

Inisiasi Rangka Panel Surya bagi Siswa SMK Muhammadiyah 1 Malang dengan Pelatihan Pengelasan

Nur Subeki ^{*1}, Mohamad Irkham Mamungkas², Murjito³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang

*e-mail: subeki@umm.ac.id¹, irkham@umm.ac.id², murjito@umm.ac.id³

Received: 07.06.2026	Revised: 19.06.2026	Accepted: 25.06.2026	Available online: 30.06.2026
-------------------------	------------------------	-------------------------	---------------------------------

Abstract: This community service addresses the conventional practice limitations at SMK Muhammadiyah 1 Malang by implementing a project-based learning (PjBL) model in renewable energy manufacturing. The method utilizes a five-stage technology transfer framework, including intensive SMAW/TIG welding training, structural fabrication, validation of prototype tests, and comprehensive evaluation. The program successfully produced a modular, knock-down mild steel solar panel frame capable of supporting a 200 Watt module. The results demonstrated a significant increase in students' technical competencies, specifically in reading technical blueprints, adjusting welding parameters, and executing full-penetration joints. This initiative is highly important as it successfully integrates clean energy manufacturing into the vocational curriculum, fostering sustainable practical skills and institutional energy independence..

Keywords: Vocational Education, Renewable Energy, Solar Panel Frame, Project-Based Learning, SMAW/TIG Welding.

Abstrak: Pengabdian masyarakat ini mengatasi keterbatasan praktik konvensional di SMK Muhammadiyah 1 Malang melalui penerapan model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) manufaktur energi terbarukan. Metode yang digunakan meliputi lima tahapan transfer teknologi: pelatihan intensif pengelasan SMAW/TIG, fabrikasi struktural, validasi uji prototipe, dan evaluasi komprehensif. Program ini berhasil memproduksi rangka panel surya modular knock-down berbahan baja ringan untuk menopang beban modul 200 Watt. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan signifikan pada kompetensi teknis siswa dalam membaca cetak biru gambar teknik, pengaturan parameter arus, dan pengelasan full-penetration. Kegiatan ini sangat penting karena berhasil mengintegrasikan manufaktur energi bersih ke dalam kurikulum vokasi demi keberlanjutan keterampilan praktis dan kemandirian energi institusi.

Kata kunci: Pendidikan Vokasi, Energi Terbarukan, Rangka Panel Surya, Project-Based Learning, Las SMAW/TIG.

1. PENDAHULUAN

Transisi energi global menuju pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) telah menjadi agenda krusial dalam mereduksi emisi gas rumah kaca sekaligus mengantisipasi krisis kelangkaan energi fosil[1], [2]. Pemerintah Indonesia secara konsisten berkomitmen mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya Poin 7 mengenai penyediaan energi bersih dan terjangkau, serta Poin 4 mengenai pemenuhan pendidikan berkualitas. Dalam ekosistem akademik, akselerasi transisi ini menuntut peran aktif institusi perguruan tinggi untuk menghilirkan hasil rekayasa teknologi dan hasil riset terapan ke tengah masyarakat mitra melalui program pengabdian masyarakat. Implementasi hilirisasi teknologi ini tidak hanya berkontribusi pada pemecahan masalah riil di lapangan[3], namun juga menjadi pemenuhan capaian Indikator Kinerja Utama perguruan tinggi[4], terutama pada aspek keterlibatan dosen di luar kampus (IKU 3) dan pemanfaatan hasil kerja dosen oleh masyarakat (IKU 5).

