



Prosiding

Seminar Nasional

Unit Kegiatan Mahasiswa Penalaran dan Riset

IKIP PGRI Bojonegoro

Tema “Eksplorasi Penalaran dalam Riset untuk Meningkatkan Kualitas Publikasi Ilmiah”



Pengembangan Media Pembelajaran ECO-BOST Berbasis QR Code melalui Pemanfaatan Limbah Otomotif untuk Pembelajaran Energi Terbarukan di Sekolah Menengah Kejuruan

Muhammad Nur Asy'ari¹(✉), Mokhammad Anang Basuki²

Teknik Sepeda Motor, SMK Negeri 3 Bojonegoro, Indonesia

muhammadari26@guru.smk.belajar.id¹, manangbst@gmail.com²

abstrak- Krisis energi fosil dan meningkatnya limbah otomotif di lingkungan pendidikan vokasi menjadi tantangan yang memerlukan solusi inovatif dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan “ECO-BOST” (*Energy Conversion of Box Automotive Waste*), yaitu alat ajar berbasis limbah otomotif dan teknologi QR Code untuk mendukung edukasi energi terbarukan di SMK Teknik Sepeda Motor. Metode pengembangan dilakukan melalui studi literatur, studi lapangan, pengumpulan limbah bengkel, perancangan prototipe, uji coba, serta evaluasi pengembangan. ECO-BOST memanfaatkan komponen bekas seperti spul, kiprok, aki, CDI, dan panel surya mini untuk menghasilkan sistem konversi energi sederhana yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif. Integrasi QR Code memungkinkan siswa mengakses materi, fungsi komponen, dan prosedur penggunaan secara digital melalui smartphone. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa ECO-BOST mampu meningkatkan pemahaman siswa mengenai konsep konversi energi, menumbuhkan kesadaran lingkungan, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan *problem solving* berbasis STEM. Selain itu, inovasi ini mendukung pengurangan limbah bengkel melalui pemanfaatan kembali komponen otomotif hingga 70%. Dengan biaya produksi yang relatif ekonomis, ECO-BOST berpotensi menjadi model alat ajar ramah lingkungan yang adaptif, kontekstual, dan aplikatif untuk diterapkan pada pendidikan vokasi berkelanjutan di Indonesia.

Kata Kunci: ECO-BOST, limbah otomotif, energi terbarukan, alat ajar interaktif, pendidikan vokasi.

PENDAHULUAN

Krisis energi berbasis fosil dan meningkatnya pencemaran lingkungan menjadi dua tantangan strategis yang dihadapi dunia pada abad ke-21. Di Indonesia, kebutuhan energi terus mengalami peningkatan seiring pertumbuhan sektor industri serta perkembangan ekonomi. Meskipun demikian, lebih dari 88% konsumsi energi nasional masih bergantung pada sumber energi fosil (IESR, 2023). Kondisi tersebut sejalan dengan laporan IEA (2021) yang menyatakan bahwa lebih dari 70% emisi gas rumah kaca secara global berasal dari sektor energi yang masih didominasi oleh penggunaan bahan bakar fosil. Fakta tersebut menegaskan urgensi percepatan transisi menuju sumber energi yang lebih bersih, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

Di sisi lain, sektor pendidikan vokasi, khususnya pada Program Keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM), juga menghadapi persoalan lingkungan yang tidak kalah penting. Aktivitas praktik di bengkel menghasilkan berbagai limbah padat berupa komponen otomotif bekas, seperti koil, CDI, busi, aki rusak, dan kabel pengapian yang umumnya tidak dimanfaatkan kembali. Apabila limbah tersebut tidak dikelola secara tepat, dampaknya dapat memicu pencemaran tanah maupun air. Hasil penelitian Prasetyo et al. (2022) menunjukkan bahwa lebih dari 70% limbah komponen otomotif yang dihasilkan di SMK belum dioptimalkan melalui kegiatan daur ulang maupun inovasi pembelajaran.

Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa pengelolaan pendidikan vokasi masih memerlukan penguatan, khususnya dalam mengintegrasikan aspek keberlanjutan lingkungan ke dalam proses pembelajaran kejuruan. Pembelajaran di SMK tidak hanya ditujukan untuk membekali peserta didik dengan keterampilan teknis, tetapi juga perlu mengembangkan kepedulian terhadap lingkungan, kreativitas, serta kemampuan beradaptasi terhadap berbagai tantangan global, termasuk krisis energi. Sejalan dengan hal tersebut, Sudira, P. dan Ruwaida, R. (2024) menegaskan bahwa pembelajaran di SMK harus bersifat kontekstual, produktif, serta mampu menjawab kebutuhan industri dan isu lingkungan. Namun demikian, implementasi pembelajaran mengenai energi terbarukan pada Program Keahlian Teknik Sepeda Motor masih cenderung terbatas dan lebih banyak disampaikan dalam bentuk teori daripada praktik.

Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, penulis mengembangkan inovasi "ECO-BOST" Pemanfaatan Limbah Otomotif Menjadi Alat Ajar Berbasis QR Code Untuk Edukasi Konverai Energi Terbarukan Masa Depan. Inovasi ini dirancang untuk meningkatkan kompetensi teknis peserta didik melalui penguatan kemampuan berpikir kritis sekaligus menumbuhkan kesadaran ekologis dan kreativitas dalam memanfaatkan limbah menjadi produk yang bernilai edukatif. Pengembangan ECO-BOST selaras dengan pendekatan pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), yang terbukti mampu memperkuat kompetensi abad ke-21, seperti berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan pemecahan masalah (Fadillah, Z. I., 2024). Selain itu, Cebrián et al. (2020) menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan ekopedagogi efektif dalam meningkatkan kesadaran peserta didik terhadap isu keberlanjutan sekaligus mendorong keterlibatan aktif mereka dalam menghasilkan inovasi yang berorientasi pada pelestarian lingkungan.

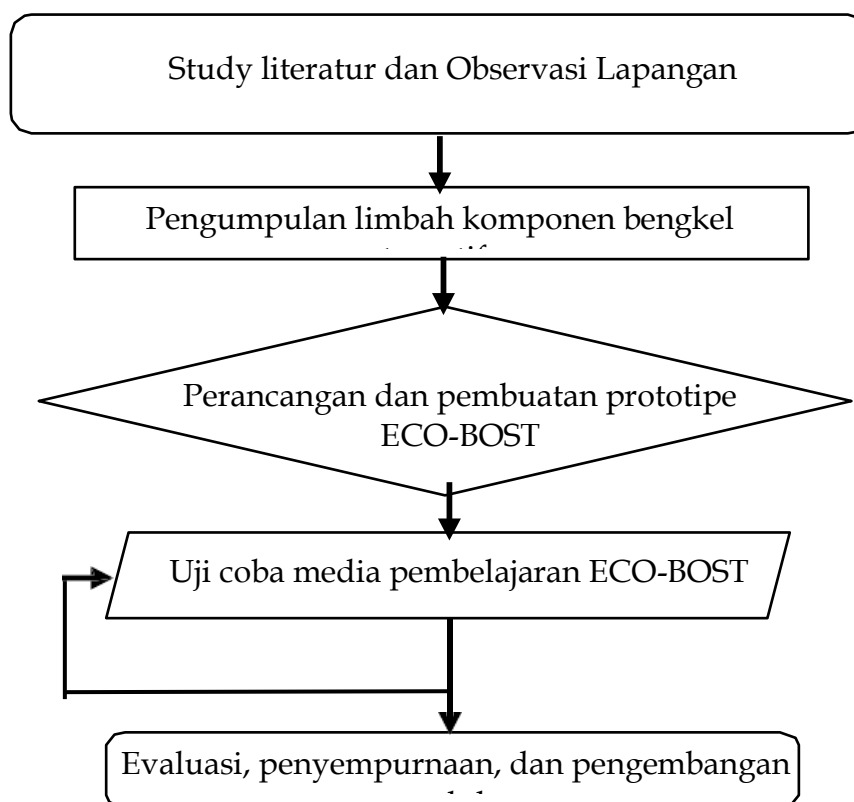
Berdasarkan uraian tersebut, ECO-BOST hadir sebagai alternatif solusi yang mengintegrasikan penyelesaian tiga permasalahan utama secara simultan, yaitu tingginya ketergantungan terhadap energi fosil, belum optimalnya pengelolaan limbah otomotif di lingkungan pendidikan vokasi, serta kebutuhan akan media pembelajaran yang kontekstual dan berorientasi pada pembangunan berkelanjutan. Melalui inovasi ini, diharapkan peserta didik tidak hanya memiliki kompetensi teknis yang unggul, tetapi juga mengembangkan *green mindset* sebagai bekal untuk menjadi tenaga kerja profesional yang adaptif terhadap transisi energi, ekonomi sirkular, dan tuntutan pembangunan berkelanjutan di masa depan.

