



COMMUNITY ENGAGEMENT ARTICLE

Pembinaan Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Matahari bagi Santri Dayah Mini Banda Aceh

Rakhmad Syafutra Lubis ^{1*} | Suriadi ² | Mahdi Syukri ³ | Ramdhan Halid Siregar ⁴ | Masri ⁵ | Yuwaldi Away ⁶

^{1*5}Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

^{2,3,4,5}Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

Correspondence

^{1*} Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

Email: rakhmadslubis@usk.ac.id

Funding information

Universitas Syiah Kuala.

Abstract

Solar energy is a renewable energy source that has become increasingly popular in recent years as an electricity source. However, the availability of trained personnel to install rooftop solar panels is limited. This community service program was conducted to provide training in residential solar system installation for students from Dayah Mini Banda Aceh. The training took place in the Power Electronics and Renewable Energy Laboratory at Universitas Syiah Kuala, where theoretical training on renewable energy was combined with demonstrations of equipment and simulated installation practice. The modules included rail mounting, panel positioning, inverter connections, charge controller setup, and wiring in series and parallel. Students were guided by lecturers and assisted by engineering students who had already undergone training in this field. They exhibited great enthusiasm and completed all the stages of installation successfully. This program not only addresses the shortage of workers with such skills in the solar installation industry but also helps students from low-income families acquire these practical competencies that can lead to jobs or entrepreneurship within the ever-growing sector of renewable energy; thus reducing unemployment among their communities while supporting Indonesia's shift towards sustainable energy.

Keywords

Solar Energy; Installation Training; Residential Solar System; Skilled Workforce; Renewable Energy.

Abstrak

Energi surya merupakan sumber energi terbarukan yang semakin populer sebagai pembangkit listrik. Namun, ketersediaan tenaga terlatih untuk memasang panel surya atap masih terbatas. Program pengabdian masyarakat ini dilaksanakan untuk memberikan pelatihan pemasangan sistem surya rumah tangga kepada siswa Dayah Mini Banda Aceh. Pelatihan berlangsung di Laboratorium Elektronika Daya dan Energi Terbarukan Universitas Syiah Kuala, dengan menggabungkan pembelajaran teori tentang energi terbarukan, demonstrasi peralatan, dan praktik simulasi instalasi. Modul pelatihan mencakup pemasangan rel, penempatan panel, koneksi inverter, pengaturan charge controller, serta teknik pengkabelan seri dan paralel. Para peserta dibimbing oleh dosen dan dibantu mahasiswa teknik yang telah terlatih di bidang ini. Mereka menunjukkan antusiasme tinggi dan berhasil menyelesaikan seluruh tahapan instalasi. Program ini tidak hanya menjawab kekurangan tenaga terampil di industri instalasi surya, tetapi juga membantu siswa dari keluarga berpenghasilan rendah memperoleh keterampilan praktis yang dapat membuka peluang kerja atau wirausaha di sektor energi terbarukan yang terus berkembang, sehingga berkontribusi dalam mengurangi pengangguran dan mendukung transisi energi berkelanjutan di Indonesia.

Kata Kunci

Energi Surya; Pelatihan Instalasi; Sistem Surya Rumah Tangga; Tenaga Terampil; Energi Terbarukan.

