

NASKAH ORISINAL

Implementasi *Trainer* PLTS sebagai Media Pembelajaran di SD Muhammadiyah 4 Surabaya

Imam Robandi^{1,*} | Harus Laksana Guntur² | Budisantoso Wirjodirdjo³ | Muhammad Ruswandi Djala¹ | Mohamad Almas Prakasa¹ | Akhmad Ramadhani¹ | Muhammad Taufik Imam¹ | Faizal Dian¹ | Muhammad Afif Al Irsad¹ | Muhammad Imam Muchyiddin¹ | Khafit Imron¹ | Kanindra Natha¹ | Muhammad Kurniawan¹ | Dzacky Aulia¹ | Waseda Himawari¹ | Gabriel Haque¹

¹Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

²Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

³Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Korespondensi

*Imam Robandi, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: robandi@ee.its.ac.id

Alamat

Laboratorium *Power System Operation and Control*, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Abstrak

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis fotovoltaik merupakan teknologi yang paling mudah diimplementasikan oleh berbagai kalangan. PLTS memiliki berbagai aplikasi di sektor-sektor seperti perumahan, industri, dan lingkungan akademik. Lingkungan akademik dianggap sebagai tempat yang ideal untuk eksperimen *test-bed* karena banyaknya akademisi yang memiliki semangat dan kemampuan yang tinggi. Oleh karena itu, pengenalan Energi Baru Terbarukan (EBT) perlu diperkuat di tingkat pendidikan dasar, khususnya di Sekolah Dasar (SD). Tujuannya adalah untuk mempersiapkan sumber daya manusia yang mulai tertarik dalam pengembangan teknologi EBT sejak dini. Dalam kegiatan pengabdian ini, diusulkan program Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) yang menerapkan *trainer* PLTS sebagai media pembelajaran di SD Muhammadiyah 4 (Mudipat) Surabaya. Tujuan dari pengabdian ini adalah mendukung proses pengembangan dan pembelajaran bagi siswa dan tenaga pendidik, serta mensosialisasikan pentingnya EBT kepada masyarakat. *Trainer* PLTS ini merupakan replika sistem PLTS stand-alone dalam skala laboratorium yang cukup untuk keperluan pembelajaran. *Trainer* ini terdiri dari tiga modul, yaitu modul kontrol utama, modul solar panel, dan modul lampu halogen. Metode pelaksanaan kegiatan mencakup sosialisasi dan implementasi *trainer* PLTS. Hasil dari pelaksanaan program ini menunjukkan peningkatan pemahaman dan keterampilan siswa serta guru terkait pemanfaatan teknologi EBT melalui *trainer* PLTS.

Kata Kunci:

EBT, Laboratorium, Mudipat, PLTS, *Trainer*

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Konsumsi energi listrik global terus mengalami peningkatan, dengan proyeksi pertumbuhan mencapai 50% dari tahun 2018 hingga 2050^[1]. Dalam dua dekade terakhir, konsumsi energi listrik di seluruh dunia meningkat sebesar 40%^[2]. Rata-rata permintaan energi listrik tumbuh cukup tinggi, yaitu sekitar 2,1% per tahun^[3]. Saat ini, permintaan energi masih sangat bergantung pada pasokan energi fosil, yang berkontribusi hingga 80%^[4]. Ini menjadi masalah serius mengingat pertumbuhan energi fosil telah mengalami penurunan signifikan dan diperkirakan hanya akan tumbuh sebesar 0,3% pada tahun 2040^[5]. Keterbatasan energi fosil ini mendorong perlunya mengutamakan Energi Baru Terbarukan (EBT). Dukungan terhadap EBT semakin kuat dengan adanya kebijakan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), yang menargetkan peningkatan kontribusi EBT dari 18% menjadi 26% antara tahun 2010 dan 2030^[6]. Di kawasan Asia Tenggara, yang sebagian besar terdiri dari negara-negara tropis, potensi EBT masih belum dimanfaatkan secara maksimal^[7]. Indonesia sendiri memiliki potensi EBT yang melimpah, terutama energi surya yang diperkirakan mencapai 297,8 GW^[8]. Namun, pemanfaatan energi surya di Indonesia saat ini hanya sekitar 0,14 GW, atau sekitar 0,07%^[9]. Indonesia memiliki nilai *Solar Global Horizontal Irradiance* (GHI) berkisar antara 4-6,9 kWh/m², dengan rata-rata 4,8 kWh/m². Nilai ini sangat ideal untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), ditambah lagi distribusi solar GHI di Indonesia yang merata di hampir seluruh wilayah^[10].

