

# Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid Solar System* Pada Siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe

Gunawan<sup>1\*</sup>, Rudy Syahputra<sup>2</sup>, Hasyimi Abdullah<sup>3</sup>, Iskandar<sup>4</sup>, Abdul Haris<sup>5</sup>, Darmein<sup>6</sup>

<sup>1,2,3</sup> *Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe*

<sup>4</sup> *Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe*

<sup>5</sup> *Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe*

<sup>6</sup> *Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe*

*Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA*

<sup>1\*</sup> *gunawan.samin@gmail.com (penulis korespondensi)*

**Abstrak**— Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Tipe *Off-Grid Solar System* adalah instalasi PLTS tidak terkoneksi dengan jaringan PLN. Salah satu sumber daya manusia yang ditargetkan dapat menjadi motor penggerak dalam pengembangan PLTS adalah siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe yang memiliki pengetahuan dan kemampuan dasar tentang elektro. Permasalahan utama pengembangan PLTS, kurangnya kemampuan siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe untuk membuat perencanaan dan pemasangan instalasi PLTS dan belum adanya fasilitas unit PLTS. Persoalan prioritas yang disepakati untuk diselesaikan adalah membuat kegiatan pelatihan dan praktek instalasi PLTS kepada siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe. Solusi yang diberikan adalah: 1) pemberian teori tentang dasar-dasar PLTS, 2) penyajian dan peragaan alat rangkaian dan komponen PLTS, 3) Simulasi dan praktek siswa menggunakan aplikasi PLTS, 4) Memberikan cara melakukan perencanaan, perancangan dan perhitungan PLTS *off-Grid Solar System*. Tujuan kegiatan pengabdian ini memberikan wawasan terkait energi listrik ramah lingkungan untuk meningkatkan kompetensi siswa dalam bidang PLTS. Metode yang digunakan adalah presentasi, diskusi dan praktek. Pemberian materi berupa teori dasar-dasar PLTS, komponen yang diperlukan untuk instalasi PLTS, perencanaan, perhitungan dan perakitan PLTS. Peningkatan kemampuan siswa kategori tinggi dengan capaian N-Gain rata-rata sebesar 91%. Berdasarkan capaian ini, maka metode penyampaian materi pelatihan instalasi PLTS dinilai efektif. Pada akhir kegiatan, tim PKM memberikan satu set unit PLTS dan modul praktikum. Dengan pelaksanaan kegiatan Tim PKM PNL terkait PLTS tipe *Off-Grid Solar System*, diharapkan siswa termotivasi untuk dapat berkreasi dalam perancangan produk yang memanfaatkan energi matahari sehingga membuka peluang wirausaha.

**Kata kunci**— kompetensi, PLTS, siswa, *Off-Grid Solar System*

**Abstract**— Solar energy can be converted into electrical energy by using solar panels known as Solar Power Plants (PLTS). The *Off-Grid Solar System* type is a PLTS installation that is not connected to the PLN network. One of the human resources targeted to be the driving force in the development of PLTS is the students of SMKN 5 Lhokseumawe City who have basic knowledge and skills about electricity. The main problems in the development of PLTS, the lack of ability of students at SMKN 5 Lhokseumawe City to plan and install PLTS installations and the absence of PLTS unit facilities. The priority issue that was agreed to be resolved was to make PLTS installation training and practice activities for students at SMKN 5 Lhokseumawe City. The solutions provided are: 1) providing theory about the basics of PV mini-grid, 2) presenting and demonstrating PV mini-grid circuits and components, 3) Simulation and student practice using PV mini-grid applications, 4) Providing ways to plan, design and calculate PLTS off-grid Solar Systems. The purpose of this service activity is to provide insight regarding environmentally friendly electrical energy to improve student competence in the PLTS field. The method used is presentation, discussion and practice. Providing materials in the form of basic theory of PV mini-grid, components needed for PV mini-grid installation, planning, calculation and assembly of PV mini-grid. The increase in the ability of students in the high category with an average N-Gain achievement of 91%. Based on this achievement, the method of delivering PV mini-grid installation training materials is considered effective. At the end of the activity, the PKM team provided a set of PV mini-grid units and a practicum module. With the implementation of the PKM PNL Team activities related to PLTS type *Off-Grid Solar System*, it is hoped that students are motivated to be creative in designing products that utilize solar energy so as to open up entrepreneurial opportunities.

**Keywords**— competence, PLTS, students, *Off-Grid Solar System*

## I. PENDAHULUAN

Matahari hampir tak terbatas sebagai sumber energi dan merupakan sumber energi terbarukan. Indonesia memiliki potensi besar bagi pengembangan energi terbarukan melalui pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Hal ini disebabkan letak Indonesia yang berada pada kategori iklim tropis, sehingga mendapatkan penyinaran matahari maksimal sepanjang tahun. Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya dikenal dengan PLTS. *Off-Grid Solar System* adalah tipe jaringan yang tidak terkoneksi dengan jaringan sentral (PLN), sehingga sistem ini sangat tepat diaplikasikan untuk daerah-daerah terluar dan terisolasi yang jumlahnya masih banyak di Indonesia. Sistem

ini membutuhkan baterai, agar energi listrik yang dihasilkan panel surya pada siang hari tidak hanya dapat dimanfaatkan langsung namun juga dapat disimpan untuk dimanfaatkan pada malam hari.

