



Produk Alat Praktek PLTS Atap, Perspektif: Kelayakan Produksi

Stieven N. Rumokoy¹, Adriyan Warokka², I Gede Para Atmaja³, Stanley B. Dodie⁴,
Adelaida Joroh⁵, Arief P. Kumaat⁶

^{1,3,4} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

² Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

^{5,6} Jurusan Administrasi Bisnis, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

e-mail: ¹rumokoy@polimdo.ac.id, ²adryan.w@gmail.com, ³igedeatmaja69@gmail.com

⁴stanleydodie@elektro.polimdo.ac.id, ⁵jorohadelaida84@gmail.com, ⁶arief.kumaat@gmail.com

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap semakin menjadi fokus dalam upaya pemanfaatan sumber energi terbarukan. Dalam konteks pendidikan dan pelatihan untuk pemanfaatan energi terbarukan khususnya pada PLTS atap, ketersediaan alat praktek yang efektif sangat penting untuk membekali tenaga kerja dengan keterampilan instalasi dan pemeliharaannya. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan produksi alat praktek PLTS atap yang dirancang untuk mendukung proses pembelajaran di bidang energi terbarukan. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur untuk mengidentifikasi tren dan kebutuhan teknologi dalam pendidikan dan pelatihan PLTS serta studi deskriptif melalui wawancara dengan ahli di bidang energi terbarukan dan beberapa pihak yang menjadi sasaran konsumen produk ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ini memiliki kelayakan tinggi untuk diproduksi, dengan keunggulan pada aspek Kelayakan Hukum/Legalitas, Kelayakan Operasional, Kelayakan Jadwal/Waktu, Kelayakan Ekonomi. Alat ini juga dirancang dengan komponen yang mudah diperoleh dan dapat dibongkar pasang, sehingga fleksibel untuk penggunaan di dalam dan luar ruangan. Analisis menunjukkan bahwa alat ini dapat berfungsi sebagai sarana efektif dalam pembelajaran praktis PLTS, memberikan pengalaman mendekati kondisi nyata di lapangan, serta memiliki potensi menjadi produk unggulan yang dapat diterapkan melalui proses pembelajaran berbasis Teaching Factory (TeFa) institusi pendidikan teknik.

Kata kunci – Kelayakan Hukum, Kelayakan Operasional, Kelayakan Waktu, Kelayakan Ekonomi.

Abstract

Rooftop Solar Power Plants are increasingly becoming a focal point in the use of renewable energy sources. In the context of education and training for renewable energy utilization, particularly for rooftop Solar Power Plants, the availability of effective training equipment is essential for equipping the workforce with the necessary installation and maintenance skills. This study aims to assess the feasibility of producing rooftop Solar Power Plants training equipment designed to support the learning process in the field of renewable energy. The research methods used include literature reviews to identify trends and technology needs in Solar Power Plants education and training, as well as descriptive studies through interviews with renewable energy experts and prospective product consumers. The research results indicate that this equipment has high feasibility for production, with strengths in Legal/Legal Feasibility, Operational Feasibility, Schedule/Time Feasibility, and Economic Feasibility. This equipment is also designed with easily obtainable components and is modular, making it flexible for both indoor and outdoor use. The analysis shows that this equipment can serve as an effective tool in practical PLTS training, providing an experience close to real field conditions. It also has the potential to become a flagship product that can be implemented through Teaching Factory (TeFa)-based learning processes in technical education institutions.

Keywords - Legal Feasibility, Operational Feasibility, Time Feasibility, and Economic Feasibility.



1. PENDAHULUAN

Peningkatan permintaan energi listrik serta isu perubahan iklim telah mendorong peralihan dari energi fosil ke sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)[1][2]. PLTS atap merupakan salah satu solusi populer yang dapat mengurangi emisi karbon sekaligus memenuhi kebutuhan energi listrik, terutama dalam skala rumah tangga dan komersial[3][4]. Teknologi ini tidak hanya memberikan alternatif energi bersih tetapi juga mendorong penghematan biaya energi jangka panjang[5][6]. Dalam konteks tersebut, Indonesia, sebagai negara yang memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi matahari, berupaya mengembangkan penggunaan PLTS melalui berbagai program pemerintah, termasuk program yang mendorong peningkatan kapasitas tenaga kerja terampil dalam instalasi dan pemeliharaan sistem PLTS atap[7][8][9].

keberhasilan instalasi dan pemeliharaan PLTS atap memerlukan tenaga kerja yang tidak hanya memahami teori, tetapi juga memiliki keterampilan teknis yang memadai. Untuk menjawab kebutuhan tersebut, dibutuhkan alat praktek yang dirancang khusus untuk simulasi instalasi dan pemeliharaan PLTS atap[10][11][12]. Alat praktek ini harus dapat memberikan gambaran kondisi nyata di lapangan sehingga peserta pelatihan dapat memperoleh pengalaman praktis yang mendalam. Salah satu pendekatan dalam pendidikan dan pelatihan yang efektif untuk membekali keterampilan praktis ini dengan membuat alat praktek PLTS atap.