1 | PENDAHULUAN

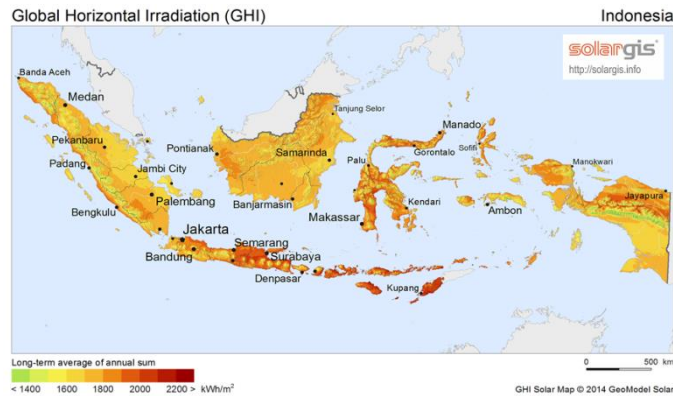
Transfer pengetahuan kepada masyarakat memerlukan metode pembelajaran yang tepat agar dapat dipahami dan diterapkan secara efektif. Santri pesantren atau dayah umumnya belum mendapatkan pembelajaran praktis di bidang rekayasa, sementara permintaan pasar terhadap tenaga kerja pemasangan panel surya terus meningkat. Kesenjangan antara kebutuhan pasar dan ketersediaan tenaga terampil menjadi peluang untuk mengembangkan program pelatihan yang dapat memberdayakan kelompok ini. Indonesia memiliki potensi energi surya sebesar 4,8 kWh/m² yang menjadikannya sumber energi listrik alternatif yang menjanjikan (Kumara, 2010). Potensi ini memungkinkan penyediaan tenaga listrik untuk berbagai fasilitas publik, termasuk Dayah Mini di Banda Aceh. Studi lapangan awal menunjukkan bahwa penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sangat bermanfaat dalam menghemat biaya listrik bulanan yang harus dibayarkan kepada PT PLN (Persero). Sebagian besar instalasi PLTS tidak dapat beroperasi secara optimal akibat kerusakan pada beberapa bagian seperti panel surya, sambungan, dan baterai. Kurangnya pengetahuan masyarakat tentang sistem PLTS dan cara memperbaikinya menyebabkan instalasi terbengkalai sehingga pengelola kembali bergantung pada listrik dari jaringan PLN sebagai sumber penerangan utama.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan program pengabdian kepada masyarakat dengan tujuan melatih santri Dayah Mini Banda Aceh agar memiliki keterampilan dalam instalasi PLTS. Pelatihan mencakup praktik pemasangan komponen sistem PLTS, termasuk pemasangan panel surya, pemilihan dan pemasangan inverter, serta perakitan rangkaian pengendali pengisian baterai. Dayah Mini Banda Aceh memiliki beberapa masalah yang perlu diperhatikan. Sebagian besar santri berasal dari keluarga berpenghasilan rendah sehingga kesulitan memenuhi kebutuhan sehari-hari. Meskipun santri menerima kiriman dana dari orang tua, jumlahnya tidak selalu mencukupi. Kondisi ekonomi ini mendorong kebutuhan pelatihan keterampilan teknis yang dapat meningkatkan kemandirian finansial bagi santri. Keterampilan instalasi PLTS dipilih karena beberapa pertimbangan: (1) permintaan pasar terhadap tenaga pemasang PLTS terus meningkat seiring berkembangnya adopsi energi terbarukan; (2) keterampilan ini relatif dapat dipelajari dalam waktu singkat dengan metode praktik yang tepat; dan (3) peluang berwirausaha dalam bidang instalasi dan pemeliharaan PLTS cukup terbuka. Setelah menyelesaikan pelatihan, santri diharapkan dapat bekerja sebagai teknisi instalasi PLTS atau mengembangkan usaha mandiri di bidang ini. Keterampilan yang diperoleh juga dapat digunakan ketika santri kembali ke daerah asal untuk mengembangkan wirausaha yang berpotensi menurunkan angka pengangguran lokal. Program pelatihan ini dirancang dengan tiga pendekatan utama untuk mengatasi permasalahan mitra. Pertama, peserta diberikan edukasi mengenai sistem instalasi listrik tenaga surya yang mencakup prinsip dasar fotovoltaiik, pengoperasian peralatan, dan prosedur pemeliharaan sistem kelistrikan energi terbarukan. Kedua, peserta mendapatkan pengalaman langsung melalui demonstrasi berbagai peralatan kelistrikan tenaga surya yang tersedia di lokasi pengabdian. Hal ini mencakup pengenalan jenis-jenis peralatan, prinsip kerja dasar, prosedur operasional, serta teknik pemeliharaan. Ketiga, peserta diberikan pemahaman tentang pentingnya menjaga kelestarian sumber energi serta kesadaran untuk menghemat energi listrik demi keberlanjutan di masa depan. Ketiga pendekatan tersebut dirancang secara terintegrasi agar peserta tidak hanya memiliki keterampilan teknis instalasi, tetapi juga pemahaman konseptual tentang sistem PLTS serta kesadaran akan pentingnya energi terbarukan dalam konteks pembangunan berkelanjutan.

2 | METODE

2.1 Konsep Tolong Diri (*Self-Help*)

Efek fotovoltaiik pertama kali diperkenalkan pada tahun 1839 oleh fisikawan Perancis Alexandre-Edmond Becquerel. Sel surya pertama kali dibuat pada tahun 1883 oleh Charles Fritts yang melingkupi semikonduktor selenium dengan lapisan emas sangat tipis untuk membentuk sambungan dengan efisiensi hanya 1%. Pada tahun 1941, Russell Ohl dari Bell Laboratory mengamati bahwa silikon polikristalin akan membentuk junction karena adanya efek segregasi pengotor yang terdapat pada leburan silikon. Jika berkas foton mengenai salah satu sisi junction, maka akan terbentuk beda potensial di antara junction dimana elektron dapat mengalir bebas. Penemuan Russell Ohl memiliki efisiensi 4%. Sejak saat itu, pengembangan panel surya yang memanfaatkan efek fotovoltaiik terus berkembang hingga saat ini (Widayana, 2012).