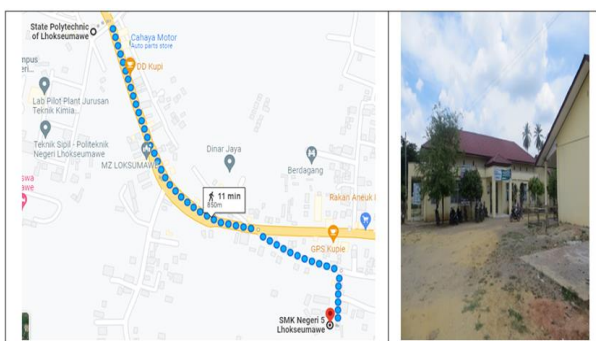
Salah satu sumber daya manusia yang ditargetkan dapat menjadi motor penggerak dalam pengembangan PLTS adalah siswa-siswa Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 5 (SMKN 5) Kota Lhokseumawe yang memiliki pengetahuan dan kemampuan dasar tentang elektro. Sosialisasi pada berbagai elemen masyarakat terutama golongan pelajar perlu diadakan untuk memberikan pemahaman dan juga akan meningkatkan utilisasi penggunaan sel surya di masa depan [1].

Tim PKM melaksanakan kegiatan sosialisasi dan pemaparan wawasan terkait energi listrik murah dan ramah

lingkungan untuk meningkatkan kompetensi siswa bidang PLTS. Dengan harapan para siswa termotivasi untuk dapat berkreasi dalam upaya mewujudkan kreativitas mereka terutama dalam perancangan produk kongkrit yang memanfaatkan energi bersumber dari matahari. Dengan melakukan pelatihan merakit listrik tenaga surya juga meningkatkan keterampilan hidup kepada peserta dan membuka peluang untuk berwira usaha. Kegiatan bidang PLTS ini sejalan dengan bidang fokus atau renstra pengabdian PNL pada Energi Baru dan Terbarukan.

**1.1 Analisis situasi**

SMKN 5 Lhokseumawe adalah salah satu satuan pendidikan dengan jenjang SMK di Kumbang Punteut, Kecamatan Blang Mangat, Kota Lhokseumawe, Aceh. SMKN 5 Lhokseumawe beralamat di jalan Rel Kereta Api No. 5, Kumbang Punteut, Kecamatan Blang Mangat, Kota Lhokseumawe, Aceh. Dalam menjalankan kegiatannya, SMKN 5 Lhokseumawe berada di bawah naungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, dan memiliki akreditasi B berdasarkan sertifikat 956/BAN-SM/ACEH/SK/2018. Lokasi mitra berjarak sekitar 1 km dari kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe (PNL) ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi mitra dari Politeknik Negeri Lhokseumawe

Pimpinan sekolah sangat menyambut baik kegiatan yang akan dilaksanakan sebagai upaya peningkatan kompetensi dan penyediaan sarana praktikum bidang PLTS, serta mendukung program pemerintah dalam rangka penggunaan energi listrik yang ramah lingkungan. SMKN 5 Lhokseumawe menyediakan listrik dan akses internet yang dapat digunakan untuk mendukung kegiatan belajar mengajar menjadi lebih mudah. Sekolah telah memiliki ruang kelas, ruang laboratorium, ruang perpustakaan yang relatif memadai namun memiliki persoalan yang dihadapi yaitu tidak tersedianya modul PLTS. Praktek perakitan teknologi PLTS melalui kegiatan PKM PNL, diharapkan dapat meningkatkan kompetensi siswa di bidang PLTS demi membangun sumber daya manusia (SDM). Dengan pelaksanaan kegiatan Tim PKM PNL terkait energi listrik dari energi surya, diharapkan siswa termotivasi untuk dapat berkreasi dalam upaya mewujudkan kreativitas mereka terutama dalam perancangan produk yang memanfaatkan energi matahari sehingga meningkatkan keterampilan hidup dan membuka peluang usaha kepada siswa.

**1.2 Permasalahan mitra**

Masyarakat di Kota Lhokseumawe belum terbiasa menggunakan panel surya sebagai kebutuhan energi listrik. Ada beberapa faktor yang menyebabkan masyarakat tidak menggunakan listrik tenaga matahari yaitu ketidak tahuan masyarakat adanya listrik tenaga matahari, tidak tahu cara merakit dan menggunakannya, investasi awal yang lebih mahal dari pada menggunakan jaringan listrik PLN.