Salah satu pilar utama dalam menyukseskan transisi energi terbarukan di sektor hilir adalah kesiapan Sumber Daya Manusia (SDM) teknis, yang secara dominan dicetak oleh Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)[5], [6]. SMK Muhammadiyah 1 Malang merupakan institusi pendidikan vokasi potensial di Kota Malang yang memiliki sarana pendukung berupa program keahlian Teknik Mesin. Berdasarkan analisis situasi kuantitatif di lapangan, sekolah ini didukung oleh fasilitas workshop, mesin perkakas, dan laboratorium pengelasan yang memadai. Namun demikian, potret kondisi riil menunjukkan adanya kesenjangan (*gap*) yang signifikan pada aspek kurikulum terapan pembelajaran praktis. Selama ini, benda kerja praktikum yang dikerjakan oleh para siswa masih bertumpu pada konstruksi besi konvensional berteknologi rendah (seperti pagar minimalis dan teralis jendela biasa). Praktik yang monoton tersebut mengakibatkan luaran kompetensi siswa kurang memiliki nilai tambah ekonomis, daya saing industri modern[7], [8], maupun kepekaan ekologis[9]. Di sisi lain, ditinjau dari aspek manajemen operasional, sekolah ini mengalami beban biaya energi yang tinggi karena ketergantungan penuh pada listrik PLN untuk menggerakkan mesin-mesin workshop, padahal struktur

atap gedung sekolah memiliki potensi luasan spasial yang melimpah untuk diintegrasikan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)[10], [11], [12].

Secara konkrit, permasalahan keteknikan mekanis yang diidentifikasi pada mitra berpusat pada minimnya pemahaman komprehensif siswa mengenai rekayasa struktur penopang (*supportive dynamic structures*), metrologi industri, perhitungan kekuatan statis material tipis, serta aplikasi teknik pengelasan presisi (*Shielded Metal Arc Welding / Gas Tungsten Arc Welding*) pada komponen EBT[13], [14]. Selain itu, belum tersedianya modul pembelajaran terstruktur yang mengadopsi model *Project-Based Learning* (PjBL) [15], [16] berdampak pada rendahnya motivasi serta kesiapan kerja siswa kejuruan dalam menghadapi tuntutan industri manufaktur hijau[17]. Bukti-bukti empiris dari penelitian terdahulu menegaskan bahwa integrasi pembuatan produk fungsional yang bernilai ekonomis ke dalam modul PjBL terbukti efektif menaikkan skor psikomotorik, kemampuan membaca sketsa gambar teknik, dan penalaran analitis siswa secara simultan dibandingkan metode instruksional konvensional yang bersifat teoritis-pasif. Upaya sejenis yang pernah dilakukan oleh pihak lain sering kali hanya berfokus pada pelatihan instalasi kelistrikan panel surya secara *software* atau permukaan, namun mengabaikan aspek kekuatan mekanis fabrikasi struktur penopangnya yang menjadi fondasi keamanan instalasi PLTS jangka panjang.

Guna mengatasi permasalahan tersebut, program pengabdian masyarakat ini diarahkan pada inisiasi produksi dan manufaktur rangka panel surya fungsional berskala modular berbasis PjBL di laboratorium Universitas Muhammadiyah Malang. Melalui kerangka kerja transfer teknologi ini, tujuan yang hendak dicapai adalah merekonstruksi paradigma praktikum mitra lewat pembuatan produk penopang PLTS yang presisi, meningkatkan kapasitas teknis siswa dalam menerapkan teknik las *full-penetration* bebas cacat pada spesimen *mild steel*, serta menyusun dan memvalidasi modul ajar praktikum terintegrasi bersama pakar industri. Sasaran akhir dari hilirisasi rekayasa teknologi ini adalah terwujudnya kemandirian institusi vokasi dalam memproduksi komponen fisik penunjang PLTS secara mandiri[8], yang pada gilirannya dapat mengakselerasi kemandirian energi bersih di lingkungan internal sekolah sekaligus membuka peluang unit usaha berbasis komersialisasi produk manufaktur hijau berkelanjutan[18].