Penelitian ini berfokus pada evaluasi kelayakan produksi alat praktek PLTS atap yang merupakan produk hasil penelitian sebagai bagian dari upaya mendukung pengembangan tenaga kerja yang kompeten dalam bidang energi terbarukan. Alat ini dirancang dengan mempertimbangkan aspek aspek kelayakan, termasuk Kelayakan Hukum/Legalitas, Kelayakan Operasional, Kelayakan Jadwal/Waktu, Kelayakan Ekonomi untuk digunakan baik di dalam maupun di luar ruangan. Studi kelayakan ini dapat memberikan informasi menyeluruh mengenai potensi dan tantangan produksi alat praktek PLTS atap dalam konteks pendidikan dan pelatihan[13][14]. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan dasar untuk pengambilan keputusan terkait produksi alat praktek PLTS atap dalam skala yang lebih luas, dengan mempertimbangkan aspek-aspek teknis, ekonomi, serta kontribusi potensial terhadap peningkatan kompetensi tenaga kerja di bidang energi terbarukan. Selain itu, alat ini dapat menjadi produk unggulan yang berkontribusi pada pengembangan program Teaching Factory di institusi pendidikan teknik, khususnya dalam mempersiapkan tenaga kerja yang siap bersaing dalam industri energi terbarukan.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, pendekatan metode yang digunakan melibatkan dua langkah utama: studi literatur dan studi deskriptif melalui wawancara. Pendekatan ini dipilih untuk memberikan pemahaman menyeluruh mengenai kelayakan produksi alat praktek PLTS atap yang dirancang khusus untuk pendidikan dan pelatihan dalam bidang energi terbarukan. Tahap pertama adalah studi literatur, yang melibatkan pengumpulan dan analisis sumber-sumber akademis, seperti jurnal ilmiah, buku, laporan industri, serta kebijakan pemerintah terkait pendidikan dan pengembangan energi terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap. Studi ini bertujuan untuk memahami kebutuhan teknologi terkini, tren dalam penerapan PLTS, dan praktik terbaik yang berlaku dalam pendidikan terkait instalasi PLTS. Selain itu, studi literatur membantu dalam mengidentifikasi standar-standar teknis dan aspek keamanan yang penting untuk diintegrasikan dalam desain alat praktek yang efektif dan aman. Dengan mempelajari perkembangan teknologi dan kebutuhan sektor pendidikan, hasil dari studi ini memberikan dasar teoritis yang kokoh untuk mendukung rancangan alat praktek PLTS atap.

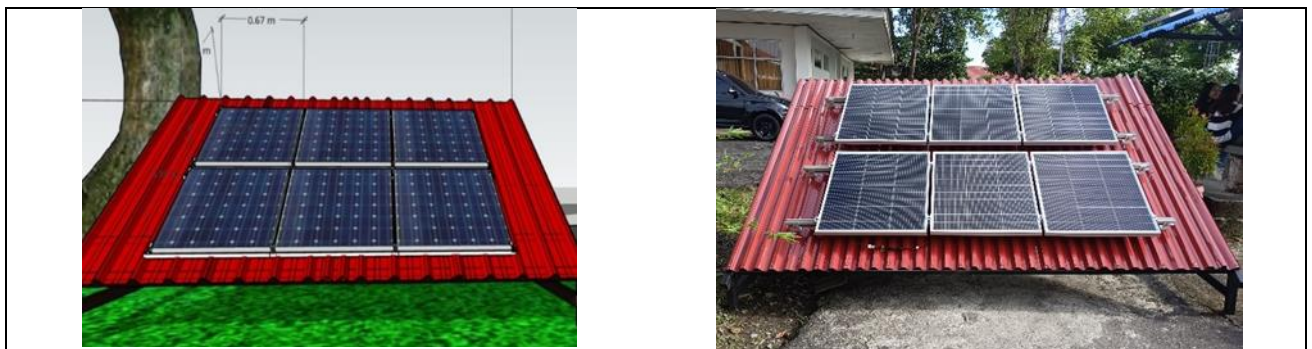
Langkah kedua adalah studi deskriptif melalui wawancara. Wawancara dilakukan secara mendalam dengan para ahli di bidang energi terbarukan, termasuk tenaga pengajar, praktisi instalasi PLTS, serta pihak-pihak lain yang terlibat dalam pendidikan energi terbarukan. Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh wawasan langsung mengenai kebutuhan dan tantangan yang dihadapi dalam pelatihan instalasi PLTS atap. Wawancara juga dilakukan dengan calon pengguna produk ini, seperti tenaga pengajar dan peserta pelatihan di bidang kelistrikan, untuk memahami fitur-fitur apa saja yang diharapkan ada dalam alat praktek ini. Input dari responden sangat penting dalam memastikan alat yang dirancang sesuai dengan kebutuhan praktis di lapangan.

Data yang dikumpulkan dari studi literatur dan wawancara dianalisis secara mendalam untuk mengevaluasi kelayakan teknis, ekonomis, dan operasional alat praktek PLTS atap. Hasil dari kedua metode ini memberikan landasan untuk menyusun rekomendasi yang dapat mendukung keputusan produksi alat, sekaligus memastikan bahwa desainnya sesuai dengan standar industri dan kebutuhan pembelajaran. Kombinasi antara kajian teoritis dan masukan langsung dari praktisi di lapangan menjadikan pendekatan ini lebih komprehensif dalam mengidentifikasi peluang serta tantangan produksi alat praktek PLTS atap. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan solusi inovatif dan tepat guna untuk pendidikan teknik di bidang energi terbarukan, menjadikan alat praktek ini sebagai sarana pembelajaran yang efektif serta sebagai produk unggulan dalam mendukung kompetensi kerja di bidang energi bersih dan berkelanjutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Deskripsi Rancangan Alat