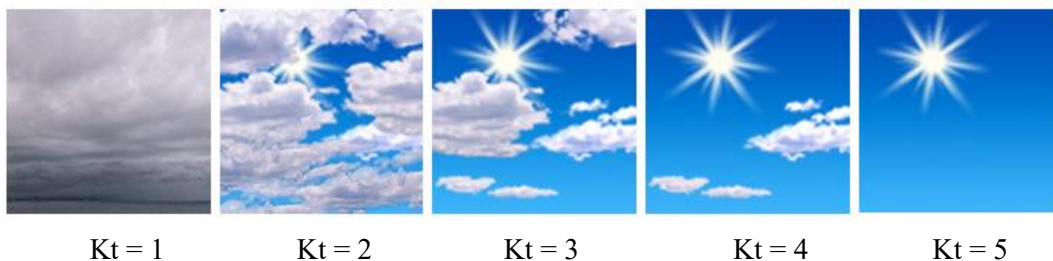


Gambar 1. Potensi Radiasi Matahari di Indonesia (Kumara, 2010)

Di Indonesia, pemerintah melalui kebijakan Menteri ESDM terus mengupayakan pertumbuhan energi terbarukan, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga surya. Sampai dengan tahun 2014, menurut data statistik PLN terdapat sebanyak 56 PLTS yang dibangun di Indonesia dengan energi yang dihasilkan baru sekitar 6,81 GWh atau 0,02% dari total energi yang dihasilkan seluruh model pembangkit. Menurut data Kementerian ESDM, rata-rata intensitas radiasi matahari di Indonesia berkisar antara 5,0–6,8 kWh/m² per hari (Kumara, 2010; Boedoyo, 2012). Ketidakseragaman sebaran intensitas radiasi matahari menuntut pengukuran intensitas radiasi matahari sebagai bagian dari studi potensi kebutuhan energi, sehingga pembangunan PLTS di suatu daerah dapat berfungsi maksimal. Berdasarkan lokasi pemasangannya, sistem PLTS dibagi menjadi dua jenis yaitu PLTS pola terpusat (*centralized PV plant*) dan PLTS pola tersebar (*distributed PV plant*).

2.2 Intensitas Radiasi Matahari

Intensitas radiasi matahari adalah besar sudut datang sinar matahari yang terpancarkan ke permukaan bumi. Sinar dengan sudut yang lebih miring akan memberikan energi yang lebih sedikit karena energi tersebut menyebar pada permukaan yang luas dan harus menembus lapisan atmosfer yang lebih jauh dibandingkan sinar yang tegak lurus. Besarnya radiasi matahari juga dipengaruhi oleh keadaan awan karena awan memantulkan radiasi matahari. Oleh karenanya, dibuat pengklasifikasian dampak awan terhadap indeks kecerahan langit atau yang disebut *Clearness Index* (Kt). Jika awan terlalu banyak dan menutupi matahari, maka nilai indeks Kt akan mendekati 0. Sebaliknya, jika awan hampir tidak ada yang menutupi matahari, maka nilai indeks Kt akan mendekati 5. Gambaran awan yang mewakili keadaan tiap indeks ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skala Indeks Kecerahan Langit

Intensitas radiasi matahari juga memiliki pengaruh terhadap suhu lingkungan serta kelembaban. Jika nilai intensitas radiasi matahari semakin tinggi, maka suhu lingkungan akan meningkat dan kelembaban akan berkurang. Sebaliknya, jika nilai intensitas radiasi matahari semakin rendah, maka suhu lingkungan akan menurun dan kelembaban akan semakin bertambah.

2.3 Sistem Fotovoltaik

Fotovoltaik atau yang biasa disingkat PV merupakan salah satu proses konversi energi listrik dari energi terbarukan, yaitu radiasi matahari. Fotovoltaik memanfaatkan efek fotovoltaik yang berupa elemen aktif semikonduktor (Widayana, 2012). Energi yang dihasilkan dari PV berupa listrik DC sehingga dibutuhkan inverter untuk mengubah listrik DC menjadi AC agar dapat digunakan oleh perangkat elektronik pada umumnya. Pembangkit listrik ini juga membutuhkan penyimpanan berupa baterai agar energi yang sudah dihasilkan tidak terbuang sia-sia dan dapat disimpan ketika

kebutuhan sudah terpenuhi (Alfanz *et al.*, 2015; Bachtiar & Syafik, 2016).



Gambar 3. Solar Field

2.4 Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan pengabdian dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan mitra dan mencapai target yang telah dijelaskan sebelumnya. Kegiatan pelatihan dirancang dengan pendekatan praktis berbasis kompetensi yang mengacu pada modul pelatihan standar (Masrianto, 2016; Rumokoy & Simanjuntak, 2016).

