

Integrasi SDGs dalam Media Pembelajaran Kejuruan Berbasis Internet of Things di SMKN 1 Semarang

Agus Suryanto^{1 *}, Muhammad Harlanu², Edi Sarwono³, Ari Rahadini⁴, Delta Setiyarini⁵, Dhea Puspitasari⁶, Dalilo Yogi Essy Pratama⁷, Muhamad Firdaus⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8}Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang, Jalan Sekaran, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang, Jawa Tengah, kode pos 50229, Indonesia

E-mail: agusku2@mail.unnes.ac.id

* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i1.7753>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 10 Aug 2026

Revised: 13 Aug 2026

Accepted: 24 Aug 2026

Kata Kunci:

*media pembelajaran,
internet of things, SDGs*

Keywords

*learning media, internet
of things, SDGs*



ABSTRACT

Peran strategis pendidikan vokasi diperlukan dalam menyiapkan sumber daya manusia yang kompeten, adaptif terhadap perkembangan teknologi, serta memiliki kesadaran terhadap keberlanjutan global. Kegiatan pengabdian ini bertujuan mengintegrasikan Sustainable Development Goals (SDGs) ke dalam media pembelajaran kejuruan melalui pengembangan simulasi Sistem Otomasi Gedung Hijau berbasis Internet of Things (IoT) di SMK Negeri 1 Semarang. Metode pelaksanaan menggabungkan Participatory Action Learning System dan Project Based Learning, meliputi analisis kebutuhan, perancangan dan pengembangan prototipe IoT berbasis ESP32, pelatihan guru dan siswa, serta implementasi pembelajaran di kelas. Kegiatan menghasilkan prototipe smart home yang dilengkapi sensor DHT11, kunci pintu otomatis berbasis motor servo, tujuh titik pencahayaan otomatis, dan dashboard monitoring berbasis Blynk. Guru dan siswa berpartisipasi aktif dalam merancang dashboard blynk, sehingga media ini dapat dioperasikan secara mandiri setelah pendampingan singkat. Kegiatan ini secara eksplisit mengaitkan praktik pembelajaran dengan SDG 4, SDG 7, SDG 11, dan SDG 13, sehingga memperkuat pemahaman aplikatif siswa terhadap teknologi hijau dan efisiensi energi. Model ini bersifat replikatif dan open-source, sehingga mendukung keberlanjutan pendidikan vokasi tanpa bergantung pada peralatan mahal.

Vocational education have a strategic role in preparing competent human resources who are responsive to technological developments and aware of global sustainability issues. This community service program aimed to integrate the Sustainable Development Goals (SDGs) into vocational learning media through the development of a simulated Green Building Automation System based on the Internet of Things (IoT) at SMK Negeri 1 Semarang. The method combined a Participatory Action Learning System with Project Based Learning, covering needs analysis, design and development of an ESP32-based IoT prototype, teacher and student training, and classroom implementation. The program produced a smart-home prototype equipped with a DHT11 sensor, a servo-driven automatic door lock, automated lighting points, and monitoring dashboard based on Blynk. Teachers and students actively participated in assembling, programming, and testing the prototype, demonstrating that the media can be independently operated after brief mentoring. The activity explicitly linked classroom practice to SDG 4, SDG 7, SDG 11, and SDG 13, strengthening students' applicative understanding of green technology and energy efficiency. This model is replicable and open-source, supporting sustainable vocational education without dependence on costly equipment



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Agus Suryanto et al (2026). Integrasi SDGs dalam Media Pembelajaran Kejuruan Berbasis Internet of Things di SMKN 1 Semarang 5(1). <https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i1.7753>

PENDAHULUAN

Pendidikan vokasi memiliki peran strategis dalam menyiapkan sumber daya manusia yang kompeten, adaptif terhadap perkembangan teknologi, serta memiliki kesadaran terhadap isu keberlanjutan global. Sejalan dengan Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 4 (Pendidikan Berkualitas), SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), SDG 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur), SDG 11 (Kota dan Permukiman Berkelanjutan), serta SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim), sekolah menengah kejuruan (SMK) dituntut mampu menghadirkan pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan kompetensi teknis, tetapi juga menanamkan nilai-nilai pembangunan berkelanjutan sejak dini (Ariansyah, 2024; United Nations, 2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e).

