3,77	3,519	93,34	51,8	1817
7	15,53	0,23	15,42	0,22	3,5719	3,3924	94,97	50,5	1903
8	16,36	0,23	14,5	0,24	3,7628	3,48	92,48	49,5	1976
9	17,16	0,24	15,83	0,24	4,1184	3,7992	92,25	48,5	2196

10	18	0,2	15,1	0,23	3,652	3,473	95,10	45,7	2513
Rata-rata		14.12		Rata-rata		94.39			

Melalui data tersebut, ditemukan bahwa *buck-boost converter* dalam mode *buck-boost* dengan beban Motor DC 12V menghasilkan tegangan keluaran sekitar 14.12V dan mencapai efisiensi daya rata-rata sekitar 94.39%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan Hasil pengujian menunjukkan bahwa *buck-boost converter* yang telah dirancang berhasil mencapai tegangan keluaran yang sesuai dengan set point yang diinginkan. Pada pengujian awal, *converter* mampu menghasilkan tegangan sekitar 14,4 Volt, sementara dalam pengujian integrasi untuk berbagai beban seperti lampu DC 10 Watt, lampu DC 15 Watt, dan motor DC 12 Volt, *converter* mampu memberikan tegangan yang stabil dan sesuai, yaitu sekitar 13,6 Volt, 13,12 Volt, dan 14,12 Volt. Efisiensi daya *converter* juga terbilang baik, mencapai angka sekitar 79% dalam pengujian awal dan konsisten di atas 93% hingga 94.30% dalam pengujian integrasi. Hasil ini menegaskan bahwa *converter* ini berhasil dalam menghasilkan tegangan yang konsisten dan efisien, sehingga menjadi pilihan yang sangat memadai dalam sistem tenaga surya ini. Dengan demikian, *buck-boost converter* yang digunakan dalam sistem ini telah terbukti mampu memenuhi kebutuhan tegangan dan efisiensi daya yang diperlukan. Hal ini memberikan keyakinan bahwa alat ini siap untuk diimplementasikan dalam lingkungan nyata dan dapat berkontribusi pada efisiensi dan stabilitas sistem pembangkit listrik tenaga surya. Keberhasilan *converter* ini dalam mencapai set point tegangan yang diinginkan serta tingkat efisiensi yang tinggi menjadi faktor kunci dalam kesuksesan keseluruhan sistem ini.

5. Daftar Pustaka

- ALFONSUS HARYO SANGAJI, T. R. (2018). MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK UNTUK PANEL SURYA. *J. Tek. Elektro*, 7(02), 85-92.
- Asrori, A. M. (2022). Rancang Bangun dan Pengujian Kinerja Trainer Kit Instalasi Panel Surya 50 Wp. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 7(1), 91-98.
- Deni Fauzi Ramdani, A. F. (2018). Model Kebijakan Pengembangan Energi Baru dan Terbarukan di Provinsi Banten. *Jurnal Administrasi Publik (Public Administration Journal)*, 8(2). doi:10.31289/jap.v8i2.1900
- Muhamad Azhar, D. A. (2018). Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Administrative Law & Governance Journal*, 2621 – 2781.
- Rois, M. H. (2021). Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya dalam Kondisi Berbayang Sebagian dengan Particle Swarm Optimization (PSO). 5(8), 3524–3537. Retrieved from <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Supari Muslim, K. K. (2020). ANALISIS KRITIS TERHADAP PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) TIPE PHOTOVOLTAIC (PV) SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF MASA DEPAN. *RANGTEKNIKJOURNAL*, 3(1).
- Usman, M. K. (2020). ANALISIS INTENSITAS CAHAYA TERHADAP ENERGI LISTRIK YANG DIHASILKAN PANEL SURYA. *Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik*, 9(2), 52-58.