2.5 Penyediaan Peralatan

Peralatan pelatihan yang digunakan adalah alat praktik instalasi panel surya yang menyerupai kondisi sebenarnya. Alat pelatihan menggunakan komponen sebenarnya dengan tujuan agar peserta pelatihan melakukan instalasi pada kondisi yang mendekati lapangan sesungguhnya. Penggunaan alat pelatihan yang mempunyai kemiripan dengan kondisi sebenarnya dapat mempermudah pencapaian kompetensi tertentu (Ramadhani, 2018).

2.6 Tahapan Praktik Instalasi

Praktik instalasi dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis. Tahap pertama adalah pemasangan rel, yaitu tahap dimana rel dikaitkan dengan konstruksi rangka. Tahap ini bertujuan agar peserta pelatihan dapat melakukan proses pemasangan rel tempat dudukan panel surya. Latihan pemasangan rel sangat perlu dilakukan karena rel dudukan panel surya berfungsi untuk penopang panel surya yang akan diinstal. Rel harus terpasang dengan kokoh agar panel surya dapat diinstal dengan benar. Kerapihan pemasangan panel surya dimulai dari pemasangan rel tempat dudukan panel surya. Rel dudukan panel surya perlu diinstal dengan presisi agar posisi panel surya dapat terpasang sesuai dengan arah tegak lurus penyinaran matahari. Tahap kedua adalah pemasangan panel surya (PV) dengan posisi yang presisi. Pemasangan yang presisi akan mempengaruhi kinerja pengumpulan energi surya. Peserta pelatihan diminta memasang panel surya dengan kemiringan yang sesuai. Pemasangan panel surya dengan tingkat kerapihan yang baik tidak mudah karena tantangan kemiringan dan ketinggian tempat penginstalan menjadi penyebab sulitnya melakukan hal ini (Putra *et al.*, 2016). Tahap ketiga adalah pengkabelan yang dilakukan dengan menyambung satu panel surya dengan panel surya lainnya. Pengkabelan dilakukan dengan arah susunan seri dan paralel. Probe sambungan perlu dipastikan agar tersambung dengan cukup kencang antara satu dengan yang lain. Pengkabelan wajib terikat rapi dengan memperhatikan posisi kabel agar tidak terjadi gesekan antara kabel dengan benda lain (Ramadhani, 2018).

2.7 Partisipasi Mitra

Dalam proses persiapan pelatihan pembangkit listrik tenaga surya, mitra berbagi pengalaman tentang kondisi lapangan dan ketersediaan tenaga listrik selama ini. Kemudian bersama-sama membuat perencanaan ke depan mengenai pelatihan lanjutan dan pemanfaatan listrik tenaga surya. Hasil pelaksanaan diharapkan akan menjadi modal ilmu untuk persiapan ke arah wirausaha mandiri.

2.8 Evaluasi dan Keberlanjutan Program

Tim pengabdian membuat penilaian kerja mitra agar dapat memantau perkembangan pelaksanaan persiapan tenaga terampil pemasangan listrik tenaga surya. Untuk keberlanjutan program, diharapkan mitra dapat memasang dan merawat secara mandiri panel surya di tempat sendiri maupun di tempat pelanggannya.

3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.2 Hasil Pelaksanaan Kegiatan

Pelatihan pemasangan instalasi sistem listrik tenaga surya dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Daya dan Energi Terbarukan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh. Khalayak sasaran kegiatan adalah santri Dayah Mini Banda Aceh. Metode penyampaian kegiatan didahului dengan pemahaman teori tentang energi terbarukan, kemudian praktik dan tanya jawab. Kegiatan dibimbing oleh beberapa dosen yang memberikan penjelasan dan beberapa asisten yang membantu proses pelatihan.

3.1.3 Tahap Persiapan dan Registrasi

Dalam pelaksanaan kegiatan, peserta dibimbing oleh dosen teknik elektro yang membidangi sistem tenaga listrik, mesin-mesin listrik, dan energi terbarukan serta dibantu oleh mahasiswa yang sudah dilatih sebelumnya dalam penguasaan permasalahan. Sebelum memulai pelatihan, dosen pada Laboratorium Elektronika Daya dan Energi Terbarukan JTE&K Unsyiah mendata peserta (Gambar 4). Setelah mendata, dosen pembimbing memberikan pengarahan tentang pelaksanaan pelatihan, tata cara menggunakan peralatan laboratorium untuk keamanan peserta, serta etika dalam berinteraksi.