SMK Negeri 1 Semarang merupakan salah satu sekolah menengah kejuruan unggulan di Kota Semarang dengan berbagai kompetensi keahlian berbasis teknologi, bisnis, dan industri. Hasil observasi awal tim pengabdian menunjukkan bahwa integrasi konsep keberlanjutan dalam pembelajaran kejuruan di sekolah ini masih belum berjalan optimal. Pemahaman peserta didik tentang SDGs cenderung terbatas pada aspek teoritis dan belum diperkuat dengan praktik nyata yang menghubungkan teknologi industri dengan keberlanjutan lingkungan. Fasilitas media pembelajaran yang tersedia juga belum menghadirkan konten yang mengintegrasikan teknologi hijau atau konsep smart building berbasis efisiensi energi, sehingga siswa tidak memiliki kesempatan untuk memahami bagaimana teknologi Internet of Things (IoT) berperan dalam meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi jejak karbon (Hafid et al., 2025; Said et al., 2025).

Transformasi industri saat ini menuntut lulusan SMK yang memahami teknologi green industry, efisiensi energi, dan integrasi IoT dalam pengelolaan fasilitas gedung. Apabila sekolah tidak beradaptasi terhadap tuntutan tersebut, lulusan berisiko tertinggal dari kebutuhan nyata dunia industri masa depan. Kondisi ini sejalan dengan temuan bahwa IoT merupakan teknologi pemungkin (enabling technology) bagi pencapaian SDGs pada bangunan cerdas (Martinez et al., 2021), sehingga membuka peluang untuk melakukan inovasi melalui pengembangan simulasi sistem otomasi gedung hijau (Green Building Automation System) berbasis IoT sebagai media pembelajaran baru (Alhashmi, 2025; Chen, 2025). Media ini memungkinkan siswa mengamati alur kerja berbagai sensor dan aktuator pada gedung ramah lingkungan, mencakup kontrol pencahayaan otomatis, manajemen suhu berbasis sensor, pemantauan konsumsi energi secara real-time, hingga pengolahan data IoT pada dashboard untuk analisis efisiensi energi, sehingga pembelajaran menjadi lebih interaktif, kontekstual, dan relevan dengan kebutuhan industri.

Berdasarkan analisis situasi tersebut, permasalahan prioritas yang menjadi fokus kegiatan pengabdian ini adalah belum optimalnya integrasi SDGs ke dalam media pembelajaran kejuruan secara aplikatif, khususnya pada kompetensi keahlian elektro dan otomasi. Sub-permasalahan yang teridentifikasi meliputi keterbatasan pemahaman aplikatif siswa terhadap SDGs, belum tersedianya media pembelajaran berbasis teknologi terkini (green technology, smart building, IoT), belum tersedianya sarana simulasi pembelajaran kontekstual, serta rendahnya keterkaitan pembelajaran dengan kebutuhan industri hijau masa depan (Vitalocca et al., 2026; Prasetya, 2025).

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk: (1) mendukung implementasi pendidikan berkelanjutan (Education for Sustainable Development) melalui integrasi SDGs ke dalam media pembelajaran kejuruan berbasis simulasi sistem otomasi gedung hijau; (2) mengembangkan media pembelajaran simulasi otomasi gedung hijau berbasis IoT yang selaras dengan SDGs; (3) meningkatkan kompetensi guru dalam penerapan pembelajaran berbasis proyek dan teknologi hijau; (4) meningkatkan kompetensi siswa dalam bidang otomasi, IoT, dan efisiensi energi; serta (5) menumbuhkan kesadaran dan sikap berkelanjutan (sustainability mindset) di lingkungan sekolah. Manfaat kegiatan ini adalah tersedianya model pembelajaran kejuruan yang kontekstual dan replikatif, yang dapat memperkuat citra sekolah sebagai pelopor pendidikan vokasi berkelanjutan sekaligus membuka peluang kolaborasi dengan industri energi dan teknologi IoT, sejalan dengan arah kebijakan pendidikan vokasi berkelanjutan (UNESCO-UNEVOC, 2026) dan arah pembangunan nasional berbasis ekonomi hijau (Kementerian PPN/Bappenas, 2023).

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di SMK Negeri 1 Semarang yang beralamat di Jalan Dr. Cipto No. 93, Sarirejo, Kecamatan Semarang Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah, dengan sasaran guru dan siswa pada kompetensi keahlian bidang elektro dan otomasi. Solusi yang ditawarkan untuk mengatasi permasalahan mitra adalah pengembangan dan implementasi media pembelajaran berbasis simulasi Sistem Otomasi Gedung Hijau berbasis IoT yang terintegrasi dengan nilai dan target SDGs, khususnya SDG 4, SDG 7, SDG 9, SDG 11, SDG 12, dan SDG 13 (United Nations, 2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e).

