



Rancangan Konsep Laboratorium PLTS dengan konsep Teaching Factory

Ventje M. A. Lumentut¹, Stieven Netanel Rumokoy², Maureen Langie³,
Adriyan Warokka⁴, I Gede Para Atmaja⁵, Christopel H. Simanjuntak⁶

^{1,2,3,5}Program Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, Manado

⁴Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, Manado

⁶Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, Manado

E-mail: rumokoy@polimdo.ac.id

Abstrak

Pengembangan laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Teaching Factory (TeFa) menjadi kebutuhan penting dalam pendidikan vokasi untuk menjawab tuntutan kompetensi industri energi terbarukan. Fasilitas laboratorium yang masih bersifat konvensional dan belum terintegrasi dengan kondisi kerja nyata menyebabkan keterbatasan pengalaman praktis peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang konsep laboratorium PLTS berbasis Teaching Factory yang mampu mengintegrasikan pembelajaran, praktik, dan produksi dalam satu sistem yang terpadu. Metode penelitian menggunakan pendekatan deskriptif melalui tahapan analisis kebutuhan, studi literatur, perancangan konseptual, serta validasi desain. Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kompetensi utama yang dibutuhkan industri, meliputi instalasi, operasi, maintenance, dan troubleshooting, serta soft skills seperti keselamatan dan kesehatan kerja (K3), kerja tim, dan dokumentasi teknis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek dengan alur kerja perencanaan, instalasi, pengujian, dan evaluasi mampu mendukung penerapan learning by doing serta menghasilkan produk nyata. Rancangan fasilitas laboratorium mencakup infrastruktur fisik, peralatan utama, sistem pendukung berbasis teknologi, fasilitas pembelajaran, dan aspek K3 yang terintegrasi.

Kata kunci— Energi Surya, Metode Pembelajaran, Model Pembelajaran

1. PENDAHULUAN

Pendidikan vokasi memiliki peran strategis dalam menyiapkan sumber daya manusia yang kompeten dan siap kerja sesuai kebutuhan industri[1], [2], [3]. Namun demikian, masih terdapat kesenjangan antara kompetensi lulusan dengan tuntutan dunia kerja, terutama dalam aspek keterampilan praktis dan pengalaman industri nyata[4]. Kondisi ini mendorong perlunya inovasi dalam sistem pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada teori, tetapi juga mampu mereplikasi kondisi kerja sesungguhnya di industri. Salah satu pendekatan yang berkembang adalah konsep Teaching Factory (TeFa), yang mengintegrasikan proses pembelajaran dengan

aktivitas produksi berbasis standar industri[5], [6]. Model ini memungkinkan peserta didik untuk memperoleh pengalaman langsung melalui simulasi proses kerja nyata, termasuk aspek teknis, manajerial, hingga kewirausahaan. Implementasi Teaching Factory terbukti dapat meningkatkan kompetensi teknis, soft skills, serta kesiapan kerja lulusan pendidikan vokasi. Selain itu, TeFa juga berperan dalam menjembatani kesenjangan antara dunia pendidikan dan industri melalui kolaborasi yang lebih erat[7], [8].