Pada gambar 1 dan 2 memperlihatkan rancangan detail alat praktik instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap yang dirancang untuk pendidikan dan pelatihan. Alat ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu blok instalasi atap dan blok simulasi beban. Blok instalasi atap dirancang untuk meniru kondisi nyata dalam instalasi panel surya di atap rumah, meliputi kerangka atap yang dapat dilepas-pasang, material atap yang dipasang sesuai standar, serta tanda pijakan untuk mengedepankan aspek keselamatan kerja. Kerangka atap disusun dengan kemiringan 30° - 35° , sesuai dengan kemiringan atap rumah pada umumnya, sehingga peserta dapat merasakan pengalaman yang realistis saat memasang panel surya.



Gambar 1. Rancangan dan hasil produk Blok Instalasi Atap



Gambar 2. Rancangan dan hasil produk Blok Simulasi beban

Blok simulasi beban berfungsi untuk mereplikasi aliran daya listrik setelah panel surya dipasang. Blok ini dilengkapi dengan komponen seperti inverter, kWh-meter untuk pengukuran daya, serta perangkat proteksi seperti DC breaker dan AC breaker. Komponen-komponen tersebut dirancang pada bidang vertikal



yang menyerupai dinding, agar peserta dapat berlatih memasang komponen listrik pada permukaan vertikal, sebuah tahap penting dalam pemasangan PLTS atap.

Kedua blok ini dibuat untuk memudahkan pemahaman praktis mengenai instalasi PLTS atap, memungkinkan peserta mendapatkan kompetensi yang diperlukan secara efektif. Desain yang dapat dilepas-pasang memberikan fleksibilitas penggunaan alat ini, baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan, sehingga pembelajaran dan simulasi pembebanan dapat dilakukan dengan kondisi yang menyerupai kenyataan.

Alat ini dirancang untuk digunakan di dalam ruangan terlebih dahulu, memungkinkan peserta praktek mendapatkan pelatihan langsung di bawah pengawasan pembimbing. Penggunaan di dalam ruangan memastikan bahwa pertukaran informasi antara peserta praktek dan pembimbing dapat berlangsung lebih efektif, sehingga setiap langkah dalam proses instalasi dapat dipelajari dengan cermat dan terarah. Setelah peserta praktek memiliki pemahaman yang cukup, alat ini kemudian dibongkar dan dipasang kembali di luar ruangan. Di luar ruangan, alat tersebut digunakan untuk proses simulasi yang lebih realistis, memanfaatkan paparan sinar matahari secara langsung untuk mensimulasikan kondisi operasional sebenarnya dari sistem PLTS atap.

3.2. Analisis Kebutuhan Pelanggan

Analisis kebutuhan pelanggan terhadap produk alat praktek instalasi PLTS rooftop ini berfokus pada beberapa aspek penting yang dapat mendukung keberhasilan penerapannya dalam lingkungan pendidikan dan pelatihan. Seiring meningkatnya penggunaan energi surya, terutama untuk instalasi PLTS skala rumah tangga, kebutuhan untuk memiliki tenaga kerja yang memahami teknologi PLTS secara praktis semakin mendesak. Lembaga Pendidikan seperti Institusi pendidikan vokasi, pusat pelatihan kejuruan, dan lembaga sertifikasi kompetensi memerlukan alat yang dapat memberikan pengalaman langsung dalam instalasi PLTS yang mudah dipahami dan sesuai dengan kondisi lapangan. Kebutuhan akan alat yang sederhana, mudah dioperasikan, dan mudah dirawat sangat penting agar dapat digunakan oleh berbagai tingkat pengguna, baik siswa maupun profesional. Oleh karena itu, alat ini dirancang dengan desain modular yang memudahkan perawatan serta penggantian komponen, sehingga dapat berfungsi optimal untuk jangka waktu yang panjang dan mendukung proses pembelajaran yang efisien.

Selain itu, sasaran pengguna produk seperti institusi pendidikan vokasi dan lembaga pelatihan menginginkan produk yang telah melalui proses validasi yang menjamin keselamatan dan kualitasnya. Validasi komponen memastikan bahwa alat ini aman dan sesuai dengan standar industri. Ini memberikan kepercayaan bahwa alat tersebut dapat digunakan dengan aman dan akurat sebagai alat uji kompetensi. Fleksibilitas dalam simulasi dan demonstrasi juga menjadi kebutuhan penting bagi lembaga pelatihan, karena alat ini harus mampu mensimulasikan berbagai skenario instalasi PLTS, baik dalam konteks rumah tangga maupun skala komersial. Fleksibilitas ini memungkinkan instruktur untuk menunjukkan cara kerja PLTS secara praktis dan mensimulasikan kondisi beban yang relevan dengan situasi di lapangan.

Alat praktek ini juga didesain untuk mendukung kegiatan uji kompetensi dan sertifikasi tenaga ahli dalam bidang energi surya. Lembaga sertifikasi membutuhkan alat yang dapat menguji keterampilan teknis peserta secara efektif, dan produk ini dilengkapi dengan fitur standar yang mendukung simulasi pengoperasian sistem PLTS di rooftop, serta memungkinkan evaluasi instalasi dan pemeliharaan. Selain itu, komponen alat ini dipilih dengan mempertimbangkan keberlanjutan dan aksesibilitasnya, sehingga pengguna dapat dengan mudah memperoleh pengganti komponen saat diperlukan. Hal ini menjamin alat dapat digunakan dalam jangka panjang dan mendukung efisiensi biaya bagi pengguna.