Pendekatan pelaksanaan kegiatan menggunakan lima strategi yang saling melengkapi, yaitu: (1) pendekatan partisipatif kolaboratif, di mana tim dosen, guru produktif, dan siswa berperan sebagai co-creator media pembelajaran, bukan sekadar objek kegiatan; (2) pendekatan berbasis kebutuhan, dengan setiap tahapan diawali analisis kebutuhan pembelajaran dan pemetaan Kurikulum Merdeka pada mata pelajaran otomasi, PLC, IoT, dan instalasi listrik; (3) pendekatan project based dan experiential learning, di mana siswa merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem otomasi gedung hijau menggunakan data sensor riil; (4) pendekatan teknologi tepat guna, dengan pemanfaatan komponen open-source seperti mikrokontroler ESP32 dan platform IoT Blynk agar mudah direplikasi tanpa ketergantungan pada alat mahal; serta (5) pendekatan berkelanjutan, melalui transfer pengetahuan kepada guru dan penyerahan media serta modul ajar agar dapat diintegrasikan ke mata pelajaran reguler, sebagaimana direkomendasikan dalam kerangka pembelajaran kejuruan berbasis kurikulum industri (Hafid et al., 2025) dan kerangka green informatics untuk pendidikan vokasi (Vitalocca et al., 2026).

Prosedur kerja pelaksanaan kegiatan disusun dalam enam tahap menggunakan kombinasi metode Participatory Action Learning System (PALS) dan Project Based Learning (PjBL), sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Pelaksanaan dan Indikator Kegiatan Pengabdian

Tahap	Kegiatan	Metode	Indikator Capaian
1	Analisis kebutuhan & FGD	Observasi, FGD	Dokumen analisis kebutuhan
2	Perancangan media simulasi IoT	Research & Development	Desain sistem tervalidasi
3	Pengembangan sistem otomasi gedung hijau	Prototyping	Prototipe berfungsi baik
4	Pelatihan guru dan siswa	Workshop	Guru dan siswa terlibat aktif dalam pelatihan
5	Implementasi pembelajaran & praktikum	Praktikum, PjBL	Siswa mampu menjalankan simulasi
6	Evaluasi dan diseminasi	Observasi, dokumentasi, publikasi	Laporan evaluasi dan artikel ilmiah

Secara teknis, tahap pengembangan sistem meliputi perancangan Smart Lighting System berupa pengaturan intensitas pencahayaan otomatis berbasis sensor cahaya dan gerak (PIR) untuk efisiensi energi; Smart Energy Monitoring berupa pemantauan konsumsi listrik secara real-time; Smart HVAC Simulation berupa pengontrolan suhu ruangan menggunakan sensor DHT11 dan motor servo sebagai representasi aktuator ventilasi; serta integrasi seluruh sensor dan aktuator tersebut ke platform IoT cloud berbasis Blynk untuk keperluan monitoring dan kontrol jarak jauh. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 yang diprogram melalui Arduino IDE dengan bahasa C++, dipilih karena memiliki konektivitas WiFi dan Bluetooth bawaan, dual core CPU, serta kapasitas memori yang memadai untuk aplikasi IoT, sebagaimana juga digunakan pada praktik pembelajaran IoT berbasis ESP32 dan platform dashboard di SMK lain (Novitasari et al., 2024; Maulidia Damayanti et al., 2025).

Kegiatan dilaksanakan selama delapan bulan pada tahun 2026, yang meliputi tahap persiapan dan koordinasi dengan pihak SMK Negeri 1 Semarang, perancangan media pembelajaran, pengembangan media dan sistem IoT, implementasi di sekolah mitra melalui pelatihan guru dan praktik siswa, monitoring dan evaluasi peningkatan kompetensi, hingga penyempurnaan media dan diseminasi hasil kegiatan melalui publikasi ilmiah.

.HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian menghasilkan media pembelajaran kejuruan berupa prototipe simulasi Sistem Otomasi Gedung Hijau berbasis IoT dalam bentuk miniatur rumah pintar (smart home) yang dilengkapi tujuh titik lampu LED yang merepresentasikan area gedung (halaman, toilet, kamar, dan ruang tengah), satu sensor suhu dan kelembapan DHT11, serta satu motor servo sebagai aktuator kunci pintu otomatis. Seluruh komponen dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 dan terhubung ke jaringan WiFi sekolah, dengan konfigurasi pin sebagaimana disajikan pada Tabel 2, dengan wujud fisik prototipe ditampilkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Konfigurasi Komponen dan Pin Mikrokontroler ESP32 pada Prototipe

No	Komponen	Pin Komponen	Pin ESP32
1	Sensor DHT11	VCC / GND / DATA	5V / GND / GPIO17
2	Motor Servo	VCC / GND / SIGNAL	5V / GND / GPIO14
3	LED 1–7 (lampu ruangan)	Anoda (+)	GPIO13, 12, 27, 26, 25, 33, 32



Gambar 1. Prototipe Media Pembelajaran Simulasi Rumah Pintar (Smart Home) Berbasis IoT

Data dari sensor dan status aktuator diintegrasikan ke platform Blynk sehingga dapat dipantau dan dikendalikan melalui aplikasi telepon pintar. Dashboard yang dikembangkan menampilkan nilai suhu dan kelembapan ruangan secara real-time, status kunci pintu otomatis, serta tombol kendali untuk tujuh titik lampu pada berbagai ruangan. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa seluruh sensor dan aktuator dapat berkomunikasi dengan baik melalui jaringan WiFi, dengan waktu respons kontrol lampu dan pembacaan sensor berlangsung secara langsung (real-time) tanpa keterlambatan yang berarti, sehingga media pembelajaran ini layak digunakan sebagai sarana simulasi otomasi gedung hijau di lingkungan sekolah.

Pelaksanaan kegiatan diawali dengan workshop pengenalan konsep SDGs dan Internet of Things kepada guru dan siswa SMK Negeri 1 Semarang. Materi pelatihan mencakup: (1) urgensi SDGs dalam pendidikan kejuruan, dengan penekanan pada SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), SDG 11 (Kota dan Komunitas Berkelanjutan), dan SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim) (United Nations, 2015b, 2015d, 2015e); (2) konsep dasar IoT beserta komponen penyusunnya, yaitu sensor, mikrokontroler, jaringan internet, platform cloud, dan aktuator; (3) pengenalan mikrokontroler, mencakup definisi, struktur internal (CPU, memori, port I/O, timer/counter, ADC/DAC, dan interrupt), jenis-jenis mikrokontroler, serta keunggulan ESP32; dan (4) praktik pemrograman menggunakan Arduino IDE serta konfigurasi dashboard IoT pada platform Blynk. Suasana penyampaian materi tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sesi Penyampaian Materi SDGs dan Internet of Things kepada Guru dan Siswa SMK Negeri 1 Semarang

Peserta pelatihan berpartisipasi aktif dalam sesi praktik merangkai komponen elektronik pada breadboard, menulis dan mengunggah program ke mikrokontroler ESP32, serta mengonfigurasi widget pada aplikasi Blynk mulai dari pembuatan template perangkat, penambahan Virtual Pin Datastream, hingga pengaturan tombol (button) dan tampilan nilai (value display). Partisipasi mitra terlihat dari keterlibatan aktif guru dalam merancang skenario pembelajaran berbasis proyek serta keterlibatan siswa dalam merakit dan menguji coba prototipe secara berkelompok, yang menunjukkan bahwa media pembelajaran ini dapat diterima dan dioperasikan secara mandiri oleh peserta didik setelah pendampingan singkat, konsisten dengan hasil pelatihan IoT serupa pada siswa dan guru SMK (Wardani et al., 2025; Maulidia Damayanti et al., 2025). Antusiasme peserta dalam mencoba langsung simulasi prototipe terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sesi Simulasi Penggunaan Prototipe Media Pembelajaran oleh Siswa

Sebagai penanda formal berakhirnya rangkaian kegiatan, tim pengabdian melaksanakan sesi serah terima media pembelajaran kepada pihak SMK Negeri 1 Semarang, berupa prototipe simulasi Sistem Otomasi Gedung Hijau berbasis IoT beserta dokumen pendukungnya. Serah terima dilakukan secara simbolis oleh ketua tim pelaksana kepada Kepala SMK Negeri 1 Semarang, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, sebagai bentuk komitmen keberlanjutan agar media pembelajaran tersebut dapat terus dimanfaatkan oleh guru dan siswa dalam kegiatan belajar mengajar setelah kegiatan pengabdian berakhir.