Di sisi lain, perkembangan teknologi energi terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), menuntut ketersediaan tenaga kerja yang memiliki kompetensi spesifik dalam instalasi, operasi, dan pemeliharaan sistem[9], [10]. PLTS menjadi salah satu solusi utama dalam transisi energi global menuju sistem energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan[11], [12], [13], [14]. Oleh karena itu, pendidikan vokasi perlu mengakomodasi kebutuhan tersebut melalui penyediaan fasilitas pembelajaran yang relevan dan berbasis praktik. Namun, fasilitas laboratorium PLTS yang tersedia saat ini umumnya masih bersifat konvensional dan belum terintegrasi dengan pendekatan industri maupun konsep Teaching Factory. Hal ini menyebabkan proses pembelajaran kurang optimal dalam memberikan pengalaman kerja nyata bagi peserta didik[15], [16]. Padahal, integrasi antara laboratorium dan konsep Teaching Factory dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih aplikatif, produktif, dan sesuai dengan kebutuhan industri.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi Teaching Factory sangat dipengaruhi oleh kesiapan infrastruktur, kurikulum berbasis industri, serta keterlibatan mitra industri. Selain itu, pengembangan laboratorium berbasis proyek dan produksi juga mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran serta kompetensi praktikan secara signifikan. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan konsep laboratorium PLTS berbasis Teaching Factory yang mampu mengintegrasikan pembelajaran, produksi, dan standar industri dalam satu sistem terpadu. Diharapkan, rancangan ini dapat menjadi solusi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran vokasi serta menghasilkan lulusan yang kompeten dan siap menghadapi tantangan di sektor energi terbarukan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif yang bertujuan untuk merancang konsep laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Teaching Factory (TeFa) pada pendidikan vokasi. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran komprehensif terhadap kebutuhan sistem pembelajaran berbasis praktik yang terintegrasi dengan standar industri. Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur untuk mengkaji konsep Teaching Factory, standar perancangan laboratorium pendidikan vokasi, serta teknologi PLTS, baik sistem on-grid maupun off-grid. Selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan (need assessment) melalui identifikasi kompetensi yang dibutuhkan industri di bidang energi surya, mencakup aspek instalasi, operasi, pemeliharaan, dan keselamatan kerja. Analisis ini diperkuat dengan kajian kurikulum serta capaian pembelajaran pada program studi terkait.

Tahap berikutnya adalah perancangan konseptual laboratorium yang meliputi tata letak ruang, spesifikasi peralatan utama dan pendukung, serta alur proses pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) yang mengadopsi prinsip Teaching Factory. Rancangan juga mencakup integrasi sistem PLTS, termasuk konfigurasi modul surya, inverter, sistem proteksi, serta skenario pembebanan untuk simulasi kondisi nyata di lapangan. Validasi rancangan dilakukan melalui metode expert judgment dengan melibatkan praktisi industri dan akademisi di bidang

teknik listrik dan energi terbarukan. Proses validasi bertujuan untuk menilai kesesuaian desain dengan kebutuhan industri, aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3), serta kelayakan implementasi di lingkungan pendidikan vokasi. Hasil dari seluruh tahapan tersebut dianalisis secara deskriptif untuk menghasilkan model konseptual laboratorium PLTS berbasis Teaching Factory yang aplikatif, relevan, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi serta kebutuhan industri.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kebutuhan (Need Assessment)

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa pengembangan laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Teaching Factory perlu didasarkan pada kesesuaian antara kompetensi yang dibutuhkan industri dengan capaian pembelajaran di pendidikan vokasi. Berdasarkan kajian literatur, kurikulum, serta kebutuhan sektor energi terbarukan, terdapat empat kompetensi utama yang harus dimiliki oleh lulusan, yaitu kemampuan instalasi sistem PLTS, pengoperasian sistem, pemeliharaan (maintenance), serta penanganan gangguan (troubleshooting). Kompetensi instalasi mencakup perencanaan sistem, pemasangan modul surya, instalasi inverter, serta pengkabelan sesuai standar. Kompetensi operasi meliputi kemampuan monitoring kinerja sistem dan pengelolaan energi, sedangkan kompetensi pemeliharaan mencakup inspeksi berkala dan perawatan komponen. Adapun kompetensi troubleshooting menekankan pada kemampuan analisis dan penyelesaian masalah pada sistem PLTS secara sistematis.

Selain kompetensi teknis, industri juga menuntut penguasaan soft skills yang memadai. Aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) menjadi prioritas utama, mengingat karakteristik sistem PLTS yang melibatkan tegangan listrik DC dan instalasi pada area terbuka maupun ketinggian. Di samping itu, kemampuan bekerja dalam tim (teamwork) dan keterampilan komunikasi teknis menjadi penting dalam mendukung efektivitas kerja di lapangan. Kemampuan dokumentasi teknis, seperti penyusunan laporan instalasi, pengujian, dan pemeliharaan, juga menjadi bagian integral dari kompetensi yang diharapkan.

