

Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 200 Wp kepada Siswa SMA Negeri 1 Pariangan Kabupaten Tanah Datar

Mirzazoni^{1*}, Hidayat², dan Yani Ridal³

Program Studi Teknik, Elektro Universitas Bung Hatta^{1,2,3}

*e-mail: mirzazoni@bunghatta.ac.id

ABSTRACT

The Solar Power Plant (PLTS) introduction program with a capacity of 200 Wp, conducted by the Electrical Engineering Study Program of Universitas Bung Hatta, was aimed at the SMA Negeri 1 Pariangan students in Tanah Datar Regency. The main goal of this program was to enhance students' understanding and awareness of renewable energy. The program consisted of preparation and implementation, which included delivering the material and direct demonstrations. According to the initial questionnaire results, students' average knowledge was 62, which significantly increased to 77 after the material was presented. This indicates that the program was effective in broadening students' knowledge. Additionally, the PLTS demonstration revealed a high interest among students in the use of renewable energy. In the demonstration, PLTS 1 successfully powered an AC load of 37 W and a DC load of 87 W, while PLTS 2 powered an AC load of 35 W and a DC load of 89 W. The program succeeded not only in enhancing students' theoretical knowledge but also in providing practical experience with renewable energy technology, thereby offering valuable insights and motivating students to further explore the field of renewable energy.

Keywords: solar power plant, renewable energy, solar panels.

ABSTRAK

Program pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan kapasitas 200 Wp, yang dilakukan oleh Program Studi Teknik Elektro Universitas Bung Hatta, ditujukan kepada para siswa di SMA Negeri 1 Pariangan, Kabupaten Tanah Datar. Tujuan utama dari program ini adalah untuk meningkatkan pemahaman dan kesadaran siswa mengenai energi terbarukan. Kegiatan ini terdiri dari dua tahap, yaitu persiapan dan pelaksanaan, yang mencakup penyampaian materi dan demonstrasi langsung. Berdasarkan hasil kuesioner awal, rata-rata pengetahuan siswa berada di angka 62, yang kemudian meningkat signifikan menjadi 77 setelah mengikuti sesi pemberian materi. Hal ini menunjukkan bahwa program tersebut efektif dalam memperluas wawasan siswa. Selain itu, demonstrasi PLTS mengungkapkan tingginya minat siswa terhadap penggunaan energi terbarukan. Dalam demonstrasi tersebut, PLTS 1 mampu menyalakan beban AC sebesar 37 W dan beban DC sebesar 87 W, sementara PLTS 2 mampu menyalakan beban AC sebesar 35 W dan beban DC sebesar 89 W. Program ini berhasil tidak hanya dalam meningkatkan pengetahuan teoritis siswa tetapi juga memberikan pengalaman praktis dalam penggunaan teknologi energi terbarukan, sehingga memberikan wawasan yang berharga dan memotivasi siswa untuk lebih jauh mengeksplorasi bidang energi terbarukan.

Kata kunci: pembangkit listrik tenaga surya, energi terbarukan, panel surya.

PENDAHULUAN

Energi terbarukan menjadi prioritas utama karena meningkatnya permintaan listrik, krisis energi global, kerusakan lingkungan, harga bahan bakar fosil yang tinggi, dan perubahan iklim [1], [2]. Indonesia berada di garis khatulistiwa, sehingga mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun. Secara keseluruhan, Indonesia mampu menerima energi matahari hingga 4,8 kWh/m² per hari [3], [4]. Energi surya semakin populer karena memiliki energi yang berlimpah, tak terbatas dan ramah lingkungan [5]. Hal tersebut menjadi dasar untuk memanfaatkan energi matahari yang ramah lingkungan sebagai bagian dari upaya mengoptimalkan penggunaan sumber

energi terbarukan melalui pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) [6], [7]. Meskipun biaya investasi yang tinggi dan efisiensinya yang terbatas [8], [9]. Penggunaan energi matahari untuk pembangkitan listrik diperkirakan akan meningkat sebesar 18% dari tahun 2013 hingga 2050 [10], [11].