Untuk mendukung penggunaan alat praktek ini, sasaran pengguna produk juga membutuhkan dokumen pendukung penggunaan produk seperti modul pembelajaran yang terstruktur. Dokumen ini penting agar instruktur dan peserta didik mendapatkan panduan yang lengkap dalam hal instalasi, pemeliharaan, dan pengoperasian alat praktek PLTS, termasuk aspek keselamatan kerja. Dukungan dokumen ini akan mempermudah integrasi alat praktek ini dalam kurikulum pelatihan yang ada. Selain itu, harga yang terjangkau menjadi kebutuhan utama, terutama bagi institusi pendidikan dan pelatihan. Keekonomian produk ini dicapai dengan memilih komponen yang terjangkau namun berkualitas, serta melalui proses manufaktur yang efisien. Dengan demikian, produk ini dapat diakses oleh berbagai lembaga pendidikan dan pelatihan, mendukung peningkatan kompetensi tenaga kerja di bidang energi terbarukan, dan berkontribusi pada pemerataan akses terhadap pendidikan vokasi di bidang teknologi PLTS.



3.3. Peta Pasar

Peta pasar produk alat praktek instalasi PLTS rooftop ini disusun dengan mempertimbangkan kebutuhan dan potensi penerapannya di berbagai segmen pendidikan dan pelatihan. Secara khusus, segmen pasar yang menjadi target adalah institusi pendidikan vokasi (sekolah menengah kejuruan dan politeknik), pusat pelatihan kejuruan, lembaga sertifikasi kompetensi, serta pusat pelatihan kerja dan lembaga sertifikasi profesi di bidang energi terbarukan. Selain itu, segmen pasar potensial lainnya meliputi lembaga pemerintah yang berkaitan dengan tenaga kerja, seperti Balai Latihan Kerja (BLK) dan lembaga pelatihan swasta yang fokus pada pengembangan keterampilan dalam bidang energi surya.

Nilai proposisi utama yang ditawarkan oleh alat praktek ini adalah kemampuannya untuk menyediakan solusi praktis, efisien, dan ekonomis bagi pendidikan dan pelatihan instalasi PLTS rooftop. Produk ini memberikan manfaat langsung berupa alat simulasi nyata yang dapat digunakan untuk pembelajaran dan uji kompetensi di bidang energi terbarukan, khususnya tenaga surya. Selain itu, alat ini dirancang agar sesuai dengan standar industri dan mengakomodasi penggunaan pada rooftop, memberikan pengalaman langsung yang mendekati kondisi lapangan bagi para pengguna, sehingga meningkatkan kualitas pelatihan serta keterampilan peserta didik dan tenaga kerja. Proposisi ini diperkuat dengan fitur validasi komponen di laboratorium dan lingkungan rooftop, yang memastikan alat dapat dioperasikan dengan aman, stabil, dan sesuai kebutuhan pengguna.

Fitur unggulan alat praktek ini meliputi desain modular yang memudahkan perawatan dan penggantian komponen, validasi komponen dan subsistem, fleksibilitas simulasi beban, serta dokumentasi lengkap untuk penggunaan dan pemeliharaan alat. Desain modularnya memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mengganti atau memperbaiki komponen tanpa perlu keterampilan teknis tinggi, menjadikannya alat yang ramah pengguna bagi berbagai tingkat keterampilan. Fitur validasi komponen, baik di laboratorium maupun rooftop, juga menjadi keunggulan yang jarang dimiliki produk sejenis, karena memastikan kualitas dan keamanan alat dalam simulasi kondisi nyata. Selain itu, fleksibilitas simulasi pada alat ini memungkinkan pengguna untuk mempraktikkan berbagai skenario instalasi, sehingga meningkatkan efektivitas pembelajaran.

Target pelanggan dari produk ini adalah Sekolah Kejuruan, Institusi Pendidikan Tinggi Vokasi dan Akademik, Lembaga Pelatihan Kejuruan, dan Lembaga Sertifikasi Profesi di bidang energi terbarukan. Selain itu, lembaga-lembaga pemerintahan seperti Balai Latihan Kerja (BLK) yang menangani pelatihan kerja dan lembaga sertifikasi profesi di bidang kelistrikan juga menjadi target utama. Institusi pendidikan tinggi dan lembaga riset yang berfokus pada pengembangan energi terbarukan dan kelistrikan juga menjadi target, karena produk ini dapat mendukung program penelitian dan pengembangan di bidang tenaga surya.

Strategi pemasaran yang diusulkan untuk produk ini mencakup beberapa pendekatan, yaitu pemasaran langsung kepada institusi pendidikan dan pelatihan, partisipasi dalam pameran atau expo yang berfokus pada energi terbarukan dan teknologi pendidikan, serta pemasaran digital yang menjangkau audiens lebih luas. Pemasaran langsung mencakup kunjungan ke sekolah, politeknik, dan lembaga pelatihan kerja, disertai dengan demonstrasi produk untuk menunjukkan keunggulan dan cara kerja alat ini. Pameran dan expo energi terbarukan atau pameran pendidikan vokasi akan menjadi peluang untuk memperkenalkan alat ini ke lebih banyak lembaga pendidikan dan menarik minat mitra industri. Strategi pemasaran digital akan dilakukan dengan memanfaatkan media sosial, situs web, serta webinar untuk memaparkan keunggulan alat ini, terutama bagi calon pelanggan yang berada di daerah terpencil yang tidak mudah dijangkau melalui pemasaran langsung. Strategi ini diharapkan dapat memperluas jangkauan produk dan menjadikannya solusi yang dikenal luas dalam mendukung pendidikan dan pelatihan di bidang energi terbarukan.