Fasilitas laboratorium pada umumnya menunjukkan adanya kesenjangan yang signifikan dengan kondisi di industri. Laboratorium PLTS yang tersedia umumnya masih berfokus pada pembelajaran dasar dan bersifat demonstratif, belum mengakomodasi praktik berbasis proyek maupun simulasi kondisi kerja nyata. Keterbatasan variasi sistem (misalnya belum terintegrasinya sistem on-grid dan off-grid), kurangnya fasilitas untuk praktik troubleshooting, serta belum diterapkannya standar operasional dan K3 secara komprehensif menjadi kendala utama dalam proses pembelajaran. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya perancangan laboratorium PLTS yang tidak hanya berfungsi sebagai sarana praktikum, tetapi juga sebagai lingkungan belajar yang merepresentasikan dunia industri secara nyata.

3.2 Model Pembelajaran

Model pembelajaran berbasis Teaching Factory (TeFa) pada laboratorium PLTS dirancang untuk mengintegrasikan proses pembelajaran dengan aktivitas produksi dan layanan yang merepresentasikan kondisi nyata di industri. Implementasi model ini menekankan pendekatan project-based learning (PjBL), di mana peserta didik tidak hanya mempelajari konsep secara teoritis, tetapi juga terlibat langsung dalam penyelesaian proyek nyata yang memiliki output terukur dan bernilai guna. Dalam skema project-based learning, pembelajaran diawali dengan

pemberian studi kasus atau kebutuhan riil, seperti perancangan sistem PLTS skala rumah tangga atau analisis kebutuhan energi pada suatu bangunan. Praktikan kemudian bekerja dalam tim untuk merencanakan solusi teknis, termasuk melakukan perhitungan kapasitas sistem, pemilihan komponen, serta penyusunan gambar kerja dan dokumen teknis. Proses ini mendorong integrasi antara pengetahuan teoritis dan keterampilan praktis secara simultan.

Alur kerja dalam model Teaching Factory mengikuti tahapan yang menyerupai proses industri, yaitu perencanaan, instalasi, pengujian, dan evaluasi. Pada tahap perencanaan, praktikan menyusun desain sistem PLTS berdasarkan kebutuhan yang ditentukan. Tahap instalasi melibatkan kegiatan pemasangan modul surya, inverter, sistem proteksi, serta pengkabelan sesuai standar. Selanjutnya, tahap pengujian dilakukan untuk memastikan sistem beroperasi dengan baik melalui pengukuran parameter listrik dan analisis kinerja. Tahap akhir adalah evaluasi, di mana praktikan melakukan analisis hasil, identifikasi potensi perbaikan, serta penyusunan laporan teknis secara sistematis.

Produk dan layanan yang dihasilkan dalam model ini tidak terbatas pada simulasi, tetapi dapat berupa hasil nyata, seperti instalasi mini PLTS, pengembangan sistem PLTS edukatif, maupun layanan audit energi sederhana. Dengan demikian, laboratorium tidak hanya berfungsi sebagai tempat belajar, tetapi juga sebagai unit produksi dan layanan yang memberikan pengalaman kerja nyata. Melalui pendekatan ini, prinsip *learning by doing* dapat diterapkan secara optimal, sehingga peserta didik memperoleh pengalaman langsung dalam menyelesaikan pekerjaan berbasis proyek dengan standar industri. Selain meningkatkan kompetensi teknis, model Teaching Factory juga memperkuat kemampuan kerja tim, manajemen proyek, serta tanggung jawab profesional, yang sangat dibutuhkan dalam dunia kerja.