Energi surya, yang merupakan sumber energi ramah lingkungan, dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik. Selain itu, energi surya juga membantu mengatasi tantangan krisis energi, mengurangi pemanasan global, dan menciptakan kemandirian energi. Sistem fotovoltaik menawarkan kemudahan dalam implementasi, baik pada skala kecil maupun besar^[11]. PLTS beroperasi secara optimal di wilayah dengan nilai GHI yang tinggi. PLTS dapat diterapkan dalam skenario mandiri, seperti di daerah terisolasi^[12], atau dalam kombinasi dengan skenario terhubung ke jaringan untuk menyuplai kebutuhan listrik perumahan, perkotaan, pusat komersial, hingga institusi pendidikan^{[13][14][15]}. Di antara berbagai lokasi tersebut, institusi pendidikan seperti sekolah dan kampus dianggap paling ideal sebagai tempat eksperimen pengembangan PLTS, karena memiliki banyak sumber daya peneliti yang kompeten^[16].

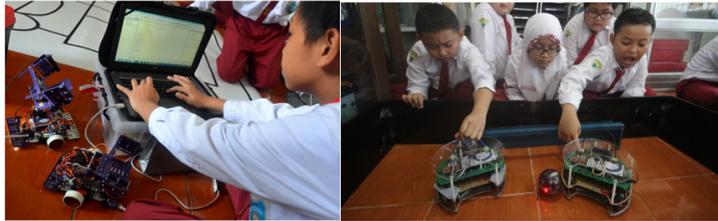
Terkait sektor pendidikan yang sesuai sebagai lokasi eksperimen pengimplementasian PLTS, perlu ada upaya untuk meningkatkan antusiasme akademisi dalam memperhatikan penelitian di bidang EBT, terutama sistem PLTS yang sangat potensial di Indonesia. Saat ini, banyak perguruan tinggi telah membuka konsentrasi EBT dalam kurikulumnya, namun langkah ini masih dianggap kurang untuk meningkatkan minat akademisi. Oleh karena itu, pengenalan EBT perlu dipromosikan di tingkat pendidikan yang lebih rendah, seperti Sekolah Dasar (SD). Tujuannya adalah untuk menyiapkan sumber daya manusia yang sudah tertarik mengembangkan teknologi EBT sejak usia dini. Diharapkan, melalui sosialisasi di tingkat SD, semakin banyak siswa yang berminat mendalami ilmu di bidang EBT saat melanjutkan ke jenjang pendidikan yang lebih tinggi.

SD Muhammadiyah 4 Surabaya (Mudipat), Gambar (1), adalah Sekolah Teladan Nasional berdiri sejak tahun 1963 dan merupakan sekolah dasar Islami, modern, komprehensif, terbuka, multi-budaya, berdaya saing global, dan ramah anak dan orang tua (humanis). Sekolah ini menyelenggarakan pendidikan berbasis Al-Islam dan Kemuhammadiyah dengan kurikulum nasional dan muatan lokal serta menyelenggarakan *Cambridge International Program* (CIP). Sekolah mempunyai tujuan mendidik siswa-siswi agar anggun dalam budi pekerti dan unggul dibidang akademik dan non akademik.

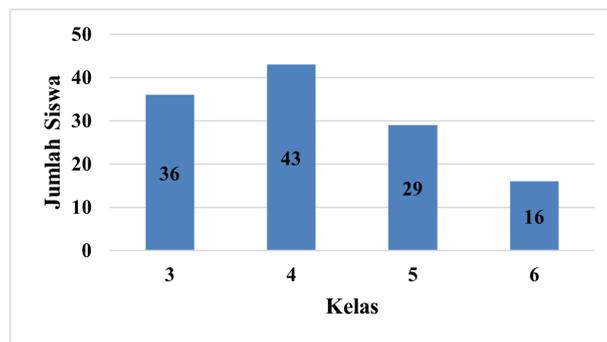


Gambar 1 Sekolah Mudipat.

Gambar (2) menunjukkan salah satu potensi minat dan bakat siswa, khususnya di bidang teknologi robotika. Ekskul robotika adalah kegiatan di luar pembelajaran formal di sekolah yang berfokus pada pengenalan dan pembuatan alat-alat dengan sistem kerja robot. Kegiatan ekskul ini membantu siswa membangun konsep sains, teknologi, matematika, dan teknik. Gambar (3) menunjukkan bahwa minat siswa kelas 3 hingga 6 dalam mengikuti ekskul robotika sangat tinggi.



Gambar 2 Tim Robot Siswa Mudipat.



Gambar 3 Daftar Peserta Ekskul Robotika Mudipat.