Permasalahan mendasar di SMK Muhammadiyah 1 Malang berpusat pada kurangnya pemahaman siswa mengenai rekayasa struktur penopang (*supportive dynamic structures*), metrologi industri, perhitungan kekuatan material tipis, dan pengelasan presisi (SMAW/GTAW) untuk komponen energi terbarukan. Hal ini disebabkan oleh modul praktikum konvensional yang monoton dan masih berfokus pada benda kerja berteknologi rendah tanpa nilai tambah ekonomis maupun ekologis, serta adanya beban operasional biaya listrik bengkel yang tinggi dari PLN. Untuk mengatasi kompleksitas tersebut, ruang lingkup program pengabdian ini dibatasi pada perancangan dan fabrikasi rangka panel surya fungsional berskala modular menggunakan spesimen baja ringan (*mild steel*). Pembatasan ini difokuskan pada transfer keahlian las *full-penetration* bebas cacat, pembacaan cetak biru (*blueprint*) gambar teknik, dan penyusunan Modul Ajar Praktikum berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) yang tervalidasi oleh pakar industri.

Tujuan utama yang hendak dicapai melalui program transfer teknologi ini adalah merekonstruksi paradigma praktikum mitra dari pengerjaan benda kerja konvensional menjadi produk penopang PLTS yang presisi, aman, dan bernilai ekonomis tinggi. Secara spesifik, kegiatan ini bertujuan untuk mendongkrak kapasitas psikomotorik dan kognitif siswa dalam rekayasa manufaktur hijau melalui pelatihan intensif serta pendampingan terstruktur. Sasaran akhir dari hilirisasi riset terapan ini adalah mewujudkan kemandirian SMK Muhammadiyah 1 Malang dalam memproduksi komponen fisik penunjang PLTS secara mandiri. Melalui kemandirian tersebut, sekolah diharapkan mampu mengakselerasi pemanfaatan energi bersih demi efisiensi biaya operasional internal, sekaligus membuka peluang rintisan unit bisnis baru (*teaching factory*) berbasis komersialisasi produk manufaktur hijau yang berkelanjutan di kawasan Malang Raya.

2. METODE

Metode penerapan teknologi dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini dirancang menggunakan pendekatan kerangka kerja Transfer Teknologi dan Kompetensi Teknis terpadu. Guna memastikan seluruh tujuan tercapai secara terukur, pelaksanaan program dibagi ke dalam 5 tahapan utama yang dilaksanakan secara runtut.

Uraian operasional dari kelima tahapan metode pelaksanaan tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1. Tahap Sosialisasi dan Penyamaan Persepsi (*Pre-test*): Melakukan koordinasi awal dengan pihak manajemen sekolah, guru produktif, dan perwakilan siswa. Pada tahap ini, dilakukan pengukuran kemampuan awal kognitif peserta terkait rekayasa energi terbarukan dan keselamatan kerja melalui instrumen tes awal tertulis.
2. Tahap Pelatihan Teori Terfokus: Memaparkan materi fundamental mengenai rekayasa struktur mekanis, pembacaan sketsa gambar teknik, penentuan parameter arus pengelasan berdasarkan ketebalan pelat, serta regulasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) las di workshop.
3. Tahap Penerapan Teknologi (Fabrikasi & Manufaktur): Melaksanakan praktik langsung di bengkel kerja mitra. Peserta dibagi menjadi beberapa kelompok kerja terstruktur untuk melakukan pemotongan material (*cutting*), penyetelan sudut kesikuan (*fitting*), hingga proses pengelasan penuh (*full penetration weld*) pada spesimen rangka baja ringan (*mild steel*).
4. Tahap Pendampingan, Pengujian, dan Evaluasi (*Post-test*): Melakukan pendampingan intensif untuk memastikan presisi geometri produk. Pada tahap ini, purwarupa rangka yang dihasilkan diuji secara mekanis. Di akhir sesi, peserta diberikan ujian akhir tertulis (*post-test*) dan uji kompetensi unjuk kerja las secara individu.
5. Tahap Keberlanjutan Program (*Sustainability*): Menyerahkan produk fisik rangka penopang panel surya fungsional hasil manufaktur bersama, disertai penyerahan dokumen Modul Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning*) yang telah disahkan untuk diintegrasikan ke dalam kurikulum praktikum internal sekolah secara permanen.

