

Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Solar Home Sistem* Sebagai Media Pembelajaran

Gloria Angela Ririhena¹, Lory Marcus Parera², Hamles L. Latupeirissa³

^{1,2,3}*Teknologi Rekayasa Sistem Kelistrikan Migas/Teknik Elektro– Politeknik Negeri Ambon*

¹angelaririhena28@gmail.com.edu, ²lorymarc8@gmail.com,

³angelspeach3@gmail.com

Abstract—One form of energy that is widely used is electrical energy, so it can be said that electricity is one of the basic human needs. Electricity can be generated through a variety of different energy sources using both fossil energy sources and renewable energy sources. Provision of electrical energy from solar energy is the Solar Home System. Solar Home System is widely used in isolated areas, therefore a learning module is needed that can be used easily to provide practical knowledge to students and the wider community. The availability of practicum modules for learning facilities is very useful along with improving the quality of learning in the field of new renewable energy. The purpose of this research is to design a PLTS SHS system that can be used as an applied learning module. The prototype design was carried out in the Lab of the Electrical Engineering Department of Ambon State Polytechnic. The method used is circuit design, prototype design of PLTS SHS, making practicum modules and testing the design results. The 20 Wp solar module charges a 12/4 Ah battery. This practicum module can support learning methods with 3 types of module testing, including solar module characteristics modules including current, voltage, battery charging results.

Keywords: practicum module, off grid solar power plant, solar home system

Abstrak - Salah satu bentuk energi yang banyak dipergunakan adalah energi listrik, sehingga dapat dikatakan bahwa listrik merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia. Listrik dapat dibangkitkan melalui berbagai sumber energi yang berbeda baik menggunakan sumber energi fosil maupun sumber energi terbarukan. Penyediaan energi listrik dari energi matahari adalah Solar Home System. Solar Home System banyak digunakan pada daerah-daerah yang terisolasi, oleh karena itu diperlukan suatu modul pembelajaran yang dapat digunakan dengan mudah untuk memberikan pengetahuan praktis kepada mahasiswa maupun masyarakat luas. Ketersediaan modul praktikum untuk sarana pembelajaran sangat bermanfaat seiring dengan peningkatan mutu pembelajaran dibidang energi baru terbarukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang sebuah PLTS system SHS yang dapat digunakan sebagai modul pembelajaran terapan. Rancangan prototipe yang dilakukan di Lab Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ambon. Metode yang digunakan adalah perancangan rangkaian, rancangan bangun prototipe PLTS SHS, pembuatan modul praktikum dan pengujian hasil rancangan. Modul surya 20 Wp mengisi baterai 12/4 Ah. Modul praktikum ini dapat mendukung metode pembelajaran dengan terdapat 3 jenis pengujian modul antara lain modul karakteristik modul surya meliputi arus, tegangan, hasil pengisian baterai.

Kata kunci: modul praktikum, PLTS off grid, solar home system

I. PENDAHULUAN

Energi baru terbarukan dimasa mendatang akan menjadi pilih utama dalam memenuhi kebutuhan energy nasional bahkan dunia. Hal ini berkaitan dengan penggunaan bahan bakar fosil pada pembangkit listrik menyebabkan banyak dampak buruk bagi lingkungan [1].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu teknologi yang semakin banyak digunakan untuk menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan. Dalam jurusan Teknik Elektro, PLTS adalah satu materi yang penting untuk dipelajari karena berkaitan dengan system pembangkit listrik dan energy terbarukan. PLTS merupakan salah satu teknologi yang semakin populer dalam dunia energi terbarukan. Pembelajaran mengenai PLTS menjadi penting untuk memperkenalkan dan

meningkatkan kesadaran akan pentingnya energi terbarukan bagi masa kita.