Sekolah ini memiliki potensi besar dalam mengembangkan minat dan bakat siswa, terutama karena struktur kurikulumnya yang sangat mendukung. Kurikulum Mudipat mengintegrasikan kombinasi antara Kurikulum Pendidikan Nasional, Kurikulum Muhammadiyah (Al-Islam dan Kemuhammadiyah), Kurikulum Lokal Dinas Pendidikan Kota Surabaya, dan Kurikulum Internasional (*Cambridge*). Kombinasi ini menghasilkan proses pendidikan yang efektif dan beragam. Prinsip penyusunan kurikulum di sekolah ini sangat mendukung pengenalan teknologi EBT. Beberapa prinsip penyusunan Kurikulum Mudipat antara lain:

1. Kebutuhan kompetensi masa depan
2. Peningkatan potensi, kecerdasan, dan minat
3. Tuntutan pembangunan daerah dan nasional
4. Perkembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan seni
5. Dinamika perkembangan global

Prinsip-prinsip ini tentu saja mendukung upaya untuk mengenalkan teknologi EBT kepada siswa. Namun, tantangan yang dihadapi sekolah adalah kurangnya fasilitas pendukung untuk pengenalan dan pembelajaran tentang EBT. Selain itu, tenaga pendidik di sekolah ini juga perlu mendapatkan wawasan lebih mendalam mengenai teknologi EBT. Berdasarkan analisis situasi tersebut, identifikasi permasalahan yang dihadapi adalah sebagai berikut:

1. Tidak adanya fasilitas pendukung untuk pembelajaran teknologi energi terbarukan, khususnya PLTS.
2. Minimnya pemahaman mengenai penggunaan teknologi energi terbarukan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Program ini diawali dengan diskusi bersama mitra, Kepala Sekolah Mudipat, Bapak Edy Susanto, M.Pd., untuk mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan aktivitas pembelajaran di sekolah (Gambar (4)). Setelah menganalisis situasi mitra, langkah berikutnya adalah merumuskan konsep kegiatan yang akan dilaksanakan, yaitu:

1. Pengembangan media pembelajaran mengenai teknologi energi terbarukan, khususnya energi matahari, yang menggunakan *trainer* PLTS.
2. Sosialisasi mengenai pemanfaatan teknologi energi terbarukan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan.

Untuk melaksanakan rencana tersebut, strategi kegiatan yang dirancang mencakup: inventarisasi data mengenai kondisi dan kebutuhan bahan yang akan diterapkan dengan teknologi, perancangan teknologi, penerapan teknologi, pelatihan penggunaan teknologi, evaluasi, dan publikasi. Hasil dari program ini adalah penerapan media pembelajaran berbasis *trainer* PLTS di Sekolah Mudipat. Diharapkan, hasil program ini dapat memenuhi kebutuhan fasilitas untuk mempelajari teknologi energi terbarukan, terutama PLTS.



Gambar 4 Diskusi awal dengan mitra.

1.3 | Target Luaran

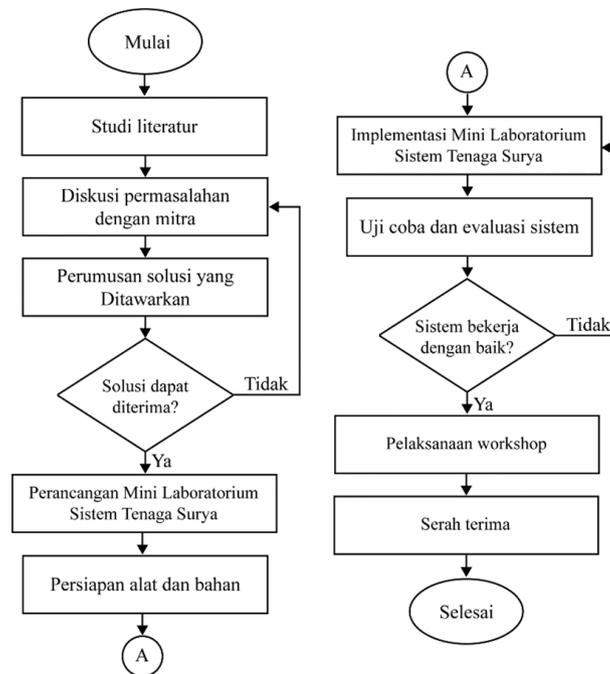
Target luaran hasil kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) ini antara lain:

1. Peningkatan tingkat keberdayaan mitra dalam pengetahuan tentang energi terbarukan dan pengoperasian *trainer* PLTS sebagai media pembelajaran pemanfaatan energi terbarukan melalui pengembangan *trainer* PLTS.
2. Penerbitan jurnal nasional pengabdian masyarakat terakreditasi Sinta-4 di Jurnal Sewagati ITS.
3. Publikasi di media massa elektronik, Video kegiatan dirilis di *channel* YouTube DRPM ITS, dan pembuatan poster kegiatan.