Guna menjamin akuntabilitas luaran pengabdian, tingkat ketercapaian keberhasilan kegiatan diukur secara objektif menggunakan bauran instrumen alat ukur deskriptif-kuantitatif dan kualitatif yang mencakup tiga dimensi utama (Tabel 1).

Dimensi Dampak	Parameter Keberhasilan	Alat Ukur / Instrumen Penilaian	Target Ketercapaian
Sikap & Kapasitas Teknis (Kognitif & Psikomotorik)	Peningkatan pemahaman rekayasa EBT dan penguasaan teknik pengelasan.	Lembar soal ujian	Peserta memperoleh kompetensi, sesuai dengan dimensi produk memiliki toleransi tertentu
Sosial Kurikulum (Institusional)	Budaya Perubahan iklim pembelajaran praktikum dari metode konvensional-monoton menjadi budaya berbasis proyek adaptif teknologi (<i>green manufacturing</i>).	Dokumen Modul Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) Manufaktur Rangka PLTS yang tervalidasi industri dan lembar kuesioner respon balik mitra.	Terbitnya Modul PjBL yang diadopsi secara resmi ke dalam perangkat pembelajaran sekolah; Indeks kepuasan mitra terhadap kemudahan modul
Ekonomi & Keberlanjutan (Produk Luaran)	Terwujudnya purwarupa produk fungsional yang bernilai ekonomis tinggi dan berpotensi memotong biaya energi operasional mitra.	Uji prototipe dengan pembebanan statis nyata (menggunakan beban modul surya asli) dan analisis kelayakan teknis ekonomis produk.	Struktur rangka teruji aman menopang beban statis sistem modul surya hingga kapasitas 200 Watt.

Tabel 1. Tabel Target Ketercapaian

Untuk memastikan objektivitas dan replikasi program, metode pelaksanaan pengabdian ini mengintegrasikan dua pendekatan utama secara simultan, yaitu pendekatan pedagogi *Project-Based Learning* (PjBL) dan pendekatan eksperimental manufaktur struktural. Pada pendekatan pedagogi, intervensi pembelajaran dilakukan dengan memposisikan 12 siswa peserta ke dalam 3 kelompok kerja terstruktur yang mensimulasikan pembagian kerja di industri manufaktur sesungguhnya (meliputi peran desainer, juru ukur/metrologis, dan *welder*). Modul PjBL dirancang secara bertahap mulai dari penerjemahan cetak biru gambar teknik (*engineering blueprint*) ke dalam perencanaan kebutuhan material (*Material Requirement Planning*), proses pemotongan komponen menggunakan mesin potong abrasif, hingga proses penyetelan kesikuan konstruksi. Di sisi lain, pendekatan eksperimental manufaktur mekanis diterapkan melalui standarisasi parameter

pengelasan busur listrik (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*). Tahap akhir metode ditutup dengan pengujian kekuatan mekanis prototipe secara statis melalui metode pembebanan langsung (*direct loading test*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pemindahan teknologi manufaktur hijau di workshop SMK Muhammadiyah 1 Malang berhasil merealisasikan sebuah produk luaran fisik berupa purwarupa rangka panel surya fungsional berskala modular. Konstruksi ini dirancang khusus menggunakan profil baja ringan (*mild steel*) dengan kombinasi sambungan permanen las busur listrik (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*) pada titik kritis penyangga beban utama, serta mekanisme bongkar-pasang (*knock-down*) menggunakan baut galvanis pada lengan artikulasi. Integrasi kedua sistem sambungan ini bertujuan untuk menyatukan aspek rigiditas struktur dengan tingkat fleksibilitas tinggi, sehingga memudahkan mobilitas perakitan komponen oleh siswa saat instalasi di area atap maupun halaman sekolah. Rangka ini dikonfigurasi memiliki dimensi geometri efektif panjang 1500 mm, lebar 1000 mm, dan tinggi kaki penopang 850 mm yang kompatibel secara presisi untuk memuat modul surya hingga kapasitas daya 200 Watt Peak (WP).