SMA Negeri 1 Pariangan merupakan sebuah sekolah menengah atas yang terletak di Kecamatan Pariangan, Kabupaten Tanah Datar. Sekolah ini memiliki 587 siswa, terdiri dari 266 siswa laki-laki dan 321 siswa perempuan, serta terbagi dalam 18 rombongan belajar (rombel). Beralamat di Jalan Ujung Gantiang Simabur, Kecamatan Pariangan, SMA Negeri 1 Pariangan memiliki 43 guru dan telah mendapatkan akreditasi A dari Badan Akreditasi Nasional Sekolah/Madrasah (BAN S/M). Sarana dan prasarana di SMA Negeri 1 Pariangan mencakup 26 ruang kelas, 2 laboratorium, 1 perpustakaan, ruang piket, kantor, ruang guru, dan fasilitas sanitasi. Sekolah ini berdiri di atas lahan seluas 1 hektar. SMA Negeri 1 Pariangan mendapatkan sumber tenaga listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan daya sebesar 25.300 Watt [12]. Energi listrik digunakan untuk mendukung kegiatan proses belajar mengajar, penerangan di seluruh area sekolah, serta kebutuhan listrik di kelas, laboratorium, dan perpustakaan.

Berdasarkan data, sekolah ini hanya menggunakan listrik dari PT PLN sebagai sumber energi utama, sehingga pasokan listrik akan terhenti jika terjadi gangguan pada jaringan PLN. Pemadaman listrik saat ini mengganggu aktivitas belajar mengajar. Permasalahan lainnya adalah penggunaan kendaraan berbahan bakar fosil oleh siswa dan guru sebagai alat transportasi ke sekolah, yaitu dengan Bahan Bakar Minyak (BBM). BBM merupakan sumber utama polusi dan pencemaran udara [13]. Mengingat sumber energi fosil sudah sangat berkurang dan diperkirakan akan habis dalam 50 tahun mendatang [14]. Permasalahan yang dihadapi oleh SMA Negeri 1 Pariangan adalah belum ditemukannya cara alternatif untuk mengurangi dampak dari terganggunya aktivitas pembelajaran akibat hanya menggunakan sumber energi listrik PT. PLN dan langkah pengurangan polusi udara akibat penggunaan BBM.

Menanggapi masalah tersebut, tujuan tim pengabdian kepada masyarakat (PKM) Prodi Teknik Elektro Universitas Bung Hatta memberikan pengenalan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai salah satu sumber energi baru terbarukan kepada siswa dan guru SMA Negeri 1 Pariangan. Selain pengenalan PLTS tim PKM juga akan mendemonstrasikan pemasangan dan penggunaan PLTS kepada siswa dan guru SMA Negeri 1 Pariangan. Teknologi PLTS dipilih karena kondisi iklim di Indonesia khususnya daerah Pariangan berada didekat garis khatulistiwa [3], [4], sehingga memiliki potensi untuk menggunakan teknologi PLTS. Berdasarkan tanah yang dimiliki SMA Negeri 1 Pariangan sangat memungkinkan untuk dilakukan penerapan teknologi PLTS, serta masih lambatnya perkembangan teknologi PLTS di Indonesia akibat kurangnya sosialisasi kepada masyarakat tentang teknologi PLTS sehingga masih masyarakat masih merasa asing dengan PLTS.

Hasil yang diharapkan adalah terciptanya langkah awal pengenalan dan pengembangan teknologi PLTS dan energi terbarukan kepada masyarakat sehingga teknologi PLTS ini tidak terasa asing lagi bagi masyarakat serta menumbuhkan minat dan kesadaran mereka terhadap pentingnya energi terbarukan untuk kehidupan masa depan. Demikian juga memberikan solusi salah satu solusi alternatif untuk mengurangi dampak akibat pemadaman listrik PT.PLN karena ada teknologi PLTS sebagai energi listrik cadangan serta langkah awal untuk mengurangi polusi udara akibat bahan bakar fosil.

TINJAUAN PUSTAKA

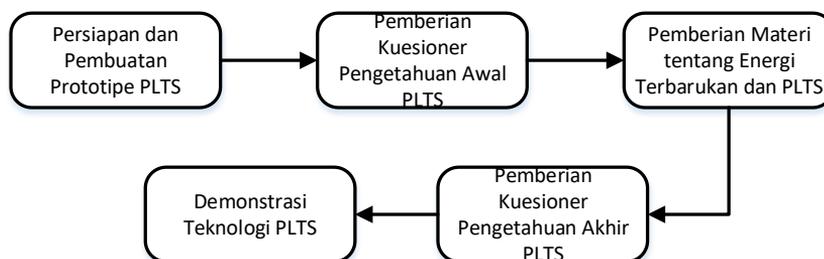
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem yang memanfaatkan prinsip efek *Photovoltaic* untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik [15] *Photovoltaic* adalah fenomena fisika yang terjadi pada permukaan sel surya ketika terkena