Perancangan dan pengaplikasian PLTS tipe *off grid system* diterapkan kepada masyarakat dengan memasang panel surya skala kecil, hal ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan sumber energi dari PLN. Dalam kaitan itu, perlu adanya upaya peningkatan kualitas sumber daya manusia yang akan menjadi motor dalam pemanfaatan dan perawatan pembangkit listrik tenaga surya. Salah satu sumber daya manusia yang ditargetkan dapat menjadi motor penggerak dalam perawatan pembangkit listrik tenaga surya adalah siswa-siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe yang memiliki pengetahuan dan kemampuan dasar tentang elektro. Hal ini didasarkan dengan pertimbangan, bahwa siswa SMK memiliki kemampuan motorik yang sudah diajarkan dalam kegiatan praktikum-praktikum dengan jumlah lebih banyak dibandingkan teori. Permasalahan utama dalam pengembangan pelajaran EBT, kurangnya pengetahuan dan belum adanya fasilitas unit PLTS. Pengetahuan bidang PLTS meliputi potensi energi surya, komponen utama PLTS, perhitungan dan perancangan instalasi PLTS.

Persoalan prioritas yang disepelekan untuk diselesaikan adalah membuat kegiatan pelatihan dan praktek instalasi PLTS tipe *off grid system* kepada siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe. Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini memberikan pemaparan wawasan terkait energi listrik murah dan ramah lingkungan untuk meningkatkan kompetensi siswa dalam bidang PLTS, sehingga mereka mampu menerapkan sistem PLTS sederhana dalam kehidupan sehari-hari.

**1.3 Tujuan pengabdian dan luaran**

Tujuan kegiatan pengabdian ini memberikan pemaparan wawasan terkait energi listrik murah dan ramah lingkungan untuk meningkatkan kompetensi siswa dalam bidang PLTS. Khalayak sasaran dalam program ini adalah siswa-siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe. Luaran yang dihasilkan dalam menyelesaikan permasalahan mitra adalah peningkatan kompetensi bidang PLTS, dan terdapat luaran wajib bagi tim PKM yaitu memuat artikel pada seminar nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe.

**II. METODOLOGI PELAKSANAAN**

**2.1 Tempat dan Waktu**

Pelaksanaan kegiatan dilaksanakan di SMKN 5 Kota Lhokseumawe pada tanggal 7 September 2022.

**2.2 Solusi yang Diberikan**

Mitra siswa SMKN 5 kota Lhokseumawe diharapkan dapat mampu menyerap ilmu yang terkait dengan energi baru dan terbarukan, sehingga mampu menerapkan sistem PLTS *off-grid* dalam kehidupan sehari-hari. Solusi yang diberikan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Solusi yang diberikan

No.	Permasalahan	Solusi	Jenis Luaran
-----	--------------	--------	--------------

1	Kurangnya pengetahuan tentang PLTS	Memberikan teori tentang dasar-dasar PLTS	Penguatan pengetahuan bidang PLTS.
2	Kurangnya kompetensi siswa dalam bidang PLTS	Mentransfer pengetahuan tentang pengetahuan dasar rangkaian dan komponen-komponen PLTS.	Peningkatan kompetensi siswa dalam bidang PLTS.
3	Kurangnya kompetensi siswa untuk menerapkan konsep teknologi PLTS pada kehidupan sehari-hari	Memberikan simulasi dan praktek siswa pada aplikasi PLTS menggunakan SHS.	Peningkatan kompetensi siswa dalam penerapan konsep teknologi PLTS pada kehidupan sehari-hari.
4	Kurangnya kompetensi siswa untuk melakukan perencanaan dan perhitungan yang berkaitan dengan PLTS	Memberikan cara melakukan perencanaan, perancangan dan perhitungan PLTS untuk lampu penerangan di sekolah	Peningkatan kompetensi siswa melakukan perancangan dan perhitungan penggunaan daya dan kebutuhan PLTS <i>off-grid</i> .
5	Belum memiliki modul ajar bidang PLTS	Menyediakan modul materi belajar dan unit PLTS.	Modul praktikum dan unit PLTS

**2.3 Justifikasi Pelaksana dan Mitra**

Pelaksana kegiatan memberikan teori dan praktek perakitan PLTS sesuai dengan kepakarannya. Penyampaian materi meliputi:

1. Teori: penyampaian teori dan perkembangan Teknologi PLTS
2. Perakitan listrik tenaga matahari: Setelah mengetahui komponen yang diperlukan dan perhitungan kebutuhan energi, panel surya maka dilanjutkan dengan perakitan listrik tenaga matahari.
3. Aplikasi: menerapkan listrik tenaga matahari pada solar home system
4. Perkiraan kebutuhan energi di sekolah: memperkirakan kebutuhan energi untuk penerangan di sekolah.
5. Data Lokasi Radiasi Matahari: Mencari durasi khas sinar matahari yang paling optimal.
6. Kesesuaian ukuran sistem surya: Dengan membagi konsumsi rata-rata penerangan (kWh) untuk memperoleh perkiraan ukuran panel surya (WP). Juga pertimbangan potensi kekuatan dan menginstal penyimpanan energi (baterai).