Gambar 4. Dosen pada Laboratorium Elektronika Daya dan Energi Terbarukan JTE&K Unsyiah mendata peserta sebelum memulai pelatihan

3.1.3 Tahap Pemahaman Teori

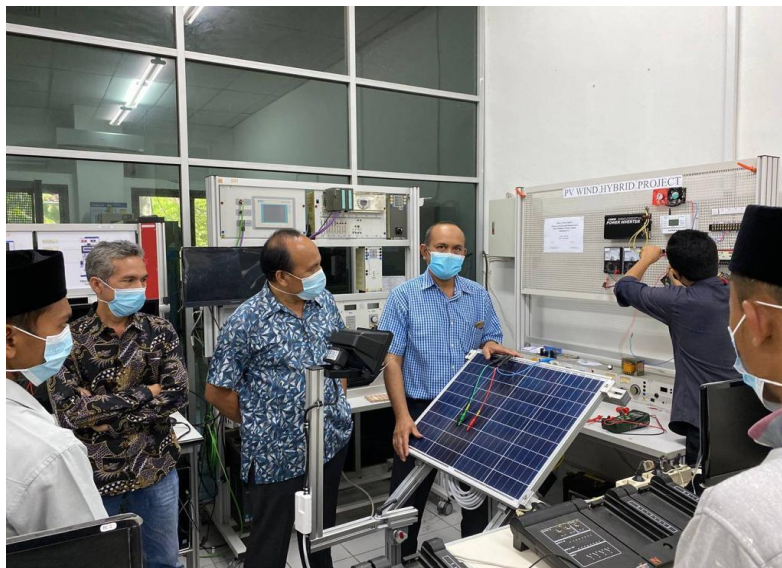
Sesuai dengan waktu yang telah disepakati, pelatihan dimulai dengan memberikan pemahaman teori dasar tentang energi terbarukan melalui penjelasan materi dan memberi kesempatan peserta untuk bertanya (Gambar 5). Peserta dapat bertanya tentang materi yang diberikan sehingga sudah lebih dulu memahami teori sebelum praktik pada tahap selanjutnya. Materi teori mencakup pengenalan energi terbarukan, memahami jenis-jenisnya, pengoperasian, dan beberapa hal yang perlu dipertimbangkan untuk pengembangan masa depan. Setelah mengikuti pemahaman teori, peserta diberikan waktu istirahat menikmati konsumsi yang disediakan sambil menunggu tahapan selanjutnya untuk masuk ke bagian praktik. Peserta mengikuti protokol kesehatan dan tidak terlalu ramai sehingga masing-masing mendapat kesempatan untuk berinteraksi dengan pembimbing.



Gambar 5. Dosen pada Laboratorium Elektronika Daya dan Energi Terbarukan JTE&K Unsyiah memberikan bimbingan teori tentang energi terbarukan

3.1.4 Tahap Praktik Instalasi

Pada tahapan berikutnya setelah pemahaman teori, peserta pelatihan secara tertib menempati ruangan praktik dan mengikuti arahan instruktur/asisten yang telah disiapkan. Peserta dalam kelompok mengikuti praktik tentang energi terbarukan, pemanfaatan, dan cara perawatannya. Peserta diperkenalkan dengan peralatan-peralatan energi terbarukan dan perawatan serta komponen-komponen utamanya (Gambar 6). Peserta diperagakan cara mengoperasikan fungsi-fungsi komponen dan diberi kesempatan untuk melakukan sendiri dalam bimbingan dosen/asisten laboratorium.



Gambar 6. Memberikan penjelasan terhadap peserta tentang peralatan-peralatan yang ada di laboratorium

Para peserta sangat antusias dalam memperhatikan peralatan instalasi tenaga surya karena merasa mendapat kesempatan untuk mengenali dengan jelas peralatan tersebut. Instruktur menjelaskan cara merangkai yang benar dari instalasi agar nantinya dihasilkan data pengukuran yang dapat dianalisis sesuai dengan kinerja PLTS yang sebenarnya. Peserta pelatihan mengikuti penjelasan dari instruktur tentang fungsi dan prinsip kerja pembangkitan tenaga listrik (Gambar 7).



Gambar 7. Peserta pelatihan mengikuti penjelasan dari instruktur tentang fungsi dan prinsip kerja pembangkitan tenaga listrik

Kinerja dari pembangkit tenaga listrik dapat dilihat dari data yang ditunjukkan oleh alat ukur. Sebelumnya diambil data berulang-ulang sampai didapatkan nilai yang stabil. Data ini nantinya akan dianalisis serta dibandingkan dengan teori yang sebelumnya dibahas melalui pengarahannya sehingga dapat dibuktikan kesesuaian antara teori yang dijelaskan melalui pemaparan awal dengan karakteristik modul pembangkit dari hasil percobaan. Peserta pelatihan mengikuti penjelasan dari instruktur tentang fungsi dan prinsip kerja modul surya yang dipasang di atap (Gambar 8). Peserta dengan seksama mengikuti praktik pelatihan sambil tetap mengikuti protokol kesehatan (Gambar 9).