Dengan menggunakan *prototype* PLTS, mahasiswa dapat mengetahui bagaimana energi matahari bekerja melalui panel surya, disimpan dan digunakan untuk menghasilkan listrik DC. Dalam rangka meningkatkan pengetahuan mahasiswa terkhususnya mahasiswa Politeknik Negeri Ambon mengenai PLTS dari segi pemanfaatan maupun sistem kerjanya. Maka peneliti merancang dan membuat *prototype* PLTS yang diharapkan akan membantu proses pembelajaran di mata kuliah energi baru terbarukan, tersebut bisa dibawa ke luar ruangan untuk dipelajari secara langsung sistem kerjanya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

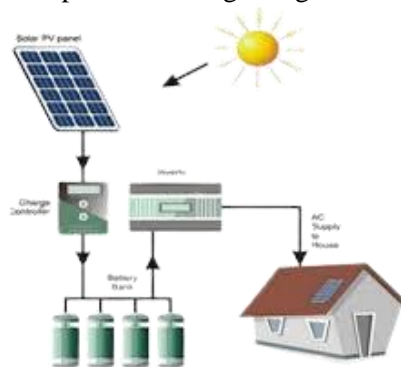
Kondisi wilayah Maluku mempunyai potensi yang besar dalam pemanfaatan energy cahaya matahari sebagai energy alternative pembangkit energy listrik. Salah satu sumber energy alternative tersebut adalah sel surya [2]. System PLTS dapat dibagi berdasarkan aplikasi dan konfigurasi. Secara umum PLTS dapat dibagi menjadi dua yaitu system PLTS yang terhubung dengan jaringan (On-grid PV sistem) dan system PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan (Off-grid PV sistem) [3].

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya adalah sebuah system pembangkit listrik yang menggunakan energy matahari sebagai sumber dayanya. Berdasarkan SNI 8395 : 2017, PLTS adalah system pembangkit listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari, melalui konversi sel *photovoltaic*. System *photovoltaic* mengubah radiasi matahari menjadi listrik [4].

2.2 Solar Home Sistem (PLTS SHS)

PLTS *Solar Home System* adalah system pembangkit listrik tenaga surya yang dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga atau gedung kecil. System ini terdiri dari panel surya *photovoltaic* yang dipasang di atap rumah atau gedung kontroler, baterai dan inverter.



Gambar 1. Mekanisme Sistem PLTS SHS

Berdasarkan aplikasi dan konfigurasi, PLTS SHS ini menggunakan system PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan (off-grid PV sistem) .

2.2.1 Solar Module/PV Array

Panel surya adalah komponen utama dari sistem *photovoltaic* (PV) yang mengubah sinar matahari menjadi energy listrik, listrik yang dihasilkan berupa arus DC. Jenis modul surya yang digunakan ialah *monocrystalline*. Berikut tampilannya pada gambar 2.



Gambar 2. Modul Surya Monocrystalline

Penampilan *monocrystalline* ini hamper mirip dengan *polycrystalline* namun efesiensi dan biayanya lebih rendah efesiensi yang dihasilkan sekitar 15% hingga 22% [5].

Faktor-faktor yang mempengaruhi solar sel panel adalah resistansi beban yaitu efesiensi paling tinggi adalah saat solar panel sel beroperasi dekat pada maximum power point. Intensitas cahaya matahari, suhu solar cell panel sebagaimana suhu solar sel meningkat diatas standar suhu normal 25 derajat celcius, efesiensi solar sel panel modul efesiensi dan tegangan akan berkurang, shading / bayangan adalah dimana salah satu atau lebih sel silicon dari solar cell panel tertutup sinar matahari [6].

2.2.2 Solar Charge Controller (scc)

Sebuah kontroler pengisian untuk PLTS (sistem pencahayaan fotovotaik) adalah komponen yang mengatur jumlah pengisian yang diberikan ke baterai dari panel surya agar tidak *overcharge* atau *overdischarge*.



Gambar 3. Solar Charge Controller (SCC)

2.2.3 Baterai

Penggunaan panel surya sangat bergantung pada intensitas penyinaran matahari. Pada saat malam hari tidak terdapat sinar matahari sehingga panel surya tidak dapat menghasilkan energy lirik [1].

2.2.4 Inverter

Inverter ialah peralatan listrik yang dapat mengubah arus DC menjadi arus AC. Peralatan ini termasuk peralatan yang rumit terutama untuk pemakaian daya yang besar karena terdiri dari rangkaian-rangkaian *thyristor*.