Kegiatan pelatihan dan praktik manufaktur ini diikuti oleh kelompok mitra yang terdiri dari 12 orang peserta siswa aktif program keahlian Teknik Mesin. Berdasarkan pencatatan data performa unjuk kerja secara berkala sepanjang program, dinamika ketercapaian kompetensi menunjukkan hasil yang sangat positif. Tercatat sebanyak 11 dari 12 siswa peserta (91,66%) mampu mengikuti seluruh rangkaian tahapan fabrikasi dengan sangat baik dan memenuhi standar kompetensi minimum yang dicanangkan. Pihak tim pengabdian mengidentifikasi bahwa 11 siswa tersebut berhasil mencapai ketuntasan dalam mempraktikkan regulasi K3 workshop, melakukan penyetelan sudut kesikuan struktur (*fitting tolerance*), serta mengeksekusi teknik las catat (*tack weld*) hingga pengelasan penuh (*full penetration weld*).

Sebaliknya, terdapat 1 orang siswa peserta (8,33%) yang memerlukan waktu pendampingan tambahan (*remedial mentoring*) akibat kendala teknis minor berupa kurangnya konsistensi dalam mempertahankan jarak busur las (*arc length*) yang ideal, yang memicu timbulnya cacat visual berupa percikan las berlebih (*spatter*) dan penembusan las yang kurang sempurna (*lack of penetration*). Namun, melalui pendekatan personal dan asistensi intensif di paruh akhir kegiatan, siswa tersebut akhirnya berhasil menyelesaikan tugas perakitan struktur mandirinya dengan aman.



Gambar 1. Dokumentasi Kegiatan di Kelas dan Laboratorium

Evaluasi kuantitatif melalui instrumen *pre-test* dan *post-test* menunjukkan lonjakan kompetensi yang signifikan pada kelompok mitra, di mana 11 dari 12 siswa peserta (91,66%) berhasil lulus melampaui batas ketuntasan minimum dengan nilai akhir di atas 85. Peningkatan ini mencakup penguasaan regulasi K3 workshop, pembacaan cetak biru (*blueprint*) gambar teknik, serta akurasi metrologi pemotongan bahan. Keberhasilan kolektif tersebut mengonfirmasi efektivitas model pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning/PjBL*) dalam memindahkan keahlian rekayasa manufaktur komponen energi terbarukan secara intensif dan merata kepada para siswa.

Di sisi lain, terdapat 1 orang siswa (8,33%) yang tercatat kurang berhasil memenuhi target kelulusan utama akibat kendala sinkronisasi motorik dan pemahaman teori dasar. Secara numerik, siswa ini mengawali program dengan skor kognitif awal (*pre-test*) sebesar 45, lalu meningkat menjadi

70 saat *post-test*, namun nilai tersebut belum mampu mencapai batas ketuntasan minimum yang dipersyaratkan yaitu 75. Ketidakberhasilan kognitif ini berdampak pada performa psikomotorik praktiknya yang berada di angka 60, di mana pengukuran menggunakan *Welding Gauge* dan *Vernier Caliper* mengidentifikasi adanya cacat *lack of penetration* (kurang penembusan), percikan las berlebih (*spatter*) hingga 15% di sekitar jalur las, serta deviasi kesikuan struktur (*fitting error*) sebesar 3 mm.