Gambar 8. Peserta pelatihan mengikuti penjelasan dari instruktur tentang fungsi dan prinsip kerja modul surya yang dipasang di atap



Gambar 9. Peserta dengan seksama mengikuti praktik pelatihan sambil tetap mengikuti protokol kesehatan

Pelatihan berjalan dengan tertib hingga semua peserta mendapat kesempatan yang sama dalam mengikuti praktik percobaan dan bertanya untuk mendapatkan penjelasan, baik tentang pengoperasian pembangkit maupun kelebihan dan kekurangannya dari masing-masing jenis pembangkit energi terbarukan. Dosen pada Laboratorium Elektronika Daya dan Energi Terbarukan JTE&K Unsyiah memberikan pengarahannya tambahan tentang praktik percobaan (Gambar 10) dan mengawasi instruktur memberikan percobaan pembangkit (Gambar 11).



Gambar 10. Dosen pada Laboratorium Elektronika Daya dan Energi Terbarukan JTE&K Unsyiah memberikan pengarahan tambahan tentang praktik percobaan



Gambar 11. Dosen pada Elektronika Daya dan Energi Terbarukan JTE&K Unsyiah mengawasi instruktur memberikan percobaan pembangkit

Ada beberapa pembangkit tenaga listrik yang memanfaatkan energi terbarukan sebagai sumber energi primer, namun tidak semua dapat dipraktikkan dalam pelatihan ini karena keterbatasan waktu dan peralatan yang ada di dalam laboratorium energi listrik (Gambar 12).



Gambar 12. Kondisi peralatan mesin-mesin listrik energi terbarukan yang ada di laboratorium energi listrik

3.2 Pembahasan

Energi listrik sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, baik di rumah, kantor, maupun pabrik. Di rumah, energi listrik dipakai untuk lampu, menjalankan alat seperti kipas angin, pompa air, dan AC. Di pabrik, energi listrik menjadi tenaga utama mesin-mesin yang membantu proses produksi (Mansouri *et al.*, 2023; Domínguez *et al.*, 2017). Selama bertahun-tahun, pembangkitan energi listrik bergantung pada konversi sumber energi fosil seperti minyak bumi, batubara dan gas (Madhukumar *et al.*, 2020). Namun keberadaan bahan energi fosil sudah menipis karena pemakaian besar-besaran (Boedoyo, 2012), sehingga pengembangan pembangkit listrik berbasis energi terbarukan seperti tenaga surya dan tenaga angin menjadi kebutuhan mendesak. Walaupun ada banyak potensi untuk menggunakan energi yang bisa diperbarui lagi dan lagi, masih ada beberapa masalah yang membuatnya sulit untuk digunakan. Biaya teknologi yang tinggi dan ketidakstabilan output energi menjadi hambatan utama (Widayana, 2012; Beitelmal *et al.*, 2020). Pertanyaan yang sering muncul dari peserta pelatihan adalah mengapa pembangkit listrik energi terbarukan belum banyak diterapkan. Jawaban terletak pada dua faktor utama: mahalnya investasi awal dan fluktuasi ketersediaan sumber energi. Penelitian menunjukkan bahwa optimasi teknik dan pengembangan material baru diperlukan agar pembangkit energi terbarukan dapat diterapkan lebih efisien (Muriithi & Chowdhury, 2021). Kemajuan di bidang teknologi bahan dan sistem pengontrolan menjadi kunci untuk mengatasi permasalahan tersebut (Dzulfikar & Broto, 2016). Pembangkit listrik tenaga surya dan tenaga angin adalah dua jenis yang paling banyak dikembangkan saat ini. Sistem fotovoltaik (PV) dan sistem tenaga angin menawarkan fleksibilitas untuk menyediakan energi bersih namun masing-masing memiliki karakteristik berbeda (Rodríguez-Ubiñas *et al.*, 2022; Al-Quraan & Al-Qaisi, 2021). Pembangkit listrik tenaga surya memiliki keunggulan karena cahaya matahari tersedia sepanjang hari dapat dikonversi oleh sel surya menjadi energi listrik. Tenaga surya bekerja optimal saat cuaca cerah namun efisiensinya menurun drastis pada malam hari serta saat mendung (Kumara, 2010; Widayana, 2012; Shan *et al.*, 2019). Sebaliknya pembangkit listrik tenaga angin dapat beroperasi tanpa bergantung