cahaya matahari. Cahaya yang diterima oleh sel surya diubah menjadi energi listrik karena energi foton dalam cahaya membebaskan elektron-elektron, yang kemudian mengalir melalui sambungan semikonduktor dan menghasilkan arus listrik. Teknologi *Photovoltaic*, yang menggunakan semikonduktor seperti silikon, telah berkembang pesat secara global. Teknologi ini menyediakan sumber energi terbarukan dengan dampak yang kecil terhadap lingkungan serta berkelanjutan [16], [17]. Kemajuan teknologi pada sistem panel surya telah mendorong integrasi yang luas di sektor perumahan, komersial, dan industri. Ini meningkatkan efisiensi energi dan mendukung masa depan energi yang lebih berkelanjutan [18].

Teknologi PLTS menggunakan modul surya sebagai komponen utama untuk memanfaatkan energi cahaya matahari. Modul surya terdiri dari 3 jenis utama seperti, Monokristal (*Mono-crystalline*), Polikristal (*Poly-Crystalline*) dan *Thin Film Photovoltaic*[19]. Ketiga jenis modul surya tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing – masing. Monokristal (*Mono-crystalline*) adalah panel surya paling efisien, terbuat dari silikon kristalin tunggal dengan efisiensi yang tinggi, ideal untuk lokasi ekstrem namun menurun drastis dalam kondisi cahaya yang kurang [20], [21]. Polikristal (*Poly-Crystalline*) menggunakan silikon kristalin acak, lebih ekonomis tetapi kurang efisien dan memerlukan tempat yang lebih luas dibandingkan monokristal [22], [23]. Sementara itu *Thin Film Photovoltaic*, dengan bahan seperti mikrokristal silikon dan kadmium tellurida, dan memerlukan ruang lebih besar. Inovasi *Triple Junction Photovoltaic* meningkatkan efisiensi lebih tinggi dalam kondisi cuaca berawan, efektif untuk pencahayaan rendah [24], [25].

METODE

Kegiatan pengabdian dirancang untuk mengatasi masalah yang dihadapi mitra. Solusi yang diterapkan meliputi pengenalan, pemberian materi, evaluasi pengetahuan dan demonstrasi teknologi PLTS kepada siswa dan siswi SMA Negeri 1 Pariangan. Pelaksanaan pengabdian masyarakat terdiri dari 2 tahapan yaitu tahap persiapan dan tahap pelaksanaan. Mengikuti tahapan yang diilustrasikan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahap pelaksanaan PKM

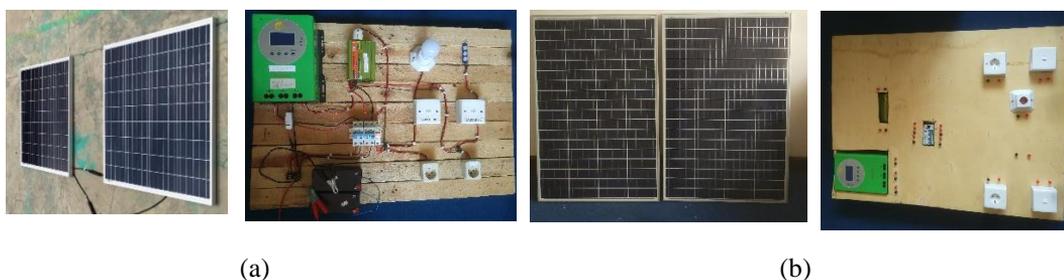
Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, tim PKM Prodi Teknik Elektro dengan teliti mempersiapkan dua unit prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Setiap prototipe ini dirancang menggunakan dua unit modul surya tipe *Poly-Crystalline* yang berfungsi sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik. Pembuatan dan persiapan prototipe yang akan didemonstrasikan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan dan persiapan prototipe PLTS

Modul surya yang dipilih masing-masing memiliki kapasitas 100 Wp, sehingga setiap unit prototipe akan mendapatkan suplai energi listrik dengan kapasitas total 200 Wp. Kapasitas ini diharapkan cukup untuk mendemonstrasikan kemampuan sistem dalam mengkonversi energi matahari menjadi listrik secara efisien dan stabil.



(a)

(b)

Gambar 3. a) PLTS 1, b) PLTS 2

Pada gambar 3 dapat dilihat rancangan prototipe yang akan digunakan. Rancangan ini tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis, tetapi juga estetika dan kemudahan dalam instalasi serta pemeliharaan. Dengan demikian, diharapkan prototipe PLTS ini dapat menjadi contoh model yang efektif untuk pengembangan sistem energi terbarukan PLTS.