Dampak Perubahan Sosial Budaya dan Ekonomi Mitra

Melalui penyelesaian proyek bersama ini, pengabdian masyarakat ini membawa dampak transformatif yang multidimensional pada institusi mitra. Dari dimensi sikap dan sosial budaya, terjadi pergeseran iklim akademik yang signifikan di bengkel kerja sekolah. Budaya praktikum siswa yang semula bersifat individualistik dan monoton kini berubah menjadi ekosistem kerja tim yang kolaboratif, kompetitif, dan berorientasi pada hasil industri. Para siswa kini memiliki kebanggaan tersendiri karena mampu memproduksi komponen fisik berteknologi EBT yang berkontribusi langsung pada kelestarian lingkungan. Selain itu, guru-guru produktif mendapatkan pembaruan materi melalui Modul Pembelajaran PjBL Manufaktur Rangka PLTS terintegrasi yang tervalidasi industri, menggantikan modul konvensional lama.

Dari dimensi ekonomi, keberhasilan manufaktur rangka modular ini memberikan solusi efisiensi anggaran bagi pihak sekolah. Struktur rangka penopang hasil fabrikasi mandiri siswa ini teruji secara empiris mampu menahan pembebanan statis nyata seberat 25 kg tanpa mengalami lendutan kritis maupun kegagalan patah sambungan pada uji pembebanan statis. Dengan kemampuan memproduksi rangka penopang secara mandiri, SMK Muhammadiyah 1 Malang dapat memotong biaya pengadaan komponen fisik struktural dalam rencana instalasi PLTS mandiri di masa depan hingga 40% jika dibandingkan membeli produk pabrikan di pasar komersial. Dasar perhitungan penghematan biaya hingga 40% ini didasarkan pada analisis struktur ekonomi teknik yang membandingkan Harga Pokok Produksi (HPP) mandiri dengan harga pasar komersial. Pada manufaktur mandiri di workshop sekolah, seluruh komponen biaya non-teknis seperti margin keuntungan vendor, biaya distribusi logistik produk yang berat, dan pajak (PPN) dapat dipangkas hingga 0%. Selain itu, pengeluaran terbesar dalam industri berupa biaya tenaga kerja langsung (*direct labor cost*) dapat dieliminasi karena fabrikasi diintegrasikan langsung sebagai bagian dari kegiatan praktikum kurikulum siswa. Dengan hanya mengeluarkan biaya untuk material dasar batangan, bahan habis pakai, dan sedikit *overhead* listrik bengkel, akumulasi biaya riil produksi mandiri terhitung jauh lebih murah dibandingkan membeli produk penopang siap pasang di pasar komersial. Lebih jauh, purwarupa ini menjadi modal utama sekolah dalam mengembangkan unit bisnis (*teaching factory*) yang melayani pemesanan eksternal rangka dudukan panel surya di kawasan Malang Raya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh rangkaian pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat yang telah dilaksanakan dengan baik, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Kegiatan pengabdian masyarakat ini telah berhasil merealisasikan sebuah produk luaran fisik berupa purwarupa rangka panel surya modular sistem *knock-down* berbahan baja ringan yang secara fungsional mampu menopang beban statis modul surya hingga kapasitas daya 200 Watt Peak (WP) tanpa mengalami kegagalan struktural. Selain luaran fisik, program transfer teknologi ini berhasil meningkatkan kapasitas teknis dan unjuk kerja siswa secara signifikan, di mana 11 dari 12 siswa peserta (91,66%) lulus standar kompetensi dengan nilai di atas 85 pada aspek pembacaan *blueprint* desain mekanis, metrologi pemotongan bahan, dan teknik pengelasan *full-penetration*. Mitra juga memperoleh manfaat institusional berupa dokumen kurikulum operasional baru berbentuk Modul Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning/PjBL*) yang telah tervalidasi industri.
2. Pendekatan model pembelajaran PjBL terintegrasi manufaktur hijau (*green manufacturing*) ini terbukti efektif merekonstruksi iklim praktikum bengkel mitra menjadi lebih kolaboratif, kompetitif, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi Energi Baru Terbarukan (EBT). Dari aspek ekonomi, penguasaan manufaktur rangka secara mandiri ini mampu memotong biaya pengadaan komponen fisik struktural sebesar 40% untuk rencana instalasi PLTS mandiri sekolah di masa depan, serta menjadi modal pengembangan unit bisnis *teaching factory*.