7. Jumlah Panel Surya: Menentukan jumlah panel surya menyesuaikan kebutuhan energi penerangan (kWh). Kegiatan yang dilaksanakan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Materi kegiatan dan metode pelaksanaan

No.	Materi Kegiatan	Metode Pelaksanaan
1	Tren perkembangan EBT yang ramah lingkungan	Presentasi dan Tanya jawab
2	Teknologi PLTS: teori tentang dasar-dasar PLTS dan komponen-komponen PLTS.	Presentasi dan Tanya jawab
3	Memberikan simulasi dan praktek siswa pada aplikasi PLTS menggunakan <i>Solar Home System</i> .	Presentasi, Tanya jawab dan Praktek
4	Memberikan cara melakukan perencanaan, perancangan dan perhitungan PLTS untuk lampu penerangan di sekolah	Presentasi, Tanya jawab dan Praktek

**2.4 Keterlibatan dan Partisipasi Mitra**

Mitra menyediakan tempat pelaksanaan pengabdian, serta mengikuti kegiatan sampai selesai. Partisipasi mitra dalam kegiatan antara lain:

- 1) Mitra mengikuti pelatihan, pretest dan posttest.
- 2) Mitra berperan aktif dalam implementasi program yang dijalankan.
- 3) Mitra ikut bersama-sama tim dalam pemasangan perakitan dan instalasi PLTS.

**2.5 Evaluasi Pelaksanaan dan Keberlanjutan Program**

Evaluasi kemampuan peserta dilakukan di awal dan akhir kegiatan. Pada awal kegiatan diberikan pretest, dan akhir kegiatan diberi posttest dan uji keterampilan instalasi PLTS *off-grid*. Pemantauan kegiatan untuk keberlanjutan program melalui group diskusi menggunakan media whatsapp. Hal ini dilakukan untuk diskusi penerapan teknologi PLTS baik pada praktek di sekolah maupun implementasi di masyarakat.

Efektifitas pelatihan penerapan teknologi PLTS dilakukan dengan perhitungan N-gain-score ditunjukkan pada Persamaan 1 [2]. Skor ideal adalah nilai 100. Dengan menghitung skor Gain (uji N-gain) yaitu untuk mengetahui efektifitas pelatihan pengenalan teknologi PLTS.

$$N - Gain = \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor ideal} - \text{skor pretest}} \tag{1}$$

Tabel 3. Kategori N-Gain Score

Nilai N-Gain	Kategori
G > 0.7	Tinggi
0.3 <= G <= 0.7	Sedang
G < 0.3	Rendah

Tabel 4. Tafsiran efektivitas kategori Gain

Capaian N-Gain (%)	Tafsiran
< 40	Tidak efektif
40 - 55	Kurang Efektif
56 - 75	Cukup efektif
> 75	Efektif

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Materi Pembelajaran

Beberapa pelatihan terkait pembangkit listrik tenaga surya juga telah dilakukan di beberapa institusi pendidikan menengah. Dibutuhkan pengetahuan dasar rangkaian dan komponen-komponen PLTS, karena penyediaan tenaga listrik untuk pelanggan membutuhkan berbagai komponen antara lain sistem pembangkit, sistem transmisi dan sistem distribusi. Komponen-komponen tersebut saling berkaitan satu sama lain sehingga membentuk suatu sistem tenaga listrik [3].

##### 3.1.1 Teknologi PLTS

Untuk Instalasi listrik tenaga matahari diperlukan komponen sebagai berikut:

1. Panel surya/solar cells/solar panel
2. Charge controller
3. Inverter
4. Baterai

Lempengan solar panel ditempatkan pada lokasi yang terkena sinar matahari. Solar panel dihubungkan ke baterai dan kemudian ke peralatan listrik DC. Jika alat listrik yang digunakan AC, maka dibutuhkan power inverter untuk mengubah arus DC menjadi AC. Solar charge controller digunakan bersama dengan solar panel untuk mencharge baterai yang akan dipakai untuk peralatan listrik atau power inverter. Baterai adalah perangkat kimia untuk menyimpan tenaga listrik dari tenaga surya.

Istilah dalam PLTS yang selalu digunakan:

- a) kilowatt (kW) adalah ukuran daya sesaat (1000 watts = 1kw)
- b) kilowatt-hour (kWh): *unit of energy*
- c) 1 kWh setara dengan satu kilowatt (1 kW) daya yang dikeluarkan selama satu jam (misalnya, sepuluh bola lampu 100 watt menyala selama 1 jam).
- d) Kapasitas daya keluaran panel surya diukur dalam satuan wattpeak (Wp).
- e) 1 kW of PV menghasilkan sekitar 1.752 kWh/tahun. Rata-rata rumah di Indonesia menggunakan 1.012 kWh/tahun.
- f) Intensitas radiasi matahari di Indonesia rata-rata sekitar 4.8 kWh/m<sup>2</sup> per hari di seluruh wilayah Indonesia. Ini berarti tiap 1 kW Photovoltaic (PV) dapat menghasilkan 4,8 kWh energi listrik setiap harinya.
- g) Module (Panel) adalah panel surya fotovoltaik (PV).
- h) *Array* adalah rangkaian panel surya yang dipasang bersama untuk menghasilkan listrik.
- i) *Inverter* mengubah listrik DC menjadi listrik AC.
- j) *Racking* menghubungkan panel surya ke atap.
- k) *Production Meter* mengukur jumlah kWh yang dihasilkan oleh tata surya.