Gambar 4. Inverter

III. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *research and development* (R & D). Merupakan proses sistematis yang melibatkan aktivitas penelitian dan pengembangan dengan tujuan menghasilkan produk bary atau memperbaharui produk yang sudah ada. R & D dilakukan untuk mengembangkan pengetahuan dan teknologi bary atau teknologi yang sudah ada. Adapun langkah-langkah R & D sebagai berikut :

3.1. Perencanaan

Langkah pertama melibatkan merencanakan tujuan, ruang lingkup, sumber daya dan jadwal untuk proyek R&D. ini mencakup mengidentifikasi masalah atau peluang yang perlu dipecahkan, menetapkan tujuan untuk dicapai.

3.2. Eksperimen

Setelah perencanaan, langkah berikutnya adalah melaksanakan eksperimen atau uji coba. Ini melibatkan merancang dan mengimplementasikan serangkaian percobaan atau pengujian untuk mengembangkan solusi baru, produk baru, atau pengetahuan. Uji coba ini dapat mencakup laboratorium, simulasi computer, atau uji lapangan.

3.3. Pengumpulan data

Selama fase eksperimen, data dikumpulkan secara sistematis. Data ini bisa berupa hasil pengukuran, observasi, atau informasi lain yang diperlukan untuk mengevaluasi kinerja solusi atau produk yang dikembangkan.

3.4. Analisis data

Setelah data terkumpul, langkah berikutnya adalah menganalisis data tersebut.

3.5. Evaluasi dan Verifikasi

Pada tahap ini, hasil yang dikembangkan dievaluasi kembali untuk memastikan bahwa produk memenuhi tujuan awal dan memecahkan masalah yang ada. Verifikasi dilakukan untuk memastikan kebenaran dan konsistensi hasil dengan standar yang ditetapkan.

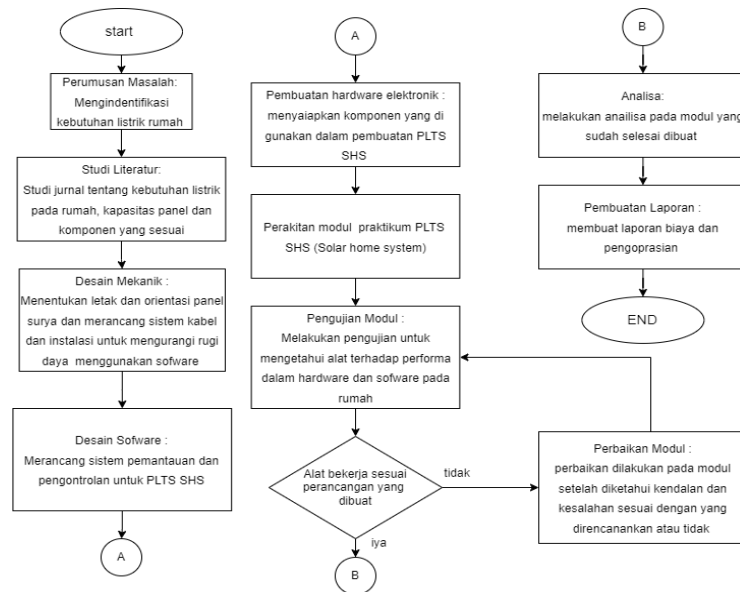
3.6. Dokumentasi

Semua langkah dalam proses R&D perlu didokumentasikan dengan baik. Dokumentasi ini mencakup deskripsi perencanaan, metodologi eksperimen, data yang dikumpulkan, hasil analisis, dan kesimpulan yang diambil.

3.7. Implementasi

Setelah hasil R&D terbukti berhasil dan efektif, langkah terakhir adalah mengimplementasikan hasil tersebut. Ini bisa meluncurkan produk baru, menerapkan teknologi baru, atau menggunakan pengetahuan baru untuk tujuan tertentu.

Kegiatan penelitian rancang bangun *Prototype* PLTS SHS dilakukan kota Ambon. Penelitian ini dilakukan mulai pada bulan juli 2023.