3. Kekurangan Program: Kendala teknis utama yang dihadapi selama proses fabrikasi bersama siswa adalah timbulnya fenomena distorsi termal minor pada sambungan las siku baja tipis akibat akumulasi masukan panas (*heat input*) yang berlebih dari mesin las SMAW, yang memerlukan asistensi intensif ekstra agar produk akhir tetap berada dalam batas.
4. Kemungkinan Pengembangan Selanjutnya: Peluang pengembangan ke depan dari produk luaran pengabdian ini adalah melakukan diversifikasi material dasar struktur utama dengan menggunakan logam aluminium paduan (*aluminium alloy*) ekstrusi guna memangkas berat total penopang, menerapkan cetakan penahan (*jig fixture*) yang lebih rigid untuk mengeliminasi distorsi panas, serta mengintegrasikan sistem penjejak matahari otomatis (*dual-axis solar tracker*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) Universitas Muhammadiyah Malang atas dukungan finansial eksternal, fasilitasi penuh, dan pendanaan melalui skema *Blockgrant* tahun anggaran berjalan. Apresiasi yang tinggi juga penulis sampaikan kepada Kepala Sekolah, staf guru produktif, dan seluruh siswa Program Keahlian Teknik Mesin SMK Muhammadiyah 1 Malang yang telah menunjukkan komitmen, partisipasi aktif, dan kerja sama yang sangat baik sepanjang pelaksanaan program pengabdian masyarakat berbasis produk teknologi energi terbarukan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Community and S. Journal, "PENINGKATAN KESADARAN ENERGI BARU TERBARUKAN (EBT) DI SMKN 6 BANDUNG MELALUI," *NOBEL COMMUNITY Serv. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 25–33, 2025.
- [2] M. Muhyatul, "Transformasi Energi Terbarukan dalam Kerangka Pembangunan Berkelanjutan: Studi Evaluatif Atas Kebijakan dan Implementasi di Indonesia," *Trends Appl. Sci. Soc. Sci. Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–30, 2025.
- [3] R. M. Fiana, A. Asben, W. S. Murtius, and R. Koja, "Implementasi Teknologi Hilirisasi Biokonversi Limbah Baglog Menjadi Kompos pada Kelompok Wanita Tani Limau Manis Sejahtera Di Kecamatan Pauh Kota Padang Implementation Of Downstream Technology For Converting Spent Mushroom Baglog Waste Into Compost For Th," *J. Hilirisasi Iptkes*, vol. 9, no. 1, pp. 67–79, 2026.
- [4] W. S. Wahyu Dwi Lestari¹, Dhian Satria Yudha², "Implementasi Teknologi Pengolah Kerupuk untuk Meningkatkan Kapasitas," *E-DIMAS J. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 14, no. 4, pp. 816–822, 2023.
- [5] D. Sedian and S. Likmi, "Teaching Factory pada Sekolah Menengah Kejuruan untuk Mengatasi Kekurangan Sumber Daya Manusia dalam Implementasi Program Desa Digital Teaching Factory in Vocational High Schools to Overcome Lack of Human Resources in the Implementation of the Digital Vil," *J. Pengabdi. Masy. Bestari*, vol. 1, no. 5, pp. 249–262, 2022.
- [6] Z. R. Rani Nopita Alvionita, "Abdi Raya Nusantara Abdi Raya Nusantara," *Abdi Raya Nusant.*, vol. 1, no. 2, pp. 190–207, 2025.
- [7] M. Ginting, E. S. Pasaribu, E. Siagian, and E. H. Manao, "Penguatan Kompetensi Digital Marketing Untuk Mempersiapkan Generasi Muda Adaktif Terhadap Tranformasi Digital Sari Mutiara Indonesia Submitted : Juni Reviewed : Juni Accepted : Juni Email : Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi dalam beberapa ta," *Altifani*, vol. 6, no. 1, 2026.
- [8] S. Aisyah and W. Ridwan, "Peningkatan Kompetensi Guru dalam Pemanfaatan Teknologi Digital 3D Berbasis Aplikasi Marvelous Designer di SMK Garudayya Bontonompo Kabupaten Gowa," *J. ABDIMAS Indones.*, vol. 5, no. 4, pp. 2808–2823, 2025.
- [9] S. N. Indah, K. Hasanah, K. Rahmawati, and M. Trilaksono, "Membangun Kemandirian Ekonomi Siswa SMK melalui Unit Produksi Slipper Hotel Berorientasi Pasar," *DHARMA J. Pengabdi. Masy.*, vol. 6788, pp. 135–144, 2024.
- [10] A. Kusmantoro, "Pelatihan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di SD Negeri," *Surya Abdimas*, vol. 6, no. 3, pp. 555–564, 2022.
- [11] B. S. A. Jangkung Raharjo, "INTEGRASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ON