3.4. Kondisi Pasar

Kondisi pasar untuk produk alat praktek instalasi PLTS rooftop menunjukkan prospek yang cerah pada segmen pelanggan khusus. Seiring dengan meningkatnya perhatian pada energi terbarukan, khususnya energi surya, permintaan untuk tenaga kerja terampil dalam instalasi dan pemeliharaan PLTS terus meningkat. Didorong oleh berbagai kebijakan pemerintah yang mengarahkan penggunaan energi terbarukan sebagai bagian dari target keberlanjutan, maka diperlukan SDM yang mumpuni untuk mewujudkannya. Hal ini menciptakan kebutuhan yang signifikan akan alat praktek berkualitas yang dapat menunjang pelatihan dan sertifikasi kompetensi bagi tenaga kerja di sektor energi surya.



Pada segmen pendidikan vokasi dan Lembaga pelatihan, seperti sekolah menengah kejuruan, politeknik, dan lembaga pelatihan kerja, terdapat minat yang besar terhadap produk yang dapat memberikan pengalaman praktis mendekati kondisi di lapangan. Alat praktek PLTS rooftop hasil penelitian ini menawarkan solusi tepat, karena mendukung pembelajaran langsung serta simulasi yang realistis untuk para peserta pelatihan. Selain itu, alat ini juga relevan bagi lembaga sertifikasi profesi dan pusat pelatihan yang memerlukan perangkat untuk uji kompetensi sesuai standar industri.

Nilai proposisi utama dari produk ini terletak pada kemampuannya untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran yang komprehensif dan berstandar tinggi, sementara tetap mempertahankan biaya yang kompetitif. Dengan desain modular yang mudah dirakit dan dioperasikan, alat ini dapat menjangkau pasar yang luas, termasuk lembaga pendidikan di wilayah terpencil yang memiliki keterbatasan anggaran. Peluang pasar lainnya muncul dari kebutuhan industri yang semakin berkembang untuk memastikan bahwa tenaga kerja di sektor energi terbarukan memiliki keterampilan yang sesuai dengan tuntutan teknologi terkini. Hal ini membuka peluang bagi alat praktek PLTS rooftop ini untuk diperkenalkan ke lebih banyak institusi dan mitra industri yang memerlukan perangkat pelatihan internal bagi karyawan atau peserta magang.

Secara keseluruhan, kondisi pasar untuk produk ini sangat menjanjikan dengan adanya tren global dan nasional yang mendorong peningkatan kompetensi di sektor energi surya. Produk alat praktek ini berada pada posisi yang kuat untuk memanfaatkan peluang tersebut dengan menawarkan solusi pelatihan yang inovatif, mudah diakses, dan relevan dengan kebutuhan pasar saat ini

3.5. Keunggulan Kompetitif

Produk alat praktek instalasi PLTS rooftop ini memiliki beberapa keunggulan kompetitif yang membuatnya unggul di pasar pelatihan energi terbarukan. Pertama, produk ini dirancang dengan fitur modular yang memudahkan perakitan, perawatan, dan penggantian komponen. Desain modular ini memberikan fleksibilitas bagi lembaga pelatihan untuk menyesuaikan perangkat sesuai kebutuhan pembelajaran atau anggaran yang tersedia. Dengan kemudahan perawatan dan penggantian komponen, alat ini menawarkan efisiensi operasional yang tinggi, menjadikannya pilihan yang lebih ekonomis dibandingkan produk sejenis yang membutuhkan perawatan lebih kompleks.

Kedua, alat praktek ini mengedepankan kemampuan validasi komponen dan subsistem baik di lingkungan laboratorium maupun rooftop yang sesungguhnya. Fitur validasi ini memungkinkan pengguna untuk menguji kinerja sistem dalam kondisi simulasi dan nyata, sehingga memastikan alat bekerja sesuai standar keselamatan dan performa di lapangan. Ini memberikan nilai tambah dibandingkan produk lain yang mungkin hanya dapat diuji di laboratorium. Fitur ini membantu lembaga pendidikan dan pelatihan untuk memberikan pengalaman lebih realistis bagi peserta, sehingga meningkatkan keterampilan teknis mereka dalam instalasi PLTS rooftop.

Ketiga, produk ini menawarkan fleksibilitas simulasi yang memungkinkan pengguna untuk mencoba berbagai skenario operasional PLTS rooftop. Kemampuan simulasi ini sangat berguna bagi pelatihan kompetensi, karena memungkinkan peserta untuk mempelajari cara mengelola berbagai situasi yang mungkin dihadapi di lapangan. Keunggulan ini juga menjadikan alat ini sebagai perangkat yang ideal untuk uji kompetensi dan sertifikasi, terutama di lembaga pelatihan dan sertifikasi profesi.