2 | METODE KEGIATAN

Untuk mencapai tujuan PKM, kegiatan ini mengikuti alur yang telah dirancang secara terstruktur dan sistematis, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar (5). Alur tersebut mencakup berbagai tahapan yang dimulai dari perencanaan, sosialisasi, hingga implementasi dan evaluasi. Proses pelaksanaan kegiatan ini dirancang untuk memastikan setiap langkah diambil dengan pertimbangan yang matang, sehingga dapat memberikan dampak yang maksimal bagi semua pihak yang terlibat. Dalam pelaksanaan kegiatan ini, tidak hanya tim pengabdian dari perguruan tinggi yang berperan aktif, tetapi juga melibatkan partisipasi dari berbagai elemen di sekolah, termasuk siswa, guru, dan masyarakat sekitar. Keterlibatan semua pihak sangat penting, karena dapat menciptakan sinergi yang kuat dalam mempromosikan pemahaman tentang energi terbarukan, khususnya PLTS.

Siswa mendapatkan pengalaman langsung melalui praktik dan pelatihan yang diadakan, sementara guru berperan sebagai fasilitator dalam proses pembelajaran. Masyarakat sekitar juga diajak untuk turut serta, sehingga pengetahuan tentang energi terbarukan dapat meluas dan berdampak positif di lingkungan sekitar sekolah. Melalui kolaborasi ini, diharapkan akan terjalin hubungan yang erat antara sekolah dan komunitas, serta mendorong budaya keberlanjutan dan penggunaan energi bersih. Keterlibatan semua elemen ini tidak hanya memberikan kesempatan untuk belajar, tetapi juga membangun kesadaran kolektif tentang pentingnya energi terbarukan dalam upaya menjaga lingkungan dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Dengan alur kegiatan yang terstruktur dan partisipasi yang inklusif, diharapkan program PKM ini dapat mencapai tujuan yang diharapkan dan memberikan manfaat jangka panjang bagi sekolah dan masyarakat.



Gambar 5 Alur Kegiatan Pengabdian masyarakat.

Langkah pertama dalam pelaksanaan kegiatan PKM adalah melakukan studi literatur untuk mengikuti tren perkembangan teknologi yang relevan dengan bidang keahlian dan memiliki potensi untuk disosialisasikan serta diimplementasikan kepada masyarakat. Setelah menemukan topik yang potensial, topik tersebut didiskusikan dengan mitra untuk mengidentifikasi celah permasalahan yang ada di Mudipat yang dapat diselesaikan oleh tim pengabdian. Mitra akan membimbing tim pengabdian dalam menjelajahi lokasi pengabdian serta menjelaskan kondisi terkini dan kendala yang dihadapi. Secara umum, kendala yang dihadapi mitra adalah kebutuhan akan alat untuk memperkenalkan dan mempermudah proses pembelajaran tentang energi terbarukan kepada siswa.

Setelah memahami permasalahan yang ada, tim pengabdian merumuskan solusi yang ditawarkan kepada mitra. Selanjutnya, dilakukan penyamaan persepsi untuk mencapai kesepakatan mengenai kegiatan pengabdian yang akan dilaksanakan. Tim pengabdian dan mitra sepakat untuk mengembangkan *trainer* PLTS dengan tujuan memperkenalkan energi terbarukan kepada siswa. Selain itu, PLTS ini juga akan diimplementasikan untuk memenuhi kebutuhan listrik di laboratorium sekolah. Setelah kesepakatan tercapai, kegiatan pengabdian pun dapat dilaksanakan.

Tahap pelaksanaan dimulai dengan merencanakan *trainer* PLTS. Perencanaan ini mencakup perhitungan permintaan beban dan kebutuhan kapasitas komponen yang akan dipasang. Untuk memberikan gambaran yang sistematis dan logis tentang implementasi sistem, skematik rangkaian dan diagram pengkabelan dibuat. Sistem kemudian disimulasikan terlebih dahulu dengan spesifikasi dan beban listrik untuk memastikan keberhasilan saat diimplementasikan. Setelah sistem berfungsi dengan baik dalam simulasi, alat dan bahan mulai disiapkan. Alat dan bahan yang telah disiapkan kemudian dirakit sesuai dengan rancangan. Sebelum diimplementasikan di lokasi pengabdian, sistem diuji coba untuk memastikan tidak terjadi kegagalan. Jika sistem sudah

berfungsi dengan baik, maka dapat diimplementasikan di lokasi pengabdian. Sistem *trainer* PLTS diuji beberapa kali untuk mengevaluasi kelayakannya. Proses implementasi *trainer* PLTS juga melibatkan siswa dan guru yang memiliki kompetensi yang sesuai di bidang tersebut.

Setelah *trainer* PLTS berhasil diimplementasikan, tim pengabdian mengadakan *workshop* untuk meningkatkan pengetahuan siswa, guru, dan masyarakat sekitar mengenai perkembangan serta urgensi penerapan energi terbarukan di Indonesia, khususnya energi surya. *Workshop* ini juga bertujuan untuk meningkatkan keterampilan peserta dalam pengoperasian dan perawatan sistem PLTS. Dengan demikian, diharapkan sistem ini dapat dikembangkan secara mandiri oleh mitra di masa mendatang.