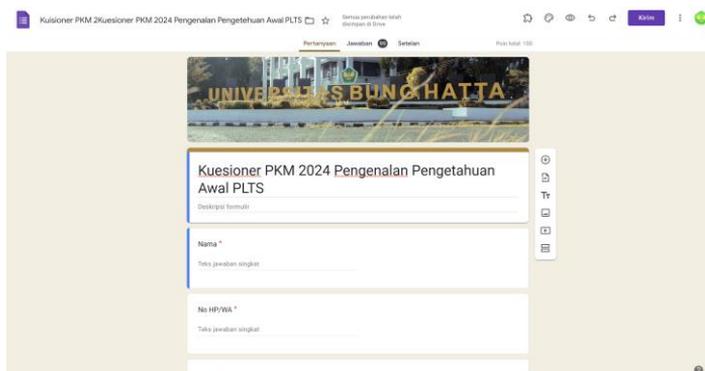
Demonstrasi pengenalan PLTS tidak hanya menggunakan modul surya saja, tetapi juga dilengkapi dengan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) 60 A yang bertujuan untuk mengoptimalkan output daya dari panel surya dengan menyesuaikan beban listrik, sehingga panel surya beroperasi pada titik daya maksimal [26], [27]. Prototipe ini juga dilengkapi oleh inverter 500 W sebagai pengubah arus listrik *Direct Current* (DC) menjadi arus listrik *Alternating Current* (AC) [28], sehingga energi listrik yang dihasilkan oleh prototipe ini bisa di uji menggunakan beban AC dan DC. *Accu* 7,5 AH juga digunakan pada prototipe ini sebagai catu daya bagi MPPT dan penyimpanan energi listrik dari panel surya [29], [30]. Prototipe ini juga dilengkapi dengan *Miniatur Circuit Breaker* (MCB) sebagai pengaman bila terjadi gangguan, serta menggunakan beban AC dan DC seperti, kipas angin, lampu AC, lampu DC dan pompa air DC.

Pada tahap persiapan ini, tim PKM Prodi Teknik Elektro tidak hanya fokus pada pembuatan prototipe PLTS, tetapi juga mempersiapkan materi edukasi yang akan digunakan sebagai pembekalan sebelum demonstrasi. Materi ini dirancang khusus untuk dipresentasikan kepada siswa dan siswi SMA Negeri 1 Pariangan dengan tujuan meningkatkan pemahaman mereka tentang energi terbarukan, terutama PLTS. Sebelum materi dan demonstrasi disampaikan, siswa dan siswi akan diberikan kuesioner untuk mengukur pengetahuan awal mereka tentang PLTS. Langkah ini penting untuk mengetahui sejauh mana pemahaman mereka tentang konsep dan aplikasi energi terbarukan. Dengan pendekatan ini, diharapkan siswa-siswi tidak hanya mendapatkan pengetahuan teoritis tetapi juga pemahaman praktis tentang PLTS

melalui demonstrasi langsung. Hal ini bertujuan untuk menumbuhkan minat dan kesadaran mereka terhadap pentingnya energi terbarukan dalam kehidupan sehari-hari dan masa depan.

Tahap Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan ini, tim PKM Prodi Teknik Elektro melakukan kunjungan langsung ke SMA Negeri 1 Pariangan untuk melaksanakan pengenalan, evaluasi, dan demonstrasi PLTS kepada siswa dan guru. Kunjungan ini berlangsung selama satu hari, di mana berbagai kegiatan dilakukan untuk menambah pengetahuan dan minat peserta mengenai energi terbarukan. Sebelum kunjungan, tim PKM Prodi Teknik Elektro telah mengedarkan kuesioner pengetahuan awal mengenai PLTS menggunakan Google Form. Kuesioner ini tersedia untuk diisi oleh siswa dari pukul 17.00 hingga pukul 21.00, dengan tujuan mengukur tingkat pemahaman mereka sebelum menerima materi dan mengikuti demonstrasi. Berikut adalah kuesioner pengetahuan awal PLTS yang dapat dilihat pada gambar 4.



The image shows a screenshot of a Google Form titled "Kuesioner PKM 2024 Pengenalan Pengetahuan Awal PLTS" from Universitas Bung Hatta. The form is displayed on a mobile device. It includes a header with the university's name and logo, and a main title. Below the title, there are two input fields: "Nama *" and "No HP/WA *", both with a "Tidak jawaban singkat" (Short answer) label. The form is set to "Formulir" (Form) and has a "Pilih hasil: 1/0" option.