Solar cell merupakan komponen utama yang berfungsi mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Photon yang berasal dari sinar matahari akan diubah menjadi elektron oleh solar cell sehingga menjadi energi listrik. Kapasitas daya listrik keluaran panel surya diukur dalam satuan watt dan pada dasarnya dapat dilihat dari besarnya daya puncak (watt-peak) yang tertera pada spesifikasi panel surya yang digunakan. Watt-peak (Wp) didefinisikan sebagai daya listrik maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya pada kondisi suhu dan

sinar matahari standar; yaitu intensitas penyinaran 100 watt/m<sup>2</sup>, suhu lingkungan 25°C, dan cuaca cerah tanpa berawan (misalnya saat tengah hari).

Penyediaan listrik dengan mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan teknologi photovoltaic disebut Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pada dasarnya sel surya fotovoltaik merupakan suatu dioda semikonduktor yang berkerja dalam proses tak seimbang dan berdasarkan efek fotovoltaik. Intensitas energi yang terkandung dalam sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi besarnya sekitar 1000 Watt. Daya guna konversi energi radiasi menjadi energi listrik berdasarkan efek fotovoltaik baru mencapai 25%, maka produksi listrik maksimal yang dihasilkan sel surya baru mencapai 250 Watt per m<sup>2</sup> [4].

Kondisi ideal untuk menghasilkan listrik yang optimum adalah saat cuaca cerah, namun panel surya dapat menghasilkan listrik dalam kondisi cuaca berawan atau hujan. Dalam kondisi berawan, listrik yang dihasilkan dari panel surya berkisar antara 10 – 25% dari produksi optimumnya. Fenomena “hujan tanpa awan”, di mana langit terlihat cerah namun turun hujan, justru menguntungkan pengguna rooftop solar karena selain tidak adanya halangan sinar matahari (seperti awan), air hujan juga membantu membersihkan debu yang menempel di permukaan panel surya.

Kinerja panel surya (daya listrik yang dihasilkan panel surya) dipengaruhi oleh:

- a) Kualitas panel
- b) Luas panel
- c) Kondisi lingkungan seperti intensitas penyinaran dan suhu
- d) Ada tidaknya bayangan yang mengenai panel surya, orientasi, kemiringan, letak dan posisi pemasangan, serta cuaca.

Untuk menentukan kapasitas rooftop solar, terlebih dahulu perlu diketahui tipe instalasi yang akan dijalankan. Secara garis besar, instalasi rooftop solar dapat dibagi menjadi 3 tipe yaitu:

- a) Off-Grid Solar System – tidak terkoneksi dengan jaringan sentral (PLN), sehingga sistem ini sangat dapat diaplikasikan untuk daerah-daerah terluar dan terisolasi yang jumlahnya masih banyak di Indonesia. Sistem ini membutuhkan baterai, agar energi listrik yang dihasilkan panel surya pada siang hari tidak hanya dapat dimanfaatkan langsung namun juga dapat disimpan untuk dimanfaatkan pada malam hari.
- b) On-Grid Solar System – terkoneksi dengan jaringan sentral (PLN). Sistem ini cocok diaplikasikan di daerah perkotaan untuk mendorong penggunaan energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Secara umum, penentuan desain kapasitas panel surya yang dapat dipasang akan mirip dengan sistem off-grid, namun umumnya tanpa baterai.
- c) Hybrid – sistem gabungan antara on-grid dengan penggunaan baterai.

##### 3.1.2 Desain PLTS Off-Grid Solar System

Pada kegiatan ini melakukan perhitungan desain untuk menentukan kebutuhan daya dan kapasitas komponen PLTS. PLTS yang digunakan khusus untuk perumahan disebut Solar Home System (SHS) diharapkan menjadi acuan bagi calon pengguna maupun praktisi listrik agar diperoleh kesesuaian antara kebutuhan energi, harga, dan kualitas yang tepat [5]. Penggunaan alat ukur arus dan tegangan yang keluar dari

panel surya merupakan salah satu kompetensi untuk bisa membuat instalasi panel surya sesuai dengan kebutuhan. Sehingga dibutuhkan pengetahuan siswa SMK tentang konversi energi terbarukan dan mempraktikkan penggunaan alat ukur arus dan tegangan [6]. Tahapan desain penentuan kapasitas pada tipe *off-grid solar system* ditunjukkan pada Tabel 5.