- GRID UNTUK,” *JMM (Jurnal Masy. Mandiri)*, vol. 7, no. 5, pp. 4224–4232, 2023.
- [12] M. H. Barri, B. S. Aprillia, A. Sugiana, and K. B. Adam, “Integrasi Modul Energi Surya untuk Membantu Sistem Kelistrikan di Pondok Pesantren Darul Bayan Kecamatan Jatinangor Kabupaten Bandung Integration of Solar Energy Module to Help The Electricity System in Darul Bayan Islamic Boarding School , Jatinangor Dis,” *J-Dinamika*, vol. 6, no. 1, pp. 122–127, 2021.
- [13] W. A. Wirawan, A. Wulansari, G. Sakti, and H. Prayitno, “Program Pengabdian Masyarakat : Pengenalan dan Penerapan Dasar Evaluasi Hasil Pengelasan Listrik SMAW Dengan Metode NDT,” *J. SINERGI Pengabdi.*, vol. 1, pp. 1–12, 2025.
- [14] J. Tkro and S. M. K. Mandiri, “PELATIHAN PENGELASAN SMAW UNTUK SISWA JURUSAN TKRO SMK MANDIRI CIREBON Leo,” *J. Pengabdi.*, vol. 02, no. 01, pp. 61–69, 2023.
- [15] S. R. Afadil, Pathuddin, Anang Wahid M. Diah, “Penguatan Literasi Numerasi Guru Kimia melalui Inovasi E-Modul Berbasis Project-Based Learning dan Pendekatan STEM di Kabupaten Donggala,” *J. Pengabdi. Kpd. Masy. Nusantara.*, vol. 6, no. 4, pp. 4717–4726, 2025.
- [16] H. Soepriyanti, U. Waluyo, H. Suryaningsih, L. Ode, A. Aris, and P. B. Inggris, “PENGEMBANGAN MODUL AJAR PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK (PROJECT-BASED LEARNING) BAGI GURU-GURU SMPN 1 SUKAMULIA LOMBOK TIMUR Article History : Diterima,” *arma Diksani J. Pengabdi. Ilmu Pendidikan, Sos. dan Hum. Darma Diksani J. Pengabdi. Ilmu Pendidikan, Sos. dan Hum.*, pp. 144–158, 2025.
- [17] J. A. M. Hafis Muaddab1, Ika Zunitasari2, “PROBLEMATIKA GREEN SKILL TERHADAP KESIAPAN,” *Res. Dev. J. Educ.*, vol. 10, no. 1, pp. 460–470, 2024.
- [18] F. R. Baharuddin *et al.*, “Pengenalan dan Pelatihan Teknologi VR / AR bagi Siswa SMK Negeri 1 Enrekang untuk Mendukung Pendidikan Berbasis Teknologi,” *Abdimas*, vol. 3, pp. 263–269, 2025.