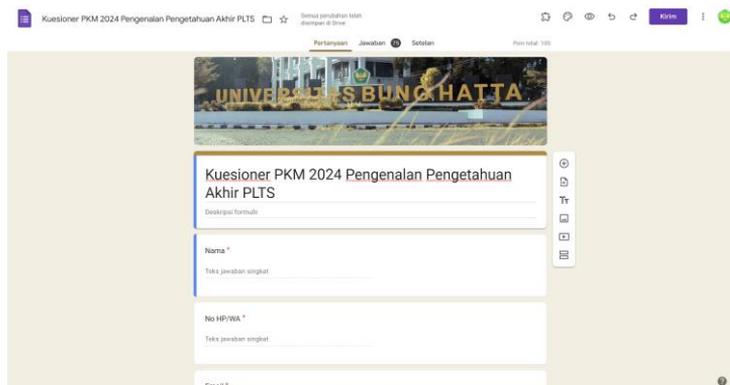
Gambar 4. Kuesioner pengetahuan awal PLTS

Setelah mengedarkan kuesioner awal, tim PKM Prodi Teknik Elektro melanjutkan dengan kunjungan ke SMA Negeri 1 Pariangan pada hari berikutnya. Selama kunjungan tersebut, tim memberikan pembekalan mengenai energi terbarukan PLTS dengan kapasitas 200 Wp. Pembekalan ini dihadiri oleh total 110 siswa dan siswi dari SMA Negeri 1 Pariangan.



Gambar 5. Pembekalan tentang PLTS

Sebagai bagian dari tahap evaluasi, siswa dan siswi akan diberikan kuesioner pengetahuan akhir tentang PLTS, kuesioner ini diberi waktu 15 menit untuk menjawab semua pertanyaan. Kuesioner ini dirancang untuk menilai pemahaman mereka setelah menerima pembekalan dan mengikuti demonstrasi tentang energi terbarukan PLTS dengan kapasitas 200 Wp. Hasil dari kuesioner ini akan digunakan untuk menilai sejauh mana materi yang disampaikan telah dipahami dan diterima oleh peserta.



Gambar 6. Kuesioner pengetahuan akhir PLTS

Setelah mengumpulkan hasil dari kuesioner akhir, tim PKM Prodi Teknik Elektro melanjutkan kegiatan dengan melakukan demonstrasi menggunakan dua unit prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dalam demonstrasi ini, 110 siswa dan siswi dibagi menjadi dua kelompok untuk memfasilitasi pembelajaran yang lebih interaktif dan mendalam.



Gambar 7. Persiapan dan merangkai PLTS

Setiap kelompok mendapatkan kesempatan secara bergantian untuk melakukan pengenalan dan diskusi mendetail tentang berbagai komponen yang digunakan dalam sistem PLTS. Tim menjelaskan fungsi masing-masing komponen, bagaimana mereka berfungsi bersama-sama, dan bagaimana sistem PLTS secara keseluruhan mengkonversi energi matahari menjadi listrik. Sebagai bagian dari pengujian PLTS, tim PKM Prodi Teknik Elektro menggunakan beban AC dan DC untuk menguji pemanfaatan sumber energi listrik dari PLTS. Beban listrik yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Beban listrik PLTS

No.	PLTS 1		PLTS 2	
	Beban AC	Beban DC	Beban AC	Beban DC
1	Lampu 12 W	Lampu 3 W	Lampu 10 W	Lampu 5 W
2	Kipas Angin 25 W	Pompa 84 W	Kipas Angin 25 W	Pompa 84 W
Total	37 W	87 W	35 W	89 W

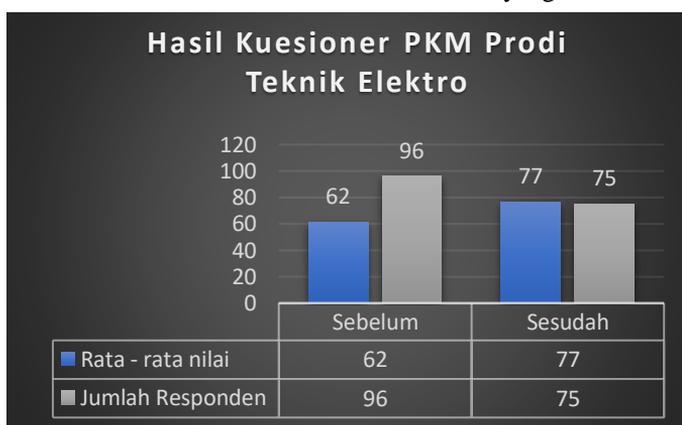
Evaluasi kegiatan PKM terdiri dari 2 evaluasi yaitu evaluasi wawasan peserta PKM SMA Negeri 1 Pariangan dan evaluasi uji menyalakan beban berdasarkan data beban listrik tabel 1. Evaluasi pertama dilakukan dengan cara membandingkan rata – rata nilai yang didapatkan oleh siswa melalui pembagian kuesioner sebelum dan setelah pembekalan tentang PLTS