Gambar 5. Flowchart Sistem Perancangan PLTS

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Alat Praktikum prototype PLTS Solar Home System (SHS)

Alat yang telah dirancang pada penelitian ini ialah sebuah media pembelajaran dalam bentuk *trainer* PLTS, hasil rancangan *prototype* PLTS pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil Rancangan Prototype PLTS

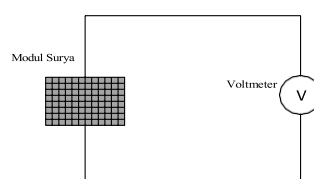
Hasil rancangan pada gambar 6 dilengkapi beberapa *connector* sebagai penghubung pada system modul *trainer* dengan masing-masing fungsi dan kegunaannya.

4.2 Pengujian Modul Karakteristik Modul Surya

Pengujian modul karakteristik modul surya, bertujuan meengetahui prinsip kerja dan fungsi dari alat mengetahui karakteristik modul surya.

4.2.1 pengujian solar sel / panel surya

pengujian solar sel untuk mengetahui solar sel bekerja dengan baik atau tidak ketika mengubah cahaya matahari menjadi energy listrik menggunakan panel surya tipe *monocrystalline*. Skema instalasi pengujian ditunjukkan pada gambar 7.



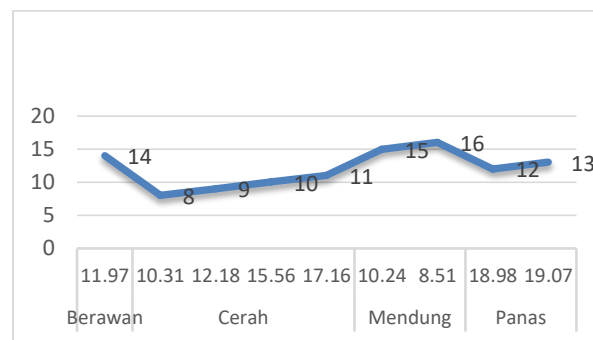
Gambar 7. Skema Pengujian Pada Panel Surya

Untuk hasil pengujian *solar cell* dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1
Pengujian panel surya tidak berbeban

No.	Jam (t)	Tegangan (V)	Keterangan
1	08.00	10.31	Cerah
2	09.00	12.18	Cerah
3	10.00	15.56	Cerah
4	11.00	17.16	Cerah
5	12.00	18.98	Panas
6	13.00	19.07	Panas
7	14.00	11.97	Berawan
8	15.00	10.24	Mendung
9	16.00	8.51	Mendung

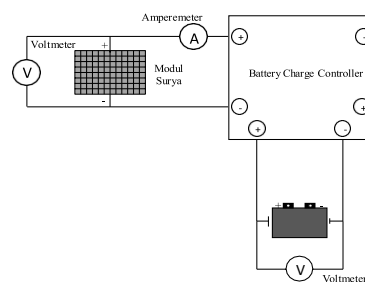
Tegangan *output* panel surya yang terukur sesuai dengan spesifikasi yang terdapat pada panel surya. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka tegangan terbuka juga semakin meningkat.



Gambar 8. Grafik Pengujian Panel Surya tidak Berbeban

4.2.2. Pengujian Modul Pengisian Baterai

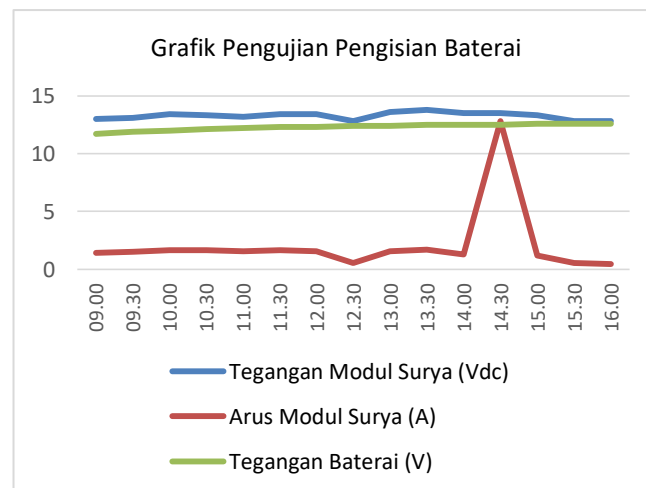
Pengujian pengisian baterai pada sistem pembangkit listrik tenaga surya bertujuan untuk memahami karakteristik dan prinsip kerja baterai yang digunakan dalam sistem tersebut. Pengujian ini membantu dalam mengidentifikasi bagaimana baterai bereaksi terhadap pengisian dari panel surya dan tegangan kerja baterai yang dicapai selama proses pengisian. Mengetahui prinsip kerja baterai dan pengaruh pengisian baterai terhadap pancaran sinar matahari yang mengenai modul surya, pengujian dengan spesifikasi baterai yang digunakan 12V/ 4Ah. Skema rangkaian pengujian ditampilkan pada gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian pengisian baterai