METODE PENELITIAN

A. Tahapan Pelaksanaan

Pelaksanaan pengembangan inovasi **ECO-BOST** dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan. Setiap tahap dirancang untuk memastikan proses perancangan, pembuatan, hingga evaluasi produk berjalan secara terstruktur dan efektif. Alur pelaksanaan kegiatan tersebut disajikan dalam bentuk diagram *flowchart* sebagai berikut:

Gambar 1. *Flowchart* Penelitian



B. Jadwal/ Timeline Pelaksanaan

Tabel 1. *Timeline* Pelaksanaan Penelitian

N O.	URAIAN KEGIATAN	MINGGU KE-			
		1	2	3	4
1	Study literatur dan Observasi Lapangan				
2	Pengumpulan limbah komponen bengkel otomotif				
3	Perancangan dan pembuatan prototipe ECO-BOST				
4	Uji coba media pembelajaran ECO-BOST				
5	Evaluasi, penyempurnaan, dan pengembangan produk				

C. Sumberdaya Yang Dibutuhkan

Pengembangan inovasi **ECO-BOST** melibatkan kolaborasi antara guru dan peserta didik yang memiliki kompetensi dasar di bidang kelistrikan otomotif, kreativitas dalam perancangan media pembelajaran, serta keterampilan memodifikasi

dan memanfaatkan kembali komponen otomotif bekas menjadi media edukatif yang fungsional. Sinergi kompetensi tersebut menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan proses perancangan, implementasi, dan penyempurnaan produk inovasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengembangan Inovasi ECO-BOST

Produk utama dari hasil penelitian ini adalah terwujudnya prototipe media pembelajaran inovatif bernama **ECO-BOST** (*Energy Conversion of Box Automotive Waste*). Produk ini dikembangkan dengan memanfaatkan komponen limbah otomotif berupa spul (stator), rotor magnet, kiprok, aki bekas, CDI, dan panel surya mini yang dirangkai menjadi sistem pembelajaran konversi energi listrik sederhana.

Gambar 2. Limbah Bengkel Otomotif



Prototipe yang dihasilkan mampu menunjukkan proses konversi energi mekanik menjadi energi listrik serta proses penyimpanan energi listrik pada aki. Selain itu, ECO-BOST telah dilengkapi dengan pemanfaatan teknologi *QR Code* yang dapat dengan mudah diakses murid melalui sistem pindai menggunakan ponsel pintarnya. peserta didik untuk mengakses materi pembelajaran, video demonstrasi, diagram rangkaian, dan petunjuk penggunaan alat.

Berdasarkan hasil uji fungsi, ECO-BOST mampu menghasilkan tegangan listrik sebesar 5–12 Volt DC tergantung sumber putaran yang digunakan. Energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk menyalakan lampu LED indikator maupun beban listrik sederhana sebagai media demonstrasi pembelajaran.

Gambar 3. *Prototype ECO-BOST*



B. Hasil Implementasi pada Pembelajaran

Uji coba alat ajar dilakukan pada 70 murid yang terdiri dari 2 rombongan belajar di Konsentrasi Keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM) SMKN 3 Bojonegoro. Hasil observasi menunjukkan bahwa penggunaan ECO-BOST meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran dibandingkan metode ceramah konvensional. Peserta didik lebih aktif melakukan pengamatan, diskusi, serta praktik langsung mengenai prinsip kerja sistem kelistrikan dan konversi energi. Berdasarkan hasil evaluasi pembelajaran diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 2. Data Peningkatan Pembelajaran setelah penggunaan ECO-BOST

Indikator		Sebelum ECO-BOST	Setelah ECO-BOST
Pemahaman Konsep		62%	88%
Konversi Energi			
Kemampuan		65%	90%
Identifikasi Komponen			
Motivasi Belajar		68%	92%
Kesadaran		55%	91%
Pemanfaatan Limbah			

Data tersebut menunjukkan adanya peningkatan pada seluruh indikator pembelajaran setelah penggunaan ECO-BOST sebagai media pembelajaran.