3.3 Konsep Fasilitas Laboratorium PLTS Berbasis Teaching Factory

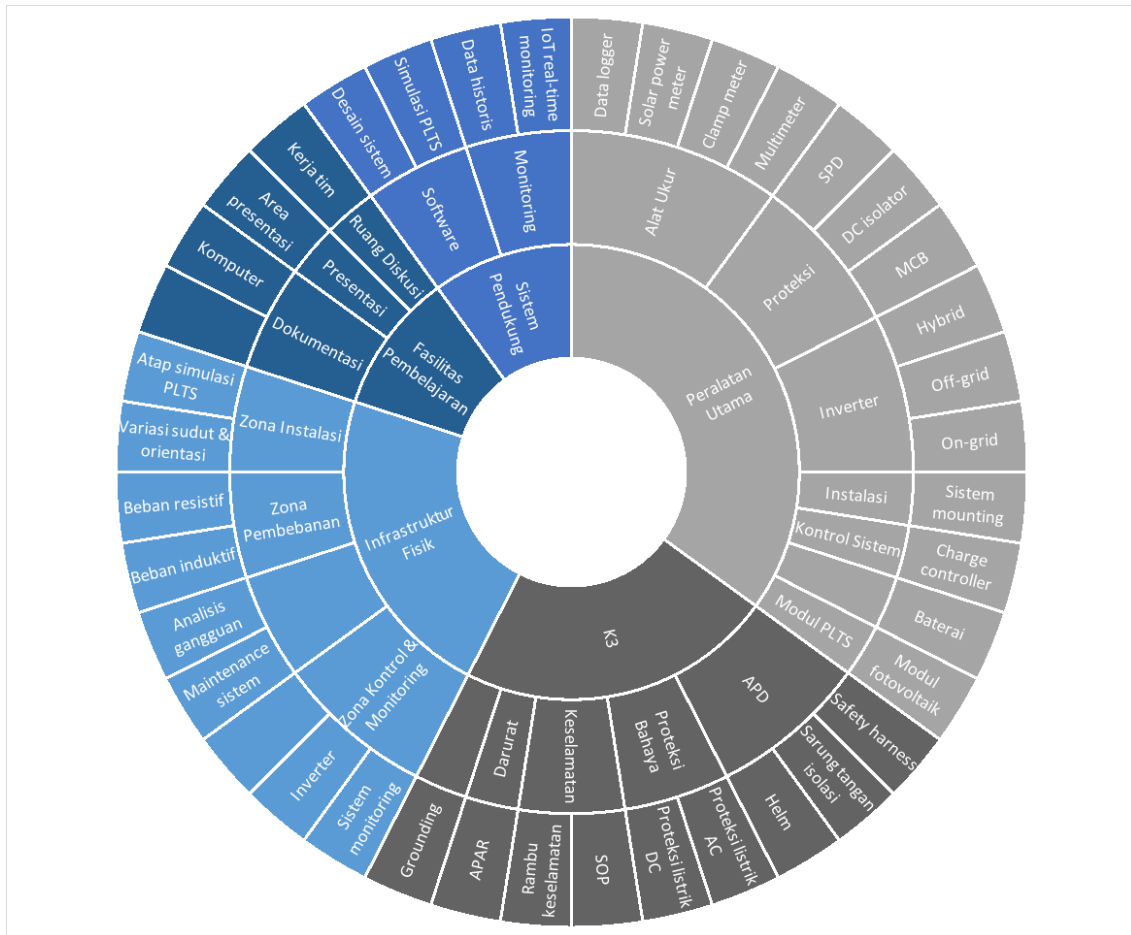
Pembangunan laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Teaching Factory (TeFa) memerlukan perencanaan fasilitas yang tidak hanya mendukung kegiatan praktikum, tetapi juga mampu merepresentasikan kondisi kerja nyata di industri. Oleh karena itu, fasilitas yang disiapkan harus mencakup aspek infrastruktur fisik, peralatan utama, sistem pendukung, serta sarana pembelajaran dan keselamatan kerja.

Pertama, dari sisi infrastruktur fisik, laboratorium perlu dirancang dengan pembagian zona yang jelas. Zona instalasi atap simulasi menjadi elemen utama untuk praktik pemasangan modul surya dengan berbagai sudut kemiringan dan orientasi. Selain itu, diperlukan zona kontrol dan monitoring yang dilengkapi panel distribusi, inverter, serta perangkat pemantauan kinerja sistem. Zona pembebanan digunakan untuk mensimulasikan berbagai kondisi beban listrik, baik resistif maupun induktif, sedangkan zona troubleshooting dan maintenance difungsikan untuk latihan analisis gangguan dan perawatan sistem. Tata letak ini penting untuk mendukung alur kerja berbasis industri dalam konsep Teaching Factory.