Tabel 2
Pengujian Pengisian Baterai

No	Jam (t)	Tegangan Modul Surya (Vdc)	Arus Modul Surya (A)	Tegangan Baterai (V)
1	09.00	13	1,1	11,7
2	09.30	13,2	1,5	11,9
3	10.00	13,4	1,32	12
4	10.30	13,3	1,64	12,1
5	11.00	13,2	1,56	12,2
6	11.30	13,3	1,64	12,3
7	12.00	13,4	1,55	12,4
8	12.30	12,8	0,56	12,4
9	13.00	13,8	1,58	12,4
10	13.30	13,7	1,68	12,5
11	14.00	13,6	1,2	12,5
12	14.30	13,5	12,8	12,5
13	15.00	13,3	1,3	12,6
14	15.30	12,8	0,56	12,6
15	16.00	12,8	0,45	12,6

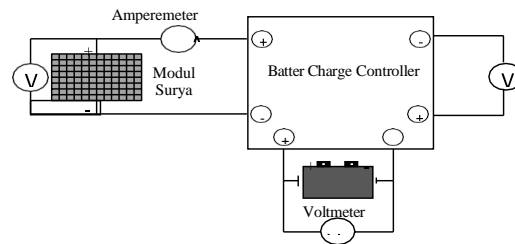


Gambar 10. Grafik pengujian pengisian baterai

Pada gambar grafik menunjukkan hubungan antara tegangan baterai dan tegangan modul surya. Garis tegangan pada baterai dan modul surya sejajar, yang menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan modul surya, semakin tinggi pula tegangan baterai yang diisi. Arus yang mengalir ke baterai semakin meningkat sejalan dengan intensitas cahaya matahari yang ditangkap melalui solar panel. Hal ini menunjukkan bahwa pengisian baterai lebih efisien pada siang hari ketika cahaya matahari lebih kuat.

4.2.2 Pengujian Modul Battery Charge Regulator (BCR)

Pengujian BCR bertujuan untuk menguji keberfungsian dari komponen charge controller dalam melindungi komponen system PLTS, memahami kondisi tegangan berlebih (*overcharge voltage*), *load reconnect voltage* serta *underdischarge voltage* pada *charge controller*. Skema rangkaian pengujian BCR disajikan pada gambar 11.



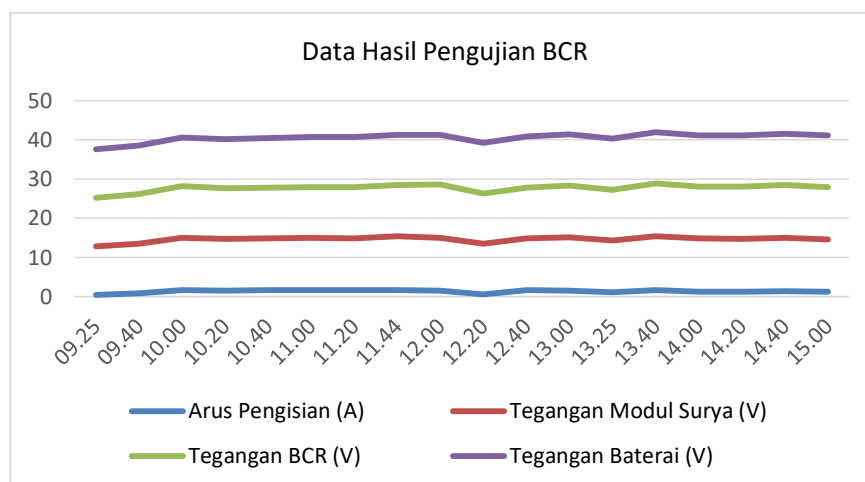
Gambar 11. Skema Rangkaian Pengujian BCR

BCR diatur pada tegangan referensi baterai penuh berkisar 13.4 – 13.6 V bertujuan sebagai proteksi baterai jika terjadi overvoltage. Data hasil pengujian BCR disajikan pada tabel 3.