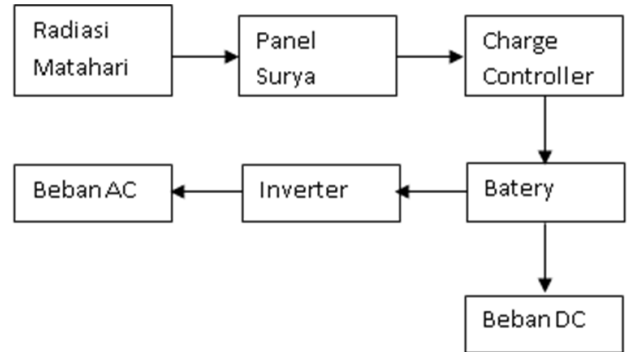
Tabel 5. Desain penentuan kapasitas pada tipe off-grid solar system

No	Tahapan Desain	Contoh Aplikasi
1	Hitung beban alat (Watt) yang digunakan setiap harinya, beserta durasi lamanya penggunaan (hour).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 buah lampu 20 Watt selama 12 jam (1.200 Watt.hour, Wh).</li> <li>• 1 buah TV 80 Watt selama 5 jam (400 Wh)</li> <li>• Totalnya adalah 1.600 Wh</li> </ul>
2	Tambahkan kemungkinan adanya system losses (potensi hilangnya daya listrik). Pada umumnya angka yang digunakan sekitar 10-20%.	$Losses = 20\% \times 1.600 \text{ Wh} = 320 \text{ Wh}$ Sehingga total beban menjadi 1.920 Wh
3	Ketahui lamanya penyinaran optimum matahari pada lokasi yang akan dipasang panel surya atau biasa disebut PSH (peak sun hour).	Di Indonesia umumnya adalah $\pm 4$ jam
4	Tentukan kapasitas panel surya yang dibutuhkan dengan membandingkan total beban alat yang telah dihitung dengan PSH.	$1920 \text{ Wh} \div 4 \text{ h} = 480 \text{ W}$ Sehingga panel surya yang dibutuhkan berkapasitas 480 W atau biasa disebut 480 Wp. (Kebutuhan 10 buah panel dengan kapasitas 50 Wp)
5	Energi listrik pada baterai tidak 100% dapat digunakan. Karena pada saat di inverter potensi kehilangan energinya bisa sebesar 5%, sehingga perlu adanya cadangan 5% yang harus ditambah.	Cadangan = Daya Rumah : (100% - 5%) Acuan daya listrik yang digunakan = 1600 Watt : 95% = 1.684 Watt
	Selanjutnya, memilih spesifikasi baterai yang tepat. Di pasaran juga dijual berbagai jenis spesifikasi baterai misalnya 12 V 12 Ah. Kemudian, hitung kembali jumlah baterai yang akan digunakan. Penggunaan baterai tidak boleh sampai habis karena membuat baterai cepat rusak. Gunakan setengahnya saja atau setara 50% saja.	Jumlah baterai yang akan digunakan. = Daya Listrik : Kapasitas Baterai = 1.684 Watt : (12 V x 12 Ah) = 1.684 Watt : 144 Watt = 11,7 Watt = 12 pcs (dibulatkan) Untuk mendapat hasil yang maksimal, kebutuhan baterai 12 x 2 = 24 pcs.
6	Tentukan kapasitas inverter yang dilihat dari beban maksimum saat semua alat digunakan bersamaan (peak load).	5 buah lampu (20 Watt) dan 1 buah TV (80 Watt) jika dinyalakan bersamaan semua menghasilkan 180 Watt. Dengan demikian, diperlukan inverter minimal berkapasitas 200-300 Watt (tergantung yang ada di pasaran).

7	Sebelum menentukan SCC ( <i>Sollar Charge Controler</i> ) pahami dahulu spesifikasi pada panel surya. Isc ( <i>short circuit current</i> ) = 6A. Selanjutnya, kalikan Isc dengan jumlah panel surya.	Daya SCC = Isc x Jumlah Panel Surya = 6 x 10 pcs = 60 A Jadi, minimal SCC memiliki daya 60 A.
---	---	--

### 3.1.3 Praktek Instalasi

Sebelum melakukan praktek instalasi, maka peserta dikenalkan terlebih dahulu komponen instalasi panel surya. Instalasi panel surya ditunjukkan pada Gambar 2. Pengenalan dan fungsi komponen ditunjukkan pada Tabel 5. Kegiatan instalasi mengikuti prosedur pada modul praktikum yang diberikan.



Gambar 2 Instalasi panel surya

Tabel 5. Fungsi komponen instalasi PLTS

Komponen	Fungsi
 Panel surya/solar cell	Panel surya menghasilkan energi listrik dari energi matahari
 Charge controller	digunakan untuk mengatur pengaturan pengisian baterai
 Bateray	Baterai, adalah perangkat kimia untuk menyimpan tenaga listrik dari tenaga surya. Tanpa baterai, energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari.
 Inverter	Inverter, adalah perangkat elektrik yang mengkonversikan tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak balik (AC)
 Saklar dan fitting lampu	Saklar adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk penyambung atau pemutus aliran listrik. Fitting merupakan alat untuk menghubungkan lampu dengan jaringan listrik secara aman.



	Sebagai beban pada instalasi PLTS
	Penghubung instalasi

Pada praktek instalasi juga dilakukan pengujian *trouble shooting*. Voltmeter disusun secara paralel terhadap objek yang diukur pada sebuah rangkaian. Penggunaan ampere meter adalah dengan memasangnya secara seri atau dipasang berderet dengan memotong penghantar. Pelatihan teknik *trouble shooting* dilakukan dengan cara memutus kabel pada rangkaian yang sudah jadi, kemudian peserta mencari posisi kabel yang putus menggunakan ohm meter [7].