pada siklus siang malam tetapi kinerjanya sangat dipengaruhi oleh kecepatan dan konsistensi angin yang bervariasi antar lokasi (Rondonuwu *et al.*, 2017; Shanetal., 2019). Pemahaman tentang karakteristik kedua sistem tersebut disampaikan kepada peserta pelatihan melalui analisis kinerja langsung di laboratorium. Sistem hibrida yang menggabungkan pembangkit listrik tenaga surya dan tenaga angin menjadi solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan kinerja dan stabilitas pasokan energi karena kedua sumber tersebut dapat saling melengkapi (Alfanz *et al.*, 2015). Selain pendekatan hibrida, pengembangan metodologi kontrol serta sistem penyimpanan energi juga sangat penting (Blaabjerg & Ma, 2013; Alshahrani *et al.*, 2021). Metode pengendalian seperti Maximum Power Point Tracking (MPPT) bertujuan untuk mengoptimalkan hasil energi dari sistem fotovoltaik dan menjaga kestabilan pasokan (Elavarasan *et al.*, 2019; Artetxe *et al.*, 2023). Inovasi teknologi material dan teknik pengontrolan diharapkan dapat mengoptimalkan kinerja pembangkit listrik yang memanfaatkan energi terbarukan (Boedoyo, 2012). Dengan kemajuan teknologi serta pendekatan sistematis dalam pengendalian dan penyimpanan energi, sistem energi terbarukan dapat dioptimalkan dan diterapkan lebih luas di masa mendatang (KAUR, 2015; Ansari *et al.*, 2021).

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan pelatihan instalasi sistem listrik tenaga surya bagi santri Dayah Mini Banda Aceh, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. Pertama, peserta memahami cara kerja instalasi pembangkit listrik tenaga surya melalui kombinasi pembelajaran teori dan praktik langsung di laboratorium. Kedua, efisiensi pembangkit listrik tenaga surya saat ini masih relatif rendah sehingga memerlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan kinerjanya. Ketiga, penghematan energi listrik menjadi kebutuhan mendesak karena pembangkitan energi listrik saat ini masih bergantung pada bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin menipis. Keempat, pembangkit listrik menggunakan energi terbarukan perlu terus dikembangkan melalui inovasi teknologi material dan sistem pengontrolan untuk meningkatkan efisiensi dan stabilitas pasokan. Kelima, pembangkit listrik tenaga surya dan angin merupakan jenis pembangkit yang paling banyak dikembangkan saat ini karena potensinya yang besar dan dapat saling melengkapi melalui sistem hibrida. Kegiatan pelatihan yang telah dilaksanakan masih bersifat pengenalan dasar tentang energi terbarukan dan instalasi sistem PLTS. Untuk keberlanjutan program, perlu diadakan pelatihan lanjutan yang lebih fokus pada aspek teknis seperti peningkatan efisiensi sistem, teknik pengontrolan Maximum Power Point Tracking (MPPT), dan pemeliharaan berkala peralatan PLTS. Selain itu, perlu dikembangkan program pendampingan bagi peserta yang ingin mengaplikasikan keterampilan yang telah diperoleh untuk membuka usaha mandiri di bidang instalasi dan pemeliharaan PLTS. Kerjasama dengan pihak industri dan lembaga pembiayaan juga diperlukan untuk memfasilitasi akses peserta terhadap peralatan dan modal usaha.

REFERENCES

- Alfanz, R., *et al.* (2015). *Rancang bangun penyedia energi listrik tenaga hibrida (PLTS-PLTB-PLN) untuk membantu pasokan listrik rumah tinggal. Jurnal Teknik Elektro*, 4(2).
- Alshahrani, A., Omer, S., & Su, Y. (2021). An investigation into the potential of hosting capacity and the frequency stability of a regional grid with increasing penetration level of large-scale PV systems. *Electronics*, 10(11), 1254. <https://doi.org/10.3390/electronics10111254>
- Al-Quraan, A., & Al-Qaisi, M. (2021). Modelling, design and control of a standalone hybrid PV-wind micro-grid system. *Energies*, 14(16), 4849. <https://doi.org/10.3390/en14164849>
- Ansari, S., Ayob, A., Lipu, M., Saad, M., & Hussain, A. (2021). A review of monitoring technologies for solar PV systems using data processing modules and transmission protocols: Progress, challenges and prospects. *Sustainability*, 13(15), 8120. <https://doi.org/10.3390/su13158120>
- Artetxe, E., Uralde, J., Barambones, Ó., Calvo, I., & Martin, I. (2023). Maximum power point tracker controller for solar photovoltaic based on reinforcement learning agent with a digital twin. *Mathematics*, 11(9), 2166. <https://doi.org/10.3390/math11092166>