kapasitas 200 Wp. Evaluasi kedua dilakukan dengan menyalakan beban Listrik dengan sumber energi listrik dari panel surya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan PKM Prodi Teknik Elektro mengenai pengenalan panel surya 200 Wp dimulai dengan tahap persiapan dan pembuatan prototipe PLTS. Prototipe ini dirancang untuk mempermudah peserta dalam memahami cara kerja sistem PLTS. Dalam kegiatan PKM ini, dua unit prototipe PLTS digunakan untuk memberikan penjelasan yang lebih jelas dan komprehensif tentang sistem PLTS. Demikian juga pemberian kuesioner pengetahuan awal PLTS diberikan satu hari sebelum pertemuan tatap muka.

Pada tanggal 27 Juli 2024, diadakan pertemuan tatap muka untuk pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan kapasitas 200 Wp. Acara ini dimulai dengan penyampaian materi edukatif yang komprehensif mengenai PLTS. Setelah sesi pemberian materi selesai, peserta diminta untuk mengisi kuesioner pengetahuan akhir tentang PLTS guna mengevaluasi pemahaman dan wawasan mereka terkait materi yang telah disampaikan.



Gambar 8. Hasil kuesioner PKM Prodi Teknik Elektro

Gambar 8 menunjukkan rata-rata nilai hasil responden peserta PKM di SMA Negeri 1 Pariangan. Sebelum materi diberikan, peserta mengisi kuesioner awal dengan jumlah responden sebanyak 96 orang, dan rata-rata nilai yang diperoleh adalah 62. Setelah pemberian materi, kuesioner evaluasi kembali dibagikan, kali ini dengan jumlah responden sebanyak 75 orang, dan rata-rata nilai meningkat menjadi 77.

Salah satu tantangan dalam pemberian kuesioner melalui Google Form adalah tidak semua peserta memiliki perangkat handphone untuk mengisi kuesioner tersebut saat tatap muka. Jumlah responden sebelum pemberian materi lebih banyak karena kuesioner diberikan setelah jam sekolah, sehingga peserta bisa meminjam perangkat orang tua atau saudara. Meskipun jumlah responden setelah pemberian materi lebih sedikit dibandingkan sebelumnya, rata-rata nilai kuesioner setelah pemberian materi mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa tujuan dari pemberian materi, yaitu menambah wawasan dan minat peserta PKM terhadap energi terbarukan PLTS, telah tercapai.

Setelah pemberian kuesioner pengetahuan akhir, tim PKM Prodi Teknik Elektro melaksanakan demonstrasi prototipe PLTS 200 Wp di lapangan SMA Negeri 1 Pariangan. Demonstrasi ini bertujuan untuk membuktikan bahwa energi cahaya matahari yang diserap di SMA Negeri 1 Pariangan mampu menyalakan beban listrik sebagaimana tercantum pada Tabel 1. Demonstrasi PLTS 200 Wp ini ditampilkan pada gambar 9.



Gambar 9. Uji nyala beban listrik pada PLTS 1 dan PLTS 2

Gambar 9 menampilkan demonstrasi dan diskusi komponen PLTS 200 Wp kepada peserta PKM di SMA Negeri 1 Pariangan. Sesi ini memperlihatkan tingginya minat peserta terhadap energi terbarukan PLTS, mengingat energi listrik yang dihasilkan dapat langsung digunakan dan tidak memerlukan banyak tempat.

Uji nyala pada PLTS 1, yang dilakukan di lapangan SMA Negeri 1 Pariangan, berhasil menyalakan total beban AC sebesar 37 W dan beban DC sebesar 87 W. Demikian pula, PLTS 2 berhasil menyalakan total beban AC sebesar 35 W dan beban DC sebesar 89 W. Hasil ini menunjukkan potensi besar dari energi cahaya matahari di SMA Negeri 1 Pariangan, serta keberhasilan demonstrasi tersebut dalam meningkatkan kesadaran dan minat peserta terhadap penggunaan energi terbarukan.