Gambar 4. Sesi Serah Terima Media Pembelajaran kepada SMK Negeri 1 Semarang

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa integrasi SDGs ke dalam media pembelajaran otomasi gedung hijau berbasis IoT memberikan kontribusi nyata terhadap beberapa target SDGs sekaligus. Pertama, terkait SDG 4 (Pendidikan Berkualitas), media simulasi memberikan pengalaman belajar berbasis proyek yang kontekstual sehingga siswa tidak hanya mampu merakit rangkaian elektronik, tetapi juga memahami dampak lingkungan dari setiap keputusan teknis yang diambil. Kedua, terkait SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), sistem otomasi pencahayaan dan kontrol suhu yang dirancang mendorong siswa merancang strategi penghematan energi listrik melalui otomatisasi berbasis sensor okupansi dan suhu. Ketiga, terkait SDG 11 (Kota dan Permukiman Berkelanjutan), simulasi Green Smart Building memperkenalkan siswa pada konsep manajemen gedung cerdas yang efisien dan ramah lingkungan. Keempat, terkait SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim), kontrol beban listrik pintar berbasis sensor yang dipelajari siswa berkontribusi pada wawasan tentang pengurangan emisi gas rumah kaca melalui efisiensi konsumsi energi di sekolah. Temuan ini memperkuat hasil kajian sebelumnya bahwa teknologi digital dan IoT dapat menjadi sarana efektif untuk mendukung pencapaian SDGs dalam konteks pendidikan (Ariansyah, 2024; Hariyani, 2025; Alhashmi, 2025).

Luaran yang dihasilkan dari kegiatan pengabdian ini disajikan pada Tabel 3, meliputi luaran produk, luaran pembelajaran, maupun luaran publikasi ilmiah.

Tabel 3. Luaran dan Indikator Capaian Kegiatan Pengabdian

No	Luaran	Indikator Capaian
1	Media simulasi otomasi gedung hijau berbasis IoT	1 paket prototipe, telah diserahkan kepada SMK Negeri 1 Semarang
2	Modul ajar dan jobsheet terintegrasi SDGs	1 set modul, diserahkan bersama prototipe
3	Guru terlatih	Seluruh guru peserta terlibat aktif dalam workshop dan pendampingan
4	Siswa mampu praktik simulasi IoT	Siswa mampu menjalankan simulasi prototipe secara berkelompok
5	Artikel ilmiah pengabdian	1 artikel jurnal ber-ISSN
6	Video dokumentasi kegiatan	1 video

Keberlanjutan program pasca kegiatan dijaga melalui beberapa strategi, yaitu serah terima media dan modul ajar kepada sekolah mitra sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, integrasi materi ke dalam mata pelajaran reguler pada kompetensi keahlian terkait, serta rencana pendampingan lanjutan berupa monitoring penggunaan sistem, evaluasi hasil pembelajaran, dan peninjauan kemitraan dengan industri hijau untuk program magang siswa. Implikasi tindak lanjut dari kegiatan ini adalah potensi replikasi model pembelajaran serupa di SMK lain dengan kompetensi keahlian yang relevan, mengingat teknologi yang digunakan bersifat open-source, terjangkau, dan tidak bergantung pada perangkat mahal, sehingga mendukung keberlanjutan program tanpa membebani anggaran sekolah, sejalan dengan prinsip pengembangan green skills yang aplikatif dan berkelanjutan dalam pendidikan vokasi (Chen, 2025; Said et al., 2025; Dewanto, 2025).

SIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini berhasil mengintegrasikan nilai dan indikator SDGs, khususnya SDG 4, SDG 7, SDG 11, dan SDG 13, ke dalam media pembelajaran kejuruan di SMK Negeri 1 Semarang melalui pengembangan prototipe simulasi Sistem Otomasi Gedung Hijau berbasis Internet of Things. Media pembelajaran yang dikembangkan, berupa miniatur smart home dengan sensor DHT11, motor servo, tujuh titik lampu otomatis, dan dashboard Blynk berbasis mikrokontroler ESP32, terbukti dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran kontekstual yang meningkatkan pemahaman aplikatif guru dan siswa terhadap konsep green technology dan efisiensi energi. Pendekatan Project Based Learning yang diterapkan dalam pelatihan mampu mendorong keterampilan berpikir kritis, literasi digital, dan kesadaran keberlanjutan peserta didik, sekaligus memperkuat kesiapan lulusan SMK dalam menghadapi kebutuhan industri hijau di masa depan..