Keunggulan kompetitif lainnya adalah dukungan dokumen teknis yang lengkap, mencakup panduan penggunaan, perawatan, dan pemecahan masalah. Dokumen ini dirancang agar mudah dipahami oleh berbagai tingkat keahlian, dari pemula hingga profesional, sehingga memudahkan proses pembelajaran dan pemanfaatan alat secara mandiri. Panduan yang terstruktur ini juga membantu mengurangi waktu pelatihan dan memastikan keamanan operasional, yang menjadi nilai tambah bagi lembaga pendidikan dan pelatihan yang mencari solusi yang user-friendly.

3.6. Aspek Kelayakan

3.6.1. Kelayakan Hukum/Legalitas

Produk hasil penelitian ini dikembangkan dengan memperhatikan syarat hukum dan legalitas yang diperlukan untuk diakui dan dilindungi di dalam lingkup industri. Salah satu indikator penting dari legalitas ini adalah status terdaftar paten sederhana yang telah diperoleh. Paten sederhana ini memberikan



perlindungan hukum terhadap inovasi yang dihasilkan, sehingga pemilik paten memiliki hak eksklusif untuk memanfaatkan dan mengkomersialkan produk ini selama jangka waktu tertentu.

Proses pendaftaran paten sederhana ini mencakup langkah-langkah yang memastikan bahwa produk tersebut memenuhi kriteria kebaruan, inventif, dan dapat diterapkan secara industri. Dengan mendapatkan paten, produk ini tidak hanya terlindungi dari penjiplakan oleh pihak lain, tetapi juga memperkuat posisi kompetitif di pasar. Paten sederhana ini mencerminkan komitmen terhadap inovasi dan pengembangan produk yang berbasis penelitian, serta menegaskan bahwa alat praktek instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap ini memiliki keunikan dan manfaat yang dapat diaplikasikan dalam konteks pendidikan dan industri.

Legalitas ini juga berkontribusi pada kredibilitas produk di mata konsumen, mitra industri, dan institusi pendidikan. Dengan adanya perlindungan paten, institusi atau individu yang ingin menggunakan atau mengembangkan teknologi ini akan merujuk pada pemegang paten untuk mendapatkan izin, sehingga membuka peluang kolaborasi yang lebih luas. Selain itu, status paten ini dapat menjadi nilai jual tambahan dalam upaya pemasaran produk, di mana konsumen lebih cenderung memilih produk yang telah terjamin legalitasnya.

Selanjutnya, alat ini juga telah dirancang dengan mempertimbangkan aspek keselamatan kerja yang sesuai dengan regulasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Setiap elemen dari desain alat telah melalui evaluasi untuk memastikan tidak ada potensi bahaya yang dapat merugikan pengguna selama proses pembelajaran. Penggunaan material yang aman dan sesuai dengan spesifikasi teknis menjamin bahwa alat ini tidak hanya efektif dalam pembelajaran, tetapi juga aman digunakan oleh peserta didik.

Secara keseluruhan, status hukum dan legalitas dari produk hasil penelitian ini tidak hanya menciptakan rasa aman bagi pemilik inovasi, tetapi juga memberikan jaminan kualitas dan keandalan bagi pengguna, sehingga meningkatkan peluang sukses dalam implementasi dan komersialisasi di bidang energi terbarukan, khususnya dalam pendidikan dan pelatihan instalasi PLTS atap.

3.6.2. Kelayakan Operasional

Kelayakan operasional produk hasil penelitian ini diukur berdasarkan beberapa aspek yang memastikan bahwa alat praktek instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam konteks pendidikan dan pelatihan. Pertama, desain alat yang modular dan dapat dibongkar pasang memungkinkan penggunaan yang fleksibel baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Hal ini tidak hanya mendukung proses pembelajaran yang variatif, tetapi juga memudahkan dalam penyimpanan dan transportasi alat, sehingga dapat digunakan di berbagai lokasi.

Kedua, alat ini dirancang dengan mempertimbangkan kenyamanan dan keamanan pengguna. Blok instalasi atap dilengkapi dengan fitur keselamatan, seperti tanda area pijakan yang sesuai, sehingga peserta praktek dapat melakukan instalasi dengan aman. Selain itu, penggunaan komponen yang telah terstandarisasi memastikan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik dan dapat diandalkan selama proses pembelajaran. Ketersediaan suku cadang dan kemudahan dalam pemeliharaan juga menjadi pertimbangan penting dalam kelayakan operasional alat ini.

Ketiga, alat praktek ini dilengkapi dengan berbagai fitur unggulan, seperti sistem simulasi pembebanan yang realistis. Hal ini memungkinkan peserta untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai aliran daya listrik setelah instalasi, serta bagaimana komponen seperti inverter dan pengukuran daya berfungsi dalam konteks nyata. Dengan demikian, peserta tidak hanya belajar teori, tetapi juga dapat mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam praktik yang relevan dengan situasi di lapangan.

Keempat, pengoperasian alat ini dirancang agar mudah dipahami dan dioperasikan oleh peserta, bahkan bagi mereka yang baru pertama kali terlibat dalam instalasi PLTS. Instruksi penggunaan yang jelas, disertai dengan pendampingan dari instruktur, memungkinkan proses pembelajaran berjalan dengan lancar. Metodologi pelatihan yang terstruktur juga mendukung pencapaian kompetensi yang diharapkan.