Tabel 3
Pengujian Modul BCR

No	Jam (t)	Arus pengisian (A)	Tegangan Modul Surya (Vdc)	Tegangan BCR (V)	Tegangan Baterai (V)
1	09.25	0,44	12,4	12,38	12,4
2	09.40	0,8	12,7	12,64	12,4
3	10.00	1,64	13,4	13,07	12,5
4	10.20	1,54	13,2	12,9	12,5
5	10.40	1,60	13,3	12,8	12,7
6	11.00	1,65	13,3	12,93	12,8
7	11.20	1,58	13,3	13,97	12,8
8	11.44	1,6	13,8	13,03	12,8
9	12.00	1,56	13,4	13,6	12,7
10	12.20	0,6	12,9	12,8	12,9
11	12.40	1,7	13,2	12,9	13
12	13.00	1,57	13,5	12,26	13
13	13.25	1,04	13,2	12,98	13
14	13.40	1,65	13,7	13,51	13
15	14.00	1,28	13,5	13,23	13,1

Berdasarkan tabel 3, tegangan *output* dari BCR nilainya selalu lebih kecil jika dibandingkan dengan *output* dari modul surya, tegangan modul surya tertinggi yang terukur sebesar 13,8 V sedangkan tegangan terbesar BCR 13,51 V. Nilai tegangan *output* BCR lebih stabil dibandingkan *output* dari modul surya sebesar 1,3 V, nilai tersebut masih lebih besar jika dibandingkan *output* BCR sebesar 1,14 V.



Gambar 12. Grafik Pengujian BCR

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa tegangan BCR lebih stabil terhadap tegangan baterai di banding tegangan modul surya.

4.2.3 Pengujian Beban

Lampu DC yang digunakan sebagai beban adalah lampu indikator 5 watt/12V.



Gambar 13. Percobaan menggunakan beban DC

Dari percobaan diatas mendapatkan data yang disajikan pada tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4
Pengujian beban DC

Daya (Watt)	Waktu (Jam)	Total Beban (wh)
5	1	5
5	2	10
Total		15

Berikut adalah perhitungan lama baterai dapat membackup beban :

- Beban 15 watt
- Baterai yang digunakan 12V/4Ah

Dirumuskan $I = P/V$ maka dapat perhitungan arus pemakaian :

$$I = \frac{\text{Total beban}}{\text{Batrai yang digunakan}} = \frac{15 \text{ wH}}{12V} = 1,25 \text{ Ah}$$

Dirumuskan $Ta = Ah/A$ maka dapat perhitungan waktu pemakaian :

$$t = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{I} = \frac{4 \text{ Ah}}{1,25 \text{ Ah}} = 3,2 \text{ Jam}$$

Lamanya pemakaian baterai ditentukan oleh besarnya kapasitas arus baterai dan besarnya daya beban yang digunakan.

4.3 Sistem Grounding/pentanahan

Dalam konteks Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atau *Photovoltaic* (PV), “*grounding*” atau “*grounding System*” mengacu pada system pentanahan yang dirancang untuk menyediakan jalur rendah hambatan dana man bagi arus yang mungkin terjadi karena tegangan bocor, petir, gangguan listrik yang lainnya pada system PLTS. Pentanahan yang baik sangat penting untuk melindungi peralatan, manusia, dan lingkungan dari resiko kejutan listrik dan bahaya lainnya.

Inverter *grounding*, bertanggung jawab untuk mengubah energy DC dari panel surya menjadi energy AC yang digunakan dalam jaringan listrik. Inverter juga perlu memiliki system pentanahan yang memadai untuk melindungi peralatan elektroniknya dan mengurangi resiko kejut listrik.

4.4 Perencanaan Modul Praktikum prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Home System (PLTS SHS)

Modul praktikum yang dibuat disesuaikan dengan mata kuliah Sistem Pembangkit Energi Listrik. Dengan adanya modul praktikum ini diharapkan pembelajaran sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini mahasiswa jurusan elektro pada Politeknik Negeri Ambon khususnya materi Sistem Pembangkit Energi Listrik bisa dengan mudah mempelajari, memahami, membuat dan merangkai Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sesuai dengan yang diinginkan.