Kedua, fasilitas peralatan utama harus mencerminkan sistem PLTS yang umum digunakan di industri. Hal ini meliputi modul fotovoltaik, inverter (baik on-grid, off-grid, maupun hybrid), baterai penyimpanan energi, charge controller, serta panel proteksi yang terdiri dari MCB, DC isolator, dan surge protection device (SPD). Selain itu, diperlukan sistem mounting yang fleksibel untuk simulasi instalasi di berbagai kondisi. Ketersediaan alat ukur seperti multimeter, clamp meter, solar power meter, dan data logger juga menjadi penting untuk mendukung kegiatan pengujian dan analisis performa sistem.

Ketiga, sistem pendukung berbasis teknologi informasi perlu diintegrasikan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Penggunaan sistem monitoring berbasis IoT

memungkinkan praktikan melakukan pengamatan kinerja PLTS secara real-time dan berbasis data historis. Selain itu, perangkat lunak simulasi dan desain sistem PLTS juga diperlukan untuk mendukung tahap perencanaan proyek.



Gambar 1. Sunburst chart Konsep Fasilitas Laboratorium PLTS Berbasis Teaching Factory

Keempat, fasilitas pendukung pembelajaran harus disiapkan untuk menunjang implementasi project-based learning. Hal ini mencakup ruang diskusi tim, area presentasi, serta perangkat dokumentasi seperti komputer dan perangkat lunak pengolahan data. Fasilitas ini penting untuk mendukung pengembangan soft skills seperti komunikasi teknis dan kerja tim.

Kelima, aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam perancangan laboratorium. Fasilitas K3 meliputi sistem grounding, alat pelindung diri (APD) seperti helm, sarung tangan isolasi, dan safety harness, serta rambu keselamatan dan prosedur operasi standar (SOP). Selain itu, perlu disediakan alat pemadam kebakaran dan sistem pengamanan terhadap bahaya listrik DC maupun AC.

Pada gambar 1 menunjukkan poin-poin konsep fasilitas laboratorium PLTS berbasis teaching factory. Secara keseluruhan, fasilitas yang disiapkan dalam laboratorium PLTS berbasis Teaching Factory harus mampu mendukung integrasi antara pembelajaran, praktik, dan produksi. Dengan fasilitas yang representatif dan sesuai standar industri, laboratorium tidak hanya berfungsi sebagai sarana pendidikan, tetapi juga sebagai lingkungan simulasi kerja nyata yang dapat meningkatkan kompetensi teknis dan profesional peserta didik secara optimal.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan konsep laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Teaching Factory (TeFa) yang selaras dengan kebutuhan industri dan pembelajaran vokasi. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan pentingnya penguasaan kompetensi instalasi, operasi, maintenance, dan troubleshooting, yang didukung oleh soft skills seperti K3, kerja tim, dan dokumentasi teknis. Selain itu, terdapat kesenjangan antara fasilitas laboratorium yang ada dengan kebutuhan industri, terutama dalam aspek praktik nyata dan integrasi sistem. Model pembelajaran yang diusulkan menggunakan pendekatan project-based learning dengan alur kerja perencanaan, instalasi, pengujian, dan evaluasi, sehingga mendukung penerapan learning by doing dan menghasilkan produk nyata. Konsep rancangan fasilitas laboratorium.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Manado atas dukungan pendanaan penelitian melalui skema Penelitian Dasar Produk Vokasi (PDPV), sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Q. Pradipta, F. B. Hirawan, and S. K. Ragamustari, "Evaluation of policy in the vocational education system revitalization in Indonesia: Examining the teaching factory readiness of the industry," *Jurnal Pendidikan Vokasi*, vol. 11, no. 1, Mar. 2021, doi: 10.21831/jpv.v11i1.37693.
- [2] S. Rahayu, D. Meirawan, Z. Ghinaya, and M. Gandra, "Assessing Workplace Readiness of Vocational School Students for Industry 5.0: A Skills Gap Analysis," *Jurnal Pendidikan Teknik Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 28–36, Oct. 2025, doi: 10.21831/jpts.v7i1.84543.
- [3] Mgs. A. Ramadhani and E. Rahayu, "A Shift in Corporate Social Responsibility Program to Support Vocational Education in Indonesia," *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 27, no. 1, pp. 26–36, Apr. 2021, doi: 10.21831/jptk.v27i1.32981.
- [4] A. Y. A. Ardhana, H. N. U. Syazeedah, R. I. Fitriyaningrum, and Ahmad Gunawan, "Analisis Ketidaksesuaian antara Pendidikan dengan Kebutuhan Dunia Kerja di Indonesia," *Kompeten Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis*, vol. 3, no. 4, pp. 1020–1026, Jan. 2025, doi: 10.57141/kompeten.v3i4.156.
- [5] G. Chryssolouris, D. Mavrikios, and Λ. Πέντζος, "The Teaching Factory: A Manufacturing Education Paradigm," *Procedia CIRP*, vol. 57, pp. 44–48, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.11.009.
- [6] N. Nurhasanah, E. Ahman, and S. Yusuf, "Pengembangan Model Pembelajaran Teaching Factory," *Jurnal Basicedu*, vol. 6, no. 5, pp. 7986–7993, June 2022, doi: 10.31004/basicedu.v6i5.3723.
- [7] D. S. Rifai, A. Ardiansyah, A. I. B. Yahya, and R. Fitriyani, "The Implementation of Teaching Factory in Vocational Education: A Systematic Review," *Jurnal VARIDIKA*, pp. 48–64, Dec. 2025, doi: 10.23917/varidika.v38i1.13289.
- [8] I. G. K. S. Adnyana, K. Agustini, and I. K. Suartama, "Analisis Sistematis Model dan Implementasi Teaching Factory Dalam Pendidikan Vokasi Serta Dampaknya Terhadap Kesiapan Kerja Siswa SMK," *Cetta Jurnal Ilmu Pendidikan*, vol. 8, no. 4, pp. 326–332, Aug. 2025, doi: 10.37329/cetta.v8i4.4714.