Terakhir, dengan dukungan dari mitra industri, yang berkomitmen untuk berkontribusi dalam pengembangan produk, kelayakan operasional alat praktek ini semakin terjamin. Kerjasama ini juga membuka peluang bagi pengembangan lebih lanjut berdasarkan umpan balik yang diperoleh dari pengguna. Dengan demikian, produk hasil penelitian ini tidak hanya layak secara teori, tetapi juga siap untuk diimplementasikan secara praktis dalam konteks pendidikan dan pelatihan instalasi PLTS atap.

3.6.3. Kelayakan Jadwal/Waktu

Proses pengembangan produk hasil penelitian ini telah berjalan sesuai dengan jadwal dan waktu yang ditentukan dalam roadmap yang telah direncanakan. Setiap tahap dari proses pengembangan, mulai dari penelitian awal hingga proses pembuatan prototipe produk, dilakukan dengan tahapan waktu yang sesuai, memastikan bahwa semua aktivitas terintegrasi secara harmonis dalam kerangka waktu yang telah ditetapkan. Dalam gambaran sederhana proses menghasilkan produk ini dapat dilihat pada diagram IPO dibawah ini.



Gambar 3. Diagram IPO

3.6.4. Kelayakan Ekonomi

Kelayakan ekonomi dari produk hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat praktek instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap tidak hanya bermanfaat bagi institusi pendidikan, tetapi juga memiliki potensi dampak positif yang lebih luas pada perekonomian lokal dan nasional. Dalam konteks ini, analisis kelayakan ekonomi mencakup tinjauan terhadap proses bisnis, dampak sosial, dan kontribusi terhadap program pendidikan yang relevan.

Pertama-tama, produk ini berpotensi untuk menciptakan lapangan kerja baru, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dengan adanya alat praktek yang efektif, institusi pendidikan dan pelatihan dapat memperluas program mereka, menarik lebih banyak peserta, dan pada gilirannya, menciptakan permintaan untuk instruktur terampil dan tenaga kerja di sektor energi terbarukan. Hal ini sejalan dengan upaya pemerintah untuk meningkatkan jumlah tenaga kerja terampil di bidang energi yang berkelanjutan, mendukung pertumbuhan ekonomi yang lebih hijau.

Selanjutnya, produk ini berkontribusi terhadap pengurangan ketergantungan pada sumber energi fosil. Dengan meningkatkan pemahaman dan keterampilan dalam instalasi PLTS atap, peserta pelatihan akan lebih siap untuk berpartisipasi dalam proyek-proyek energi terbarukan yang berdampak positif pada pengurangan emisi karbon dan perlindungan lingkungan. Ini tidak hanya mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan, tetapi juga dapat mengarah pada penghematan biaya energi bagi masyarakat yang beralih ke energi terbarukan.



Dari sisi investasi, pengembangan produk ini juga dapat menarik perhatian investor dan pemangku kepentingan lainnya yang memiliki ketertarikan dalam sektor energi terbarukan. Ketika permintaan untuk teknologi hijau terus meningkat, keberadaan alat praktek ini dapat meningkatkan daya tarik investasi di sektor pendidikan dan pelatihan yang berkaitan dengan energi terbarukan. Hal ini menciptakan peluang bagi pengembangan ekonomi lokal melalui kolaborasi antara institusi pendidikan, industri, dan pemerintah. Proses bisnis untuk produk ini dimulai dari tahap pengembangan hingga produksi dan pemasaran. Dalam tahap pengembangan, tim peneliti dan pengembang melakukan riset pasar untuk memahami kebutuhan pelanggan dan tren industri yang berkaitan dengan energi terbarukan. Selanjutnya, alat ini diproduksi dengan melibatkan bahan-bahan lokal dan teknik yang efisien untuk meminimalkan biaya dan dampak lingkungan. Dalam proses produksi, keterlibatan mahasiswa sebagai bagian dari program *Teaching Factory (TeFa)* di institusi Pendidikan tinggi, tidak hanya memberikan pengalaman praktis, tetapi juga meningkatkan keterampilan teknis dan manajerial mereka. Hal ini menciptakan sinergi antara pendidikan dan industri, di mana mahasiswa dapat belajar langsung dari proses produksi sambil berkontribusi terhadap penciptaan produk unggulan.

Produk hasil penelitian ini akan merupakan salah satu produk unggulan. Produk ini disasar untuk masuk dalam produksi dalam proses pembelajaran *Teaching Factory (TeFa)*. Secara keseluruhan, produk hasil penelitian ini menunjukkan kelayakan ekonomi yang kuat, didukung oleh proses bisnis yang terencana dan strategis, serta dampak positif yang luas terhadap pengembangan keterampilan, penciptaan lapangan kerja, dan pertumbuhan ekonomi di wilayah sekitar. Dengan integrasi ke dalam program *Teaching Factory (TeFa)*, produk ini tidak hanya memenuhi kebutuhan pendidikan, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap kemajuan ekonomi yang berkelanjutan di Indonesia.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menilai kelayakan produksi alat praktik instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap sebagai sarana pembelajaran dalam bidang energi terbarukan. Alat ini didesain secara khusus untuk mensimulasikan proses instalasi dan pemeliharaan PLTS, dengan dua komponen utama, yaitu blok instalasi atap dan blok simulasi beban, yang bersama-sama memberikan pengalaman praktis dan realistis bagi peserta. Desain alat ini dirancang untuk dapat dilepas-pasang, sehingga memungkinkan penggunaannya baik di dalam maupun di luar ruangan sesuai kebutuhan pembelajaran.