3 | HASIL DAN DISKUSI

Pengaplikasian program PKM melalui sosialisasi dan implementasi *trainer* PLTS sebagai media pembelajaran di Mudipat Surabaya telah berhasil dilaksanakan. Pada bagian ini, akan diuraikan hasil yang dicapai dari kegiatan tersebut secara lebih rinci. Berdasarkan hasil diskusi dengan mitra, kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa mengenai pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) melalui pembuatan media pembelajaran berupa *trainer* atau papan latih. *Trainer* ini dirancang untuk memberikan pengalaman praktis dan interaktif mengenai prinsip kerja PLTS, yang mencakup tiga bagian utama: modul utama, modul panel surya, dan modul lampu halogen.

Proses pengerjaan dimulai dengan pembuatan modul utama, yang mencakup berbagai komponen penting untuk mengilustrasikan cara kerja sistem PLTS secara utuh. Modul utama ini berisi komponen-komponen seperti panel surya yang berfungsi untuk mengonversi energi matahari menjadi energi listrik, serta *solar charge controller* yang mengatur pengisian baterai agar berlangsung dengan aman dan efisien. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi, sementara *inverter* berperan mengubah tegangan DC yang disimpan dalam baterai menjadi tegangan AC yang dibutuhkan untuk peralatan listrik sehari-hari.

Untuk aspek keselamatan dan kontrol, digunakan DC dan AC *circuit breaker*, yang berfungsi sebagai pembatas, pemutus, dan penghubung arus baik pada sirkuit DC maupun AC. Selain itu, terdapat modul monitoring daya, baik untuk arus DC maupun AC, yang memantau tegangan, arus, daya, dan pemakaian energi listrik secara *real-time*. Ini penting untuk membantu siswa memahami pola konsumsi energi dan efisiensi sistem. Saklar beban DC dan AC juga disertakan untuk memungkinkan siswa menghubungkan dan memutuskan arus pada stop kontak yang tersedia, baik untuk beban DC maupun AC. Stop kontak AC dan DC ini berfungsi sebagai catu daya bagi berbagai beban yang akan diuji. Pada modul ini juga dilengkapi dengan motor induksi 1 fase sebagai beban AC, yang memberikan pengalaman kepada siswa tentang bagaimana sistem PLTS dapat menggerakkan beban nyata.

Pengerjaan modul ini dilakukan dengan perhatian detail terhadap aspek edukasi dan keamanan, sehingga *trainer* yang dihasilkan tidak hanya berfungsi sebagai alat pembelajaran tetapi juga memastikan keselamatan pengguna dalam setiap eksperimen yang dilakukan. Gambar (6) menggambarkan secara rinci proses pengerjaan modul utama, yang melibatkan pengaturan komponen secara terstruktur dan sistematis agar siswa dapat dengan mudah memahaminya. Dengan adanya *trainer* ini, diharapkan siswa dapat belajar tidak hanya secara teori tetapi juga mengembangkan keterampilan praktis terkait PLTS.



Gambar 6 Pembuatan Trainer PLTS.

Pengerjaan selanjutnya adalah pembuatan modul rangka panel surya yang dirancang untuk ditempatkan di luar ruangan. Modul ini terdiri dari tiga panel surya, masing-masing dengan kapasitas daya sebesar 100 Wp, yang secara total menghasilkan daya sebesar 300 Wp. Untuk memudahkan mobilitas dan penyesuaian posisi terhadap arah sinar matahari, rangka panel surya ini dilengkapi dengan roda serta mekanisme pengaturan kemiringan. Pengaturan kemiringan memungkinkan panel surya menerima sinar matahari dengan sudut optimal, sehingga dapat meningkatkan efisiensi konversi energi. Untuk mengatasi keterbatasan energi akibat cuaca mendung atau saat intensitas sinar matahari rendah, modul ini juga dilengkapi dengan sumber cahaya buatan berupa lampu halogen. Tiga lampu halogen digunakan sebagai alternatif sumber cahaya, dengan masing-masing lampu dilengkapi dengan kontrol saklar *on/off*, sehingga dapat diatur sesuai kebutuhan. Penambahan lampu halogen ini bertujuan untuk memastikan ketersediaan sumber cahaya yang cukup agar proses pembelajaran tetap dapat berlangsung secara optimal meskipun kondisi cuaca tidak mendukung. Modul rangka panel surya ini tidak hanya berfungsi sebagai media pengajaran mengenai bagaimana panel surya bekerja dalam kondisi nyata, tetapi juga mengajarkan tentang fleksibilitas sistem PLTS untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan. Dengan dilengkapi roda dan pengaturan kemiringan, panel surya dapat dipindahkan ke berbagai lokasi serta diatur sudutnya untuk memaksimalkan penyerapan energi. Gambar (7) menunjukkan proses pembuatan rangka panel surya dan pemasangan lampu halogen, di mana setiap langkah dilakukan secara teliti untuk memastikan stabilitas dan fungsionalitas rangka panel serta sistem pencahayaan tambahan tersebut.