KESIMPULAN

Program PKM oleh Prodi Teknik Elektro dengan tema pengenalan PLTS 200 Wp di SMA Negeri 1 Pariangan telah dilaksanakan dengan lancar. PKM ini terdiri dari dua tahap, yaitu tahap persiapan dan tahap pelaksanaan. Sebelum materi diberikan, siswa mengisi kuesioner awal dengan nilai rata-rata 62. Setelah materi diberikan, nilai rata-rata meningkat secara signifikan menjadi 77. Peningkatan ini menunjukkan bahwa materi yang disampaikan efektif dalam meningkatkan pengetahuan siswa tentang energi terbarukan, khususnya PLTS.

Demonstrasi PLTS 200 Wp juga menunjukkan minat tinggi siswa terhadap energi terbarukan. PLTS 1 mampu menyalakan beban AC sebesar 37 W dan beban DC sebesar 87 W, sementara PLTS 2 dapat menyalakan beban AC sebesar 35 W dan beban DC sebesar 89 W. Keberhasilan ini membuktikan potensi besar energi matahari di SMA Negeri 1 Pariangan. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya meningkatkan pengetahuan siswa tetapi juga memberikan pengalaman langsung dalam menggunakan teknologi energi terbarukan, memberikan wawasan berharga dan memotivasi siswa untuk mengeksplorasi bidang ini lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Bung Hatta yang telah mendanai kegiatan PKM Prodi Teknik Elektro tahun 2024 tentang Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 200 Wp kepada Siswa SMA Negeri 1 Pariangan Kabupaten Tanah Datar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. I. Al-Amayreh and A. Alahmer, "On improving the efficiency of hybrid solar lighting and thermal system using dual-axis solar tracking system," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 841–847, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2021.11.080.

- [2] K. Krismadinata et al., “Photovoltaic Energy Harvesting with Static and Dynamic Solar Modules Employing IoT-Enabled Performance Monitoring,” *TEM Journal*, vol. 12, no. 3, pp. 1354–1363, Aug. 2023, doi: 10.18421/TEM123-15.
- [3] V. A. Kusuma, A. A. Firdaus, S. S. Suprpto, R. J. Yuniar, H. Trimulya, and Y. T. K. Priyanto, “Comparative analysis of single-axis solar tracker performance with and without reflector under various weather conditions,” *International Journal of Applied Power Engineering*, vol. 13, no. 2, pp. 328–334, Jun. 2024, doi: 10.11591/ijape.v13.i2.pp328-334.
- [4] M. A. Budiyanto and M. H. Lubis, “Physical reviews of solar radiation models for estimating global solar radiation in Indonesia,” *Energy Reports*, vol. 6, pp. 1206–1211, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.egy.2020.11.053.
- [5] H. Dinçer, S. Yüksel, T. Aksoy, Ü. Hacıoğlu, A. Mikhaylov, and G. Pinter, “Analysis of solar module alternatives for efficiency-based energy investments with hybrid 2-tuple IVIF modeling,” Nov. 01, 2023, Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.egy.2023.06.009.
- [6] K. P. Aprilianti, N. A. Baghta, D. R. Aryani, F. H. Jufri, and A. R. Utomo, “Potential assessment of solar power plant: A case study of a small island in Eastern Indonesia,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Nov. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/599/1/012026.
- [7] L. A. M. Sijabat and A. Mostavan, “Solar power plant in Indonesia: Economic, policy, and technological challenges to its development and deployment,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Jun. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/753/1/012003.
- [8] H. H. Pourasl, R. V. Barenji, and V. M. Khojastehnezhad, “Solar energy status in the world: A comprehensive review,” Nov. 01, 2023, Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.egy.2023.10.022.
- [9] P. Munanga, S. Chinguwa, and W. R. Nyemba, “Design for manufacture and assembly of an intelligent single axis solar tracking system,” in *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., 2020, pp. 571–576. doi: 10.1016/j.procir.2020.03.109.
- [10] D. F. Silalahi, A. Blakers, M. Stocks, B. Lu, C. Cheng, and L. Hayes, “Indonesia’s vast solar energy potential,” *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 17, Sep. 2021, doi: 10.3390/en14175424.
- [11] I. Barran and E. A. Setiawan, “PV Rooftop Repowering Potential in Indonesia: Study Case,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Mar. 2022. doi: 10.1088/1755-1315/997/1/012016.
- [12] Data Pokok SMAN 1 Pariangan. Link <https://dapo.kemdikbud.go.id/sekolah/E91112656C1653EBAAC6>
- [13] C. Alves and J. Sanjurjo-Sánchez, “Geological Materials as Sources of Rn Emissions,” *MDPI AG*, Jun. 2019, p. 17. doi: 10.3390/iecg2019-06193.
- [14] A. Sari, “Fossil Fuels,” in *Energy: Concepts and Applications*, Turkish Academy of Sciences, 2022, pp. 131–184. doi: 10.53478/TUBA.978-625-8352-00-9.ch03.
- [15] H. B. Nurjaman and T. Purnama, “Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga,” *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 6, pp. 136–142, 2022, [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>
- [16] M. O. Karağaç, A. Ergün, O. Arslan, and M. Kayfeci, “Introduction to solar panels,” *Handbook of Thermal Management Systems: E-Mobility and Other Energy Applications*, pp. 541–556, Jan. 2023, doi: 10.1016/B978-0-443-19017-9.00011-8.