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Semarang atas pendanaan kegiatan pengabdian ini, serta kepada Kepala Sekolah, guru, dan siswa SMK Negeri 1 Semarang atas kesediaan dan partisipasi aktifnya sebagai mitra dalam pelaksanaan kegiatan.

REFERENSI

- Alhashmi, S. M. (2025). Connecting the dots: IoT, sustainability, and SDGs. *Internet of Things*, 100638. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2025.100638>
- Ariansyah, A. (2024). Digital technology to support sustainable development goals. *Lensa Jurnal Pendidikan*, 12(2), 1–15. <https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i2.13557>
- Chen, P. (2025). Green skills in logistics vocational education: China and Germany perspectives. *International Journal of Training and Development Studies*.
- Dewanto, S. A. (2025). Vocational education and AI: Catalysts for sustainable green innovations. *Proceedings of ICEI 2024*. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-360-3_111
- Hafid, I. K. A., Kasmira, R., Redianto, & Purnamawati, P. (2025). Peningkatan kompetensi kejuruan melalui integrasi kurikulum industri di pendidikan vokasi: Tinjauan literatur. *Jurnal Pendidikan dan Profesi Keguruan*, 4(2). <https://doi.org/10.59562/progresif.v4i1.71690>

- Hariyani, D. (2025). Digital technologies for the Sustainable Development Goals: Frameworks and challenges. *Digital Policy Studies Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.dps.2025.200036>
- Kementerian PPN/Bappenas. (2023). *Asta Cita pembangunan nasional: Roadmap SDM unggul dan ekonomi hijau*. Kementerian PPN/Bappenas.
- Martinez, I., Zalba, B., Trillo-Lado, R., Blanco, T., Cambra, D., & Casas, R. (2021). Internet of Things (IoT) as SDG enabling technology for smart buildings. *Sustainability*, 13(14), 7647. <https://doi.org/10.3390/su13147647>
- Maulidia Damayanti, A., Sarifudin, S., & Nor, S. (2025). Peningkatan kompetensi guru SMK melalui pelatihan IoT berbasis Node-RED. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 5(4). <https://doi.org/10.70609/i-com.v5i4.8071>
- Novitasari, E., Rahman, K., Mustarin, A., & Lestari, N. (2024). AgroTech Smart: Pelatihan media pembelajaran irigasi berbasis mikrokontroler IoT ESP32 di SMK Islam Pesantren Alam Indonesia. *Jurnal Kemitraan Responsif*, 2(1). <https://doi.org/10.61220/kreativa.v2i1.20244>
- Prasetya, F. (2025). Emerging trends, challenges, and contributions to SDGs from AI in vocational education: A bibliometric review. *Journal of Vocational Education Research*. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.101387>
- Said, M., et al. (2025). The integration of green technology elements in the vocational training curriculum: Qualitative perspectives. *International Journal of Education*, 17(2), 90–102. <https://doi.org/10.5296/ije.v17i2.22708>
- UNESCO-UNEVOC. (2026). *Technical and vocational education and training for sustainability*. UNESCO.
- United Nations. (2015a). *Sustainable Development Goal 4: Quality education*. United Nations.
- United Nations. (2015b). *Sustainable Development Goal 7: Affordable and clean energy*. United Nations.
- United Nations. (2015c). *Sustainable Development Goal 9: Industry, innovation and infrastructure*. United Nations.
- United Nations. (2015d). *Sustainable Development Goal 11: Sustainable cities and communities*. United Nations.
- United Nations. (2015e). *Sustainable Development Goal 13: Climate action*. United Nations.
- Vitalocca, D., Suherman, A., Rohendi, D., Yulia, C., & Abdullah, A. G. (2026). Integrating computational thinking and green skills in vocational education through the bridging learning green informatics framework. *Discover Education*, 5, 99. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-01095-0>
- Wardani, K. R. N., Fitriani, E., Mukti, A. R., Makmuri, M. K., & Ariyadi, T. (2025). Edukasi Internet of Things (IoT) sebagai upaya pengenalan teknologi digital pada siswa SMK. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 3(3), 1143–1153. <https://doi.org/10.59837/jpmmba.v3i3.2366>