Penerapan keselamatan kerja dengan memastikan sambungan kabel dan pipa telah tertutup dengan isolasi agar aman saat listrik dialirkan oleh instruktur dan peserta. Bekerja dengan alat bertenaga listrik atau instalasinya terdapat bahaya, terutama sengatan arus listrik [8].



Gambar 3. Pengenalan alat dan perakitan instalasi PLTS

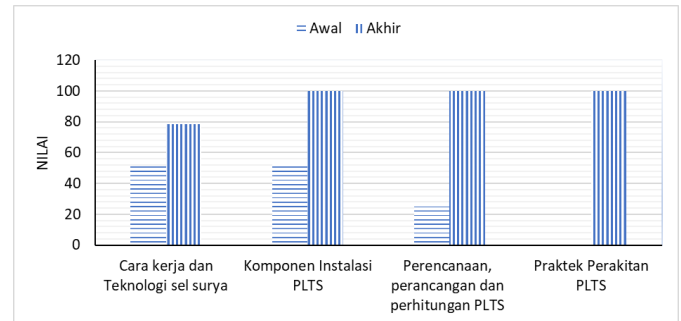
### 3.2 Hasil Evaluasi

Evaluasi kemampuan awal dan akhir peserta dilaksanakan untuk melihat kemampuan peserta pelatihan terhadap pengetahuan yang berkenaan dengan teknologi PLTS. Evaluasi dilakukan dengan memberikan pre-test berupa pertanyaan tentang pemahaman teknologi PLTS dan post-test ditambah uji praktek. Tingkat pendidikan peserta pelatihan adalah SMK kelas X dan X. Hasil evaluasi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil evaluasi pelatihan pengenalan teknologi PLTS

No	Nama	Cara kerja dan Teknologi sel surya		Komponen Instalasi PLTS		Perencanaan, perancangan dan perhitungan PLTS		Praktek Perakitan PLTS		Nilai Akhir Pelatihan	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Test	Awal	Akhir	
1	Sadi	50	80	50	100	25	100	100	42	97	
2	M. Al Qassar	50	80	60	100	25	100	100	45	97	
3	M. Kharizal	60	80	50	100	25	100	100	45	97	
4	Riski Maulana	50	70	50	100	25	75	100	42	91	
5	M. Syamsi Dita Ulihan	50	80	60	100	25	100	100	45	97	
6	Raihan Saputra	50	80	50	100	25	75	100	42	93	
Rata-rata		52	78	53	100	25	92	100	43	95	

Kemampuan awal peserta pada istilah kelistrikan sudah cukup memadai. Peserta belum pernah melakukan instalasi PLTS dan kurang mengerti istilah dalam PLTS. Pada akhir kegiatan peserta sudah berhasil merancang dan perhitungan PLTS dan berhasil memasang instalasi PLTS. Tidak ada kendala yang berarti selama kegiatan dilaksanakan. Hasil penilaian peserta pada rata-rata nilai akhir teori dan praktek adalah 95 masuk dalam kategori tinggi. Pada kategori praktek peserta mengulang jika belum berhasil 100%. Perkembangan hasil evaluasi pengetahuan peserta ditunjukkan pada Gambar 4. Kemampuan akhir peserta dievaluasi melalui posttest dan uji praktek sebagai indikator keberhasilan pelatihan instalasi PLTS.



Gambar 4. Perkembangan hasil evaluasi pengetahuan peserta  
Terjadi peningkatan kemampuan peserta berdasarkan hasil test yang diperoleh. Peningkatan kemampuan ini dinyatakan dengan N-Gain score pada Persamaan 1. Angka N-Gain score dijadikan sebagai dasar penentuan sejauh mana keefektifan pembelajaran yang dilakukan [2]. Secara keseluruhan kegiatan pelatihan instalasi PLTS dinilai efektif yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. N-gain score rata-rata peserta pelatihan

Materi	Nilai Akhir Pelatihan		N-Gain score	N-Gain score (%)	Tafsiran gain score
	Awal	Akhir			
Cara kerja dan Teknologi sel surya	52	89	0,78	77,59	Efektif
Komponen Instalasi PLTS	53	100	1,00	100,00	Efektif
Perencanaan, perancangan dan perhitungan PLTS	25	96	0,94	94,44	Efektif
Rata-rata	43	95	0,91	91	Efektif

Secara umum pada awalnya peserta telah mengetahui tentang teknologi PLTS tetapi sangat kurang pada perencanaan dan perhitungan PLTS. Setelah pelatihan kemampuan peserta meningkat dengan memperoleh nilai *post-test* kategori tinggi. Adapun praktek instalasi PLTS merupakan hal baru bagi peserta. Setelah mengikuti pelatihan kemampuan peserta meningkat dengan kategori kemampuan sangat baik. Berdasarkan hasil evaluasi dinyatakan peserta mampu untuk melakukan perhitungan kebutuhan daya dan komponen PLTS serta mampu melakukan instalasi PLTS. Kemampuan ini dapat menjadi pengetahuan dasar bagi mereka untuk melanjutkan ke uji kompetensi tersertifikasi. Kegiatan pelatihan ini dinilai efektif dengan ditunjukkan berdasarkan hasil capaian persentase N-Gain score rata-rata sebesar 91%. Melalui kegiatan PKM PNL ini terjadi

peningkatan kompetensi siswa bidang instalasi PLTS yang diharapkan dapat memberikan wawasan baru kepada siswa dan berpeluang sebagai wira usaha.