4.5 Output Modul Praktikum prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Home System (PLTS SHS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Rancang bangun *prototype* PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sebagai media pembelajaran dapat menghasilkan berbagai output, salah satunya adalah modul praktikum. Modul praktikum ini bertujuan untuk memberikan panduan dan petunjuk bagi para peserta pelatihan, dalam mengenali dan memahami cara kerja PLTS secara praktis. Isi dari modul praktikum ini mencakup langkah-langkah pemasangan dan pengoperasian dari *prototype* PLTS yang telah dirancang. Beberapa komponen yang tercakup dalam modul praktikum ini adalah :

1. Pengenalan komponen :
Penjelasan tentang masing-masing komponen PLTS, seperti panel surya, *solar charge controller*, Inverter, baterai, dan komponen pendukung lainnya.
2. Perancangan instalasi :
Langkah-langkah perancangan instalasi PLTS, termasuk penentuan lokasi panel surya, perhitungan daya yang dibutuhkan, perencanaan kabel dan saluran listrik.
3. Pemasangan :
Panduan langkah demi langkah untuk memasang dan menghubungkan semua komponen PLTS dengan benar.
4. Pengoperasian :
Instruksi tentang cara mengoperasikan PLTS dengan aman dan efisien, termasuk pemeliharaan rutin.
5. Pengukuran :
Cara melakukan pengukuran baik dari tegangan, arus maupun daya
6. Proyek eksperimen
Mungkin termasuk beberapa proyek eksperimen sederhana yang melibatkan penggunaan PLTS dalam situasi nyata.
7. Kesimpulan :
Ringkasan dari seluruh pembelajaran dan penegasan pentingnya penggunaan energy terbarukan.

V. PENUTUP

Dari hasil pengembangan prototype PLTS sebagai media pembelajaran, kami dapat mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut;

1. Pendekatan ini memiliki potensi besar untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang prinsip dasar konversi energi matahari menjadi energi listrik. Pengalaman praktis dengan prototype membantu siswa dalam memvisualisasikan bagaimana intensitas cahaya matahari berpengaruh terhadap produksi energi.
2. Melalui penggunaan prototype PLTS, minat siswa terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi energi terbarukan dapat dirangsang. pengembangan lanjutan pada prototype ini. Misalnya, fitur tambahan dapat ditambahkan untuk memungkinkan pengukuran efisiensi energi atau simulasi kondisi cuaca yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. Afandi *et al.*, *RANCANG BANGUN OFF-GRID SYSTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) SEBAGAI MODUL PEMBELAJARAN BAGI MAHASISWA UNIVERSIDADE ORIENTAL DE TIMOR LOROSA'E (UNITAL)*. Sumenep. [Online]. Available: www.researchgate.net
- [2] S. W. Tan, M. A. F. Haurissa, and L. M. Parera, "Perancangan PLTS OFF-GRID Untuk Bagan Nelayan Di Laut Maluku," vol. 3, no. 1, pp. 187–193, 2022.
- [3] N. I. Latupono, J. J. Rikumahu, and L. M. Parera, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya ON-GRID di Atap Gedung Jurusan Teknik Elektro POLITEKNIK NEGERI AMBON," vol. 2, no. 2, pp. 165–174, 2021.
- [4] S. Samsurizal, S. Azzahra, C. Christiono, M. Fikri, H. Azis, and A. Yogianto, "Prototype Pembelajaran Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Berbasis Energi Surya," *TERANG*, vol. 4, no. 1, pp. 125–135, Dec. 2021, doi: 10.33322/terang.v4i1.1278.
- [5] B. D. Wasistha, B. E. M. Salam, and D. I. Wibawa, "Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Jakarta," *Pros. Semnas Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 76–82, 2021.
- [6] L. M. Parera, J. Tupalessy, and R. Kastnaja, "Pengembangan Listrik Tenaga Surya bagi Pedagang Kuliner," *CARADDE J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 1, Jun. 2019, doi: 10.31960/caradde.v2i1.127.