Gambar 7 Pembuatan Rangka Panel surya dan Lampu Halogen.

Setelah menyelesaikan pengerjaan modul utama, modul panel surya, dan modul lampu halogen, tahapan berikutnya adalah melakukan uji coba dan evaluasi sistem secara menyeluruh. Tahap ini sangat penting untuk memastikan bahwa seluruh komponen dapat berfungsi dengan baik dan terintegrasi dengan lancar. Gambar (8) menunjukkan tahapan pengujian dan evaluasi sistem, yang meliputi berbagai skenario untuk mengecek kinerja tiap modul serta interaksi antar komponen dalam satu kesatuan sistem. Pada tahap pengujian, setiap komponen termasuk panel surya, *solar charge controller*, *inverter*, baterai, serta saklar beban dan monitoring daya diperiksa secara individual untuk memastikan fungsionalitasnya sesuai spesifikasi. Pengujian panel surya dilakukan dengan memastikan kemampuannya mengonversi energi matahari menjadi listrik secara efisien, baik dalam kondisi optimal maupun saat intensitas cahaya rendah. *Solar charge controller* juga diuji untuk memastikan proses pengisian baterai berjalan dengan aman tanpa terjadi *overcharging*.



Gambar 8 Ujicoba *Trainer* PLTS.

Selain itu, lampu halogen sebagai sumber cahaya buatan diuji untuk memastikan bahwa cahayanya cukup memadai ketika panel surya tidak mendapatkan intensitas cahaya yang optimal. Sistem *inverter* juga diujikan untuk mengecek kemampuannya dalam mengubah tegangan DC yang disimpan di baterai menjadi tegangan AC yang sesuai untuk menghidupkan beban AC, seperti motor induksi satu fase. Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa pemutusan arus melalui saklar, baik pada beban AC maupun DC, dapat berjalan sesuai dengan mekanisme pengamanan. Hasil dari pengujian ini menjadi dasar untuk melakukan evaluasi kinerja keseluruhan sistem. Evaluasi ini dilakukan tidak hanya untuk menilai performa masing-masing komponen, tetapi juga untuk melihat efektivitas *trainer* sebagai media pembelajaran yang interaktif dan memberikan pengalaman praktis kepada siswa. Dengan evaluasi yang baik, setiap kekurangan atau permasalahan yang ditemukan selama pengujian dapat diperbaiki sebelum sistem digunakan sepenuhnya dalam kegiatan pembelajaran. Tahapan ini juga mencakup penyesuaian dan optimasi, agar *trainer* dapat memberikan pemahaman yang mendalam bagi siswa tentang konsep dan penerapan PLTS dalam kondisi nyata.

Tahapan berikutnya adalah pelaksanaan sosialisasi kepada mitra Mudipat, yang menjadi bagian penting dari proses penerapan program ini. Kegiatan sosialisasi ini dilakukan oleh tim Abmas ITS dan dihadiri oleh civitas akademika Mudipat, termasuk para guru, tenaga kependidikan, serta siswa. Sosialisasi ini bertujuan untuk memberikan pemahaman menyeluruh tentang cara kerja *trainer* PLTS yang telah dibuat, serta bagaimana penggunaannya sebagai media pembelajaran dalam aktivitas sekolah. Dalam kegiatan ini, tim Abmas ITS menjelaskan secara rinci mengenai komponen-komponen utama *trainer* PLTS, seperti modul panel surya, baterai, *inverter*, serta sistem *monitoring* daya. Para peserta diberikan kesempatan untuk melihat langsung cara kerja setiap komponen dan memahami fungsinya dalam menghasilkan dan mengelola energi listrik dari sumber energi terbarukan. Selain penjelasan teoritis, peserta juga diberi pelatihan praktik sederhana untuk mengoperasikan *trainer*, sehingga mereka dapat secara langsung mengaplikasikan konsep yang telah dipelajari. Kegiatan ini berlangsung interaktif dengan adanya sesi tanya jawab, di mana peserta aktif mengajukan pertanyaan terkait penggunaan *trainer*, potensi energi surya, dan berbagai manfaat energi terbarukan dalam kehidupan sehari-hari. Tim Abmas ITS juga memberikan contoh aplikasi nyata dari penggunaan energi surya, yang diharapkan dapat menginspirasi peserta untuk memanfaatkan energi terbarukan di lingkungan sekolah atau bahkan di rumah. Gambar (9) menyajikan dokumentasi dari kegiatan sosialisasi tersebut, yang mencakup proses penjelasan dari tim Abmas ITS serta antusiasme peserta dalam berpartisipasi aktif selama kegiatan berlangsung. Dengan kegiatan ini, diharapkan terjadi peningkatan pemahaman civitas akademika Mudipat tentang energi terbarukan, khususnya energi surya, serta terbentuknya keterampilan dalam memanfaatkan *trainer* PLTS untuk kegiatan pembelajaran yang lebih menarik dan relevan.