Pada akhir kegiatan, tim PKM memberikan satu set unit PLTS *off-grid* dan modul ajar (Gambar 5). Perangkat ini dapat dimanfaatkan sebagai bagian proses pembelajaran dan para siswa sehingga dapat melakukan kegiatan praktikum terkait materi energi listrik dari sinar matahari.



Gambar 5. Penyerahan modul instalasi PLTS

Tim PKM PNL melakukan penilaian terhadap keterlibatan para peserta pada setiap tahapan pelaksanaan pengabdian. Peserta sangat antusias dalam mengikuti kegiatan penyuluhan hal ini ditunjukkan dengan intensitas pertanyaan yang diajukan atas materi yang disampaikan beserta keinginan dan harapan dari para peserta untuk diadakannya event lanjutan dari kegiatan tentang teknologi dan instalasi PLTS. Indikator keberhasilan selama proses pelatihan dilakukan juga evaluasi dan monitoring dari P3M PNL menyatakan bahwa kegiatan ini telah terselenggara dengan baik dan lancar.

#### IV. KESIMPULAN

Peningkatan kemampuan siswa kategori tinggi dengan capaian N-Gain rata-rata sebesar 91%. Berdasarkan capaian ini, maka metode penyampaian materi pelatihan instalasi PLTS yang diterapkan dinyatakan efektif. Luaran yang dicapai adalah peningkatan kompetensi siswa tentang PLTS,

prosiding dan jurnal nasional, video kegiatan dan satu buah modul ajar PLTS. Dengan pelaksanaan kegiatan Tim PKM PNL terkait energi listrik murah dan ramah lingkungan, diharapkan siswa termotivasi untuk dapat berkreasi dalam upaya mewujudkan kreativitas mereka terutama dalam perancangan produk yang memanfaatkan energi matahari sehingga meningkatkan keterampilan hidup kepada siswa dan memiliki potensi sebagai wira usaha.

#### REFERENSI

- [1] C. Christiono, S. Samsurizal, R. Pratama, T. Ratnasari, and M. Fikri, "Penyuluhan Pemanfaatan Energi Terbarukan (PLTS) di SMP IT Almaka Jakarta," *TERANG*, vol. 2, no. 1, pp. 10-15, 2019, doi: 10.33322/terang.v2i1.479.
- [2] S. Rosyad, M. Diantoro, and S. Kusairi, "Pengaruh Scientific Approach Berbantuan Penilaian Formatif terhadap Motivasi Belajar dan Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas XI Perempuan pada Materi Elastisitas," *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, vol. 5, no. 10, pp. 1480-1484, 2021.
- [3] Nazaruddin, Mahalla, Fauzi, S. Maimun, and S. A. Said Abubakar, "Reliability Analysis of 20 KV Electric Power Distribution System," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 854, no. 1: IOP Publishing.
- [4] M. Bachtiar, "Prosedur perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk perumahan (solar home system)," *SMARTek*, vol. 4, no. 3, 2006.
- [5] J. M. Tambunan, T. J. Pramono, M. B. Sitorus, H. Aziz, S. Yayi, and I. Pawenary, "Aplikasi Lampu Penerangan Rumah Tinggal Sederhana (Solar Home System) Berbasis Tenaga Surya Di SMA Pancaran Berkat Jakarta Barat," *TERANG*, vol. 2, no. 2, pp. 117-125, 2020.
- [6] Mukhamad Khumaidi Usman and S. S. B. Syarifudin, "Upaya Peningkatan Pengetahuan Energi Terbarukan Di SMK Ma'arif NU Talang Kota Tegal," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bumi Rafflesia*, vol. 3, no. 2, 2020.
- [7] G. Gunawan, F. Fauzi, D. Darmein, R. Syahputra, and S. Amra, "Pemasangan Instalasi Listrik Di UD. Cendana Aceh Natural Soap Desa Menasah Mee Kecamatan Kecamatan Muara Dua Kota Lhokseumawe Propinsi Aceh," in *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2021, vol. 5, no. 1, pp. 167-170.
- [8] G. Gunawan, R. Rahmawati, R. Syahputra, S. Supardin, and S. Amra, "Pelatihan Pemasangan Instalasi Listrik Bagi Santri Dayah Arraudhah Tahfiz Alquran Kota Lhokseumawe," in *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2020, vol. 4, no. 1, pp. 176-181.