- [17] S. Guo, H. Xiong, G. Xin, and Y. Shan, "Solar photovoltaics: Silicon cell principles, technology implementation, and future development," *Applied and Computational Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 778–786, Jul. 2023, doi: 10.54254/2755-2721/7/20230488.
- [18] Sanjay Kumar et al., "Development of advanced solar panel technologies in buildings – A review," *Acta Scientiarum Polonorum. Architectura*, vol. 23, pp. 79–93, Mar. 2024, doi: 10.22630/aspa.2024.23.6.
- [19] M. Saleh Al Amin, I. F. Kartika, and Y. Irwansi, "Penggunaan Panel Surya Sebagai Pembangkit Listrik Pada Alat Pengereng Makanan," vol. 7, no. 1, 2022, doi: 10.31851/ampere.
- [20] T. D. Awoyinka, T. W. David, T. E. Somefun, C. T. Somefun, and H. E. Orovwode, "I-V response test of 60–150 W mono-crystalline solar panel," *Front Energy Res*, vol. 12, 2024, doi: 10.3389/fenrg.2024.1375854.
- [21] J. Teknologi Reaktor Nuklir Tri Dasa Mega and S. Prayogi, "Gamma Radiation Effects on the Performance of Mono-crystalline Solar Cells," vol. 25, no. 1, pp. 9–14, 2023, doi: 10.55981/tadm.
- [22] D. Pan, T. Guo, and X. Chen, "Silicon-based solar cell: Materials, fabrication and applications," in *2021 International Symposium on Computer Technology and Information Science (ISCTIS)*, 2021, pp. 418–430. doi: 10.1109/ISCTIS51085.2021.00090.
- [23] S. Mil'shtein and D. Asthana, "Design of Heterostructure Solar Cell Using Non-crystalline a-Si/poly-Si," 2022, pp. 19–26. doi: 10.1007/978-3-030-93380-7_2.
- [24] B. Zaidi and C. Shekhar, *Thin Films Photovoltaics*. 2022. doi: 10.5772/intechopen.96073.
- [25] S. Dongaonkar and M. Alam, "A Shade Tolerant Panel Design for Thin Film Photovoltaics," *Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, Jun. 2012, doi: 10.1109/PVSC.2012.6318084.
- [26] K. Ullah, M. Ishaq, F. Tchier, H. Ahmad, and Z. Ahmad, "Fuzzy-based maximum power point tracking (MPPT) control system for photovoltaic power generation system," *Results in Engineering*, vol. 20, p. 101466, Dec. 2023, doi: 10.1016/J.RINENG.2023.101466.
- [27] M. Amin, R. Lestari, and A. Mulyadi, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) sebagai Pelacak Daya Puncak pada Panel Surya untuk Optimasi Pengisian Baterai," *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, vol. 8, pp. 56–58, Aug. 2022, doi: 10.19184/jaei.v8i2.32586.
- [28] R. A. Diantari, H. Suyanto, Erlina, and S. Hidayat, "Analysis Inverter of PLTS on Grid," in *2023 7th International Conference on Electronics, Materials Engineering and Nano-Technology, IEMENTech 2023*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023. doi: 10.1109/IEMENTech60402.2023.10423517.
- [29] A. Khasan, "SISTEM KENDALI PENGISIAN BATERAI PADA PLTS," *Jurnal SIMETRIS*, vol. 14, 2023, doi: <https://doi.org/10.24176/simet.v14i2.9983>.
- [30] A. Alensyah, N. Nehru, A. Manab, Y. R. Hais, D. Tessal, and W. Kurniawan, "Development of PLTS Trainers as Learning Media in the Energy Conversion Laboratory," *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 8, no. 1, p. 23, Jan. 2024, doi: 10.22373/crc.v8i1.19674.