Gambar 9 Pelaksanaan Sosialisasi *Trainer* PLTS kepada Mitra.

Untuk memperkuat pengetahuan dan keterampilan siswa serta guru, setelah melakukan sosialisasi di dalam ruangan, diadakan kegiatan praktik pengoperasian *trainer* PLTS di halaman depan gedung sekolah Mudipat. Kegiatan praktik ini bertujuan untuk memberikan pengalaman langsung kepada peserta dalam mengoperasikan dan memahami komponen-komponen dari *trainer* PLTS. Dalam suasana yang interaktif, siswa dan guru dapat bekerja sama untuk menguji sistem, melakukan pengaturan, serta mengobservasi hasil dari penggunaan *trainer* secara langsung. Selain itu, kegiatan ini juga dirangkaikan dengan serah terima *trainer* PLTS kepada Kepala Sekolah Mudipat, sebagai simbol komitmen dalam penerapan pembelajaran berbasis energi terbarukan di sekolah.

Serah terima ini menandai kolaborasi yang lebih erat antara tim Abmas ITS dan Mudipat dalam upaya menciptakan lingkungan pembelajaran yang inovatif dan berkelanjutan. Dalam serah terima tersebut, Kepala Sekolah diberikan penjelasan mengenai

manfaat penggunaan *trainer* PLTS dalam proses belajar mengajar, serta bagaimana alat ini dapat digunakan untuk mengedukasi siswa tentang pentingnya energi terbarukan. Dokumentasi dari kegiatan praktik dan serah terima ini dapat dilihat pada Gambar (10), yang menggambarkan momen berharga saat siswa dan guru berinteraksi dengan *trainer*, serta kebersamaan dalam merayakan langkah maju dalam pendidikan energi terbarukan di sekolah. Dengan adanya kegiatan ini, diharapkan siswa tidak hanya mendapatkan pengetahuan teori, tetapi juga keterampilan praktis yang dapat mereka terapkan dalam kehidupan sehari-hari, serta meningkatkan kesadaran mereka tentang pentingnya pemanfaatan energi terbarukan untuk masa depan yang lebih berkelanjutan.



Gambar 10 Pelaksanaan Sosialisasi Trainer PLTS dan Serah Terima kepada Mitra.

4 | KESIMPULAN DAN SARAN

Permasalahan mitra mengenai ketersediaan media pembelajaran *trainer* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat diatasi dengan pengembangan media pembelajaran berbasis *trainer* PLTS. Inisiatif ini tidak hanya memenuhi kebutuhan akan media edukasi, tetapi juga memberikan kesempatan bagi siswa dan guru untuk belajar secara praktis tentang teknologi energi terbarukan. Selain itu, permasalahan mitra yang berkaitan dengan pemanfaatan teknologi energi terbarukan juga dapat diatasi melalui peningkatan pengetahuan guru dan siswa, yang diperoleh dari sosialisasi mengenai pemanfaatan teknologi energi terbarukan sebagai sumber energi ramah lingkungan. Dengan pengetahuan yang lebih baik, diharapkan mitra dapat mengintegrasikan penggunaan energi terbarukan dalam proses belajar mengajar di sekolah. Sebagai bagian dari kegiatan ini, pelatihan pemeliharaan juga diberikan, dengan harapan tim SD Muhammadiyah 4 (Mudipat) Surabaya dapat melakukan perbaikan jika terjadi kerusakan selama penggunaan *trainer* PLTS. Peningkatan keterampilan pemeliharaan ini akan membantu mitra dalam menjaga keberlanjutan penggunaan alat dan memastikan *trainer* PLTS tetap berfungsi dengan baik untuk proses pembelajaran.

Di samping itu, diharapkan mitra dapat mengembangkan teknologi PLTS agar dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik sekolah. Inisiatif ini tidak hanya akan meningkatkan efisiensi penggunaan energi di sekolah, tetapi juga memberikan contoh nyata tentang bagaimana teknologi energi terbarukan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Penyerahan perangkat *trainer* ini diharapkan dapat dimanfaatkan dengan baik oleh mitra sebagai media pembelajaran dan pelatihan oleh guru serta siswa di Mudipat. Dengan pemanfaatan yang efektif, *trainer* PLTS dapat menjadi alat yang sangat berharga dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa serta guru dalam bidang energi terbarukan. Dari kegiatan pengabdian ini, pihak mitra merasa bahwa bantuan *trainer* PLTS serta kegiatan yang dilakukan oleh tim pengabdian ITS memberikan kontribusi yang signifikan bagi

pelaksanaan kegiatan belajar mengajar. Hal ini menunjukkan bahwa upaya kolaboratif antara perguruan tinggi dan sekolah dapat menghasilkan dampak positif yang nyata. Pihak mitra berkomitmen untuk memanfaatkan peralatan tersebut dengan baik dan berusaha mengembangkan sistem ini ke skala yang lebih besar.