- Bachtiar, I. K., & Syafik, M. (2016). *Rancangan implementasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) skala rumah tangga menggunakan software HOMER untuk masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam. Jurnal Teknik Elektro*, 5(2).
- Beitelmal, W., Okonkwo, P., Housni, F., Alruqi, W., & Alruwaythi, O. (2020). Accessibility and sustainability of hybrid energy systems for a cement factory in Oman. *Sustainability*, 13(1), 93. <https://doi.org/10.3390/su13010093>
- Blaabjerg, F., & Ma, K. (2013). Future on power electronics for wind turbine systems. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 1(3), 139–152. <https://doi.org/10.1109/JESTPE.2013.2275978>
- Boedoyo, M. S. (2012). Potensi dan peranan PLTS sebagai energi alternatif masa depan di Indonesia. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 14(2), 146–152.
- Domínguez, C., Jost, N., Askins, S., Victoria, M., & Antón, I. (2017). A review of the promises and challenges of micro-concentrator photovoltaics. *AIP Conference Proceedings*, 1881, 080003. <https://doi.org/10.1063/1.5001441>
- Dzulfikar, D., & Broto, W. (2016). Optimalisasi pemanfaatan energi listrik tenaga surya. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 5, 73–76.
- Elavarasan, R., Ghosh, A., Mallick, T., Krishnamurthy, A., & Saravanan, M. (2019). Investigations on performance enhancement measures of the bidirectional converter in PV–wind interconnected microgrid system. *Energies*, 12(14), 2672. <https://doi.org/10.3390/en12142672>
- Kaur, D. (2015). Optimal sizing of solar photovoltaic–wind hybrid system. *IJIREEICE*, 3(1), 99–103. <https://doi.org/10.17148/ijireeice.2015.3121>
- Kumara, I. N. S. (2010). Pembangkit listrik tenaga surya skala rumah tangga urban dan ketersediaannya di Indonesia. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 9(1).
- Madhukumar, M., Suresh, T., & Jamil, M. (2020). Investigation of photovoltaic grid system under non-uniform irradiance conditions. *Electronics*, 9(9), 1512. <https://doi.org/10.3390/electronics9091512>
- Mansouri, A., Magri, A., Lajouad, R., Giri, F., & Watil, A. (2023). Nonlinear control strategies with maximum power point tracking for hybrid renewable energy conversion systems. *Asian Journal of Control*, 26(2), 1047–1056. <https://doi.org/10.1002/asjc.3233>
- Masrianto, H. (2016). *Modul pelatihan berbasis kompetensi*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Konstruksi.
- Muriithi, G., & Chowdhury, S. (2021). Optimal energy management of a grid-tied solar PV–battery microgrid: A reinforcement learning approach. *Energies*, 14(9), 2700. <https://doi.org/10.3390/en14092700>
- Putra, S., Mesin, J. T., Industri, F. T., & Trisakti, U. (2016). *Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya secara mandiri untuk rumah tinggal. Jurnal Teknik Mesin*, 1–7.
- Ramadhani, B. (2018). *Instalasi pembangkit listrik tenaga surya dos & don'ts*.
- Rodríguez-Ubiñas, E., TREPC, E., & Alhammadi, N. (2022). Classification of photovoltaics in buildings (BAPV and BIPV): Illustrated with zero-energy houses. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 260, 35–46. <https://doi.org/10.2495/SC220041>
- Rondonuwu, A., Ramschie, A., & Rumokoy, S. N. (2017). Analisis pengembangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro pada Sungai Abuang Sulawesi Utara. *Fokus Elektroda*, 4(3), 1–5. <http://dx.doi.org/10.33772/jfe.v4i3.8894>

- Rumokoy, S. N., & Simanjuntak, C. H. (2016). Perancangan konsep modul praktek instalasi PLTS skala rumah tangga berbasis kompetensi berorientasi produksi. *Fokus Elektroda*, 4(4), 6–12. <http://dx.doi.org/10.33772/jfe.v4i4.8897>
- Shan, Y., Hu, J., Chan, K., Fu, Q., & Guerrero, J. (2019). Model predictive control of bidirectional DC–DC converters and AC/DC interlinking converters—A new control method for PV–wind–battery microgrids. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 10(4), 1823–1833. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2018.2873390>
- Widayana, G. (2012). Pemanfaatan energi surya. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 9(1), 37–46.

How to cite this article: Lubis, R. S., Suriadi, S., Syukri, M., Siregar, R. H., & Masri, M. (2025). Pembinaan Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Matahari bagi Santri Dayah Mini Banda Aceh. *AJAD : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(3), 581-591. <https://doi.org/10.59431/ajad.v5i3.684>.