- [9] bingchun liu, C. Song, Q. Wang, and Y. Wang, "Forecasting of China's Solar PV Industry Installed Capacity and Analyzing of Employment Effect: Based on GRA-BiLSTM Model," Research Square (Research Square), May 2021, doi: 10.21203/rs.3.rs-464841/v1.
- [10] R. Purnama, R. Febrianti, R. Y. Priyati, A. Wihadanto, and Z. Zulfahmi, "Melatih Keterampilan Pemasangan Solar Panel untuk Pengembangan Energi Terbarukan," Publikasi Pendidikan, vol. 14, no. 3, pp. 346–346, Oct. 2024, doi: 10.70713/publikan.v14i3.64673.
- [11] H. Mirletz, S. Ovaitt, S. Sridhar, and T. M. Barnes, "Circular economy priorities for photovoltaics in the energy transition," PLoS ONE, vol. 17, no. 9, Sept. 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0274351.
- [12] J. J. Tan, S. Y. Wong, and K. S. Woon, "Life cycle assessment across three generations of photovoltaic systems: Insights from net-zero perspective," Energy Sustainable Development/Energy for sustainable development, vol. 93, pp. 102012–102012, Apr. 2026, doi: 10.1016/j.esd.2026.102012.
- [13] Y. Zhang, "Solar PV in the 21st century: Aligning technological growth with sustainability," Next Energy, vol. 10, pp. 100499–100499, Jan. 2026, doi: 10.1016/j.nxener.2025.100499.
- [14] A. A. Firoozi, A. A. Firoozi, and M. R. Maghami, "Harnessing photovoltaic innovation: Advancements, challenges, and strategic pathways for sustainable global development," Energy Conversion and Management X, vol. 27, pp. 101058–101058, May 2025, doi: 10.1016/j.ecmx.2025.101058.
- [15] I. N. Saputro, S. Soenarto, H. Sofyan, M. C. Riyanita, P. S. Rebia, and A. Listiana, "The Effectiveness of Teaching Factory Implementation in Vocational Education: Case Studies in Indonesia," Universal Journal of Educational Research, vol. 9, no. 11, pp. 1841–1856, Nov. 2021, doi: 10.13189/ujer.2021.091104.
- [16] S. Wahjusaputri, B. Bunyamin, and T. I. Nastiti, "Critical success factors in implementing teaching factory-based competency for vocational high school students," Jurnal Cakrawala Pendidikan, vol. 40, no. 3, pp. 584–592, Oct. 2021, doi: 10.21831/cp.v40i3.28877.