Rencana kegiatan pendampingan juga akan terus dilakukan secara berkala, untuk memastikan bahwa pengembangan dan pemanfaatan teknologi energi terbarukan dapat berlanjut dan memberikan manfaat jangka panjang bagi sekolah dan masyarakat sekitar. Dengan demikian, program ini diharapkan tidak hanya meningkatkan pengetahuan dan keterampilan, tetapi juga mendorong perubahan yang berkelanjutan menuju penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan.

5 | UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemdikbudristek), Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dan SD Muhammadiyah 4 (Mudipat) Surabaya, Jawa Timur, serta semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini.

Referensi

1. Global E. Global EV Outlook 2019: Scaling-up the transition to electric mobility. Energy Technology Policy (ETP) Division of the Directorate of Sustainability, Technology and Outlooks (STO), International Energy Agency: London, UK 2019;.
2. Wang Y, Li M, Hassanien RHE, Ma X, Li G. Grid-Connected Semitransparent Building-Integrated Photovoltaic System: The Comprehensive Case Study of the 120 kWp Plant in Kunming, China. *International Journal of Photoenergy* 2018;2018(1):6510487.
3. International Energy Agency. World Energy Outlook 2019. Paris CC BY 4.0; 2019.
4. IEA Statistics, Fossil fuel energy consumption (<https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.FO.ZS>).
5. Merdeka.com, Kebutuhan Energi Fosil Dunia Diperkirakan Turun 40 tahun Mendatang; 2020. <https://www.merdeka.com/uang/kebutuhan-energi-fosil-dunia-diperkirakan-turun-40-tahun-mendatang.html>, diakses pada September 2023.
6. SEforALL, Sustainable Energy for All; 2016. <https://www.seforall.org/>, diakses pada September 2023.
7. Agency IRE, Renewable energy market analysis: Southeast Asia. IRENA; 2018.
8. Ramli RR, Setiawan SRD, Menteri ESDM: Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Baru 2,5 Persen; 2020. <https://money.kompas.com/read/2020/09/08/152800726/menteri-esdm--pemanfaatan-energi-baru-terbarukan-baru-2-5-persen>, diakses pada September 2023.
9. Silalahi DF, Blakers A, Stocks M, Lu B, Cheng C, Hayes L. Indonesia's vast solar energy potential. *Energies* 2021;14(17):5424.
10. Robandi I, Riawan DC, Wirjodirdjo B, Guntur HL, Putri VLB, Djalal MR, et al. Implementasi dan Sosialisasi Mini Laboratorium Sistem Pembangkit Tenaga Surya di SMK Muhammadiyah 7 Gondanglegi. *Sewagati* 2024;8(1):1126–1134.
11. Ghorbani N, Kasaeian A, Toopshekan A, Bahrami L, Maghami A. Optimizing a hybrid wind-PV-battery system using GA-PSO and MOPSO for reducing cost and increasing reliability. *Energy* 2018;154:581–591.
12. Ibrahim SHA, Agab E, Shukri M. Design and analysis of PV-Diesel hybrid power system case study Sudan, El Daein (East Darfur). *Int J Eng Res Gen Sci* 2020;8:56–65.
13. Dagdougui H, Dessaint L, Gagnon G, Al-Haddad K. Modeling and optimal operation of a university campus microgrid. In: 2016 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM) IEEE; 2016. p. 1–5.

14. Shahzad MK, Zahid A, ur Rashid T, Rehan MA, Ali M, Ahmad M. Techno-economic feasibility analysis of a solar-biomass off grid system for the electrification of remote rural areas in Pakistan using HOMER software. *Renewable energy* 2017;106:264–273.
15. Sinha S, Chandel S. Review of recent trends in optimization techniques for solar photovoltaic–wind based hybrid energy systems. *Renewable and sustainable energy reviews* 2015;50:755–769.
16. Iqbal F, Siddiqui AS. Optimal configuration analysis for a campus microgrid—a case study. *Protection and Control of Modern Power Systems* 2017;2(3):1–12.

Cara mengutip artikel ini: Robandi, I., Guntur, H.L., Wirjodirdjo, B., Djalal, M.R., Prakasa, M.A., Ramadhani, A., Imam, M.T., Dian, F., Al Irsad, M.A., Muchyiddin, M.I., Imron, K., Natha, K., Kurniawan, M., Aulia, D., Himawari, W., Haque, G., (2024), Implementasi *Trainer* PLTS sebagai Media Pembelajaran di SD Muhammadiyah 4 Surabaya, *Sewagati*, 8(6):2466–2476, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v8i6.2240>.