Alat praktik ini memenuhi berbagai aspek kelayakan, termasuk Kelayakan Hukum/Legalitas, Kelayakan Operasional, Kelayakan Jadwal/Waktu, Kelayakan Ekonomi, sehingga dapat diandalkan dalam proses pengajaran PLTS atap di institusi pendidikan dan pelatihan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa alat ini mampu menyediakan lingkungan simulasi yang hampir menyerupai kondisi di lapangan, memberikan peserta pelatihan kesempatan untuk menguasai keterampilan teknis yang diperlukan untuk instalasi dan pemeliharaan PLTS. Selain itu, alat ini memiliki potensi sebagai produk unggulan dalam mendukung pengembangan *Teaching Factory (TeFa)* di institusi pendidikan dan pelatihan, membantu mencetak tenaga kerja yang kompeten dan siap bersaing di sektor energi terbarukan.

5. SARAN

Sebagai saran, peluang untuk melihat kelayakan alat hasil Penelitian juga dapat dipandang dari perspektif internasional. Kajian pasar internasional dapat dibuat untuk memperluas cakupan sasaran konsumen baru.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Tim penulis secara khusus juga mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia yang telah mendukung dalam dana penelitian dengan skema Penelitian Produk Vokasi Tahun 2024.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. M. Kadang and J. Windarta, "Optimasi Sosial-Ekonomi pada Pemanfaatan PLTS PV untuk Energi Berkelanjutan di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 2, pp. 74–83, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11113.
- [2] H. Bayu and J. Windarta, "Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 123–132, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.10043.
- [3] I. N. S. Kumara, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Urban Dan Ketersediaannya Di Indonesia," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 9, no. 1, 2010.
- [4] A. Julisman, I. D. Sara, and R. H. Siregar, "PROTOTIPE PEMANFAATAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI PADA SISTEM OTOMASI ATAP STADION BOLA," vol. 2, no. 1, pp. 35–42, 2017.
- [5] A. Burhandono, J. Windarta, and N. Sinaga, "Perencanaan PLTS Roof Top On-Grid Untuk Gedung Kantor PLTU Amurang Sebagai Upaya Mengurangi Auxiliary Power dan Memperbaiki Nilai Nett Plant Heat Rate Pembangkit," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 2, pp. 61–79, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13051.
- [6] M. Program *et al.*, "Studi manajemen energi listrik dan analisis peluang penghematan konsumsi energi listrik pada gedung pengadilan negeri denpasar," vol. 9, no. 2, pp. 120–127, 2022.
- [7] M. S. Boedoyo, P. Teknologi, and S. Energi, "Potensi dan peranan plts sebagai energi alternatif masa depan di indonesia," *J. Sains dan Teknol. Indones.*, vol. 14, no. 2, pp. 146–152, 2012.
- [8] D. L. Pangestuningtyas, "ANALISIS PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA TERHADAP RADIASI MATAHARI YANG DITERIMA OLEH PANEL SURYA TIPE LARIK TETAP," *TRANSIENT*, vol. 2, no. 4, pp. 930–937, 2013.
- [9] D. Almanda, M. Akhsin, and Z. Muttaqin, "Analisa dan Perbandingan PLTS on Grid yang Terpasang di Atap Gedung Utama PT Subur Semesta dengan PLTS On Grid yang Bergerak Mengikuti Arah Matahari," *J. Resist.*, vol. 3, no. 2, pp. 57–60.
- [10] S. N. Rumokoy and Dkk, "Perancangan Konsep Alat Praktek PLTS Skala Rumah Tangga Berbasis PV Roof Top Installation," *J. Ilm. SETRUM*, vol. 9, no. 1, pp. 68–74, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.36055/setrum.v9i1.7751>.
- [11] S. N. Rumokoy, I. G. P. Atmaja, M. Langie, and J. Sundah, "Development of the Concept Design of Rooftop Solar Power Plant Practice Tool," *CCIT*, vol. 15, no. 2, pp. 191–197, 2022.
- [12] C. A. O. Kaseger, S. N. Rumokoy, A. A. S. Ramschie, and S. B. Dodie, "Design of Teaching Factory Practice Tools Concept , Perspective : Operation System on Solar Power Plant," *CCIT*, vol. 15, no. 2, pp. 260–271, 2022.
- [13] S. B. Dodie, C. H. Simanjuntak, S. N. Rumokoy, and P. N. Manado, "PELATIHAN INSTALASI PLTS SKALA RUMAH TANGGA UNTUK PEMANFAATAN CLEAN ENERGY PADA JEMAAT GEREJA GMIM EXODUS WATUTUMOU II KEC. KALAWAT I MINAHASA UTARA PROV. SULAWESI UTARA," *J. URNITY*, vol. 3, no. 1, pp. 43–48, 2023.
- [14] D. Sasongko, P. M. Yuliawati, R. Nurhidayah, R. G. Utomo, A. Setyawan, and K. Suciati, "Pengembangan Pemasaran UMKM Asih Di Kabupaten Magelang Dengan Memanfaatkan Digital Marketing," *J. Pengabd. Masy. IPTEKS*, vol. 7, no. 1, pp. 68–73, 2021, doi: 10.32528/jpmi.v7i1.3943.