C. Dampak Pemanfaatan Limbah Otomotif

Salah satu tujuan utama pengembangan ECO-BOST adalah mendukung konsep pendidikan berkelanjutan melalui pemanfaatan limbah otomotif. Pemanfaatan limbah tersebut memberikan dua manfaat sekaligus, yaitu:

1. Mengurangi jumlah limbah bengkel sekolah.
2. Menambah nilai edukatif komponen yang sebelumnya tidak digunakan.

Berikut adalah diagram persentase material Limbah Otomotif pada pembuatan ECO-BOST.

Gambar 4. Diagram presentase material limbah otomotif yang digunakan untuk membuat ECO-BOST



Komposisi material penyusun ECO-BOST terdiri dari:

1. 80% komponen limbah otomotif yang digunakan kembali (reuse).
2. 20% komponen tambahan baru seperti panel surya mini, kabel penghubung, dan bahan pendukung lainnya.

Dari Pemanfaatan limbah tersebut sejalan dengan prinsip circular economy dan green education yang saat ini menjadi fokus pengembangan pendidikan vokasi abad ke-21.

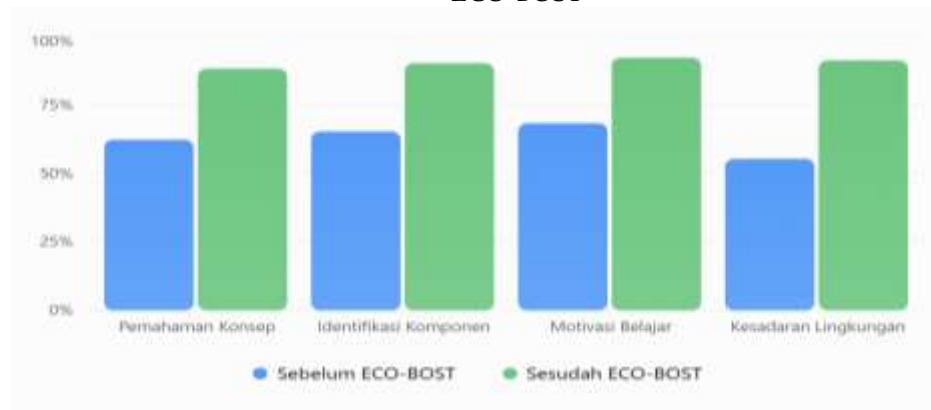
B. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ECO-BOST mampu menjadi media pembelajaran kontekstual yang mengintegrasikan aspek teknologi, lingkungan, dan pendidikan vokasi dalam satu perangkat. Keunggulan utama ECO-BOST terletak pada kemampuannya menghubungkan materi kelistrikan sepeda motor dengan konsep energi terbarukan yang selama ini jarang diajarkan secara praktis pada pembelajaran TSM. Melalui alat ini peserta didik dapat memahami hubungan antara generator, regulator, baterai, dan penyimpanan energi secara langsung. Selain meningkatkan kompetensi teknis, ECO-BOST juga mendukung penguatan Profil Pelajar Pancasila melalui pengembangan karakter kreatif, gotong royong, bernalar kritis, dan peduli lingkungan.

Integrasi QR Code memberikan nilai tambah berupa akses pembelajaran digital yang fleksibel. Peserta didik tidak hanya belajar dari alat fisik, tetapi juga memperoleh materi pendukung melalui perangkat smartphone yang dimiliki. Inovasi ini memperkuat konsep bahwa alat ajar berbasis proyek dan pemanfaatan limbah memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran vokasi yang lebih relevan dengan kebutuhan industri hijau (green industry) di masa depan. Dengan demikian, ECO-BOST dapat direkomendasikan sebagai alternatif media pembelajaran energi terbarukan yang murah, mudah direplikasi, ramah lingkungan, dan sesuai untuk diterapkan pada berbagai SMK bidang teknologi dan rekayasa di Indonesia.

Peningkatan Hasil Pembelajaran Menggunakan ECO-BOST

Gambar 5. Grafik perbandingan kondisi sebelum dan sesudah implementasi media pembelajaran ECO-BOST



Berdasarkan grafik di atas, implementasi ECO-BOST menunjukkan peningkatan pada seluruh indikator pembelajaran. Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator

kesadaran lingkungan, dari 55% menjadi 91%, yang menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah otomotif sebagai media pembelajaran mampu meningkatkan kepedulian peserta didik terhadap isu keberlanjutan lingkungan.

Pada indikator pemahaman konsep konversi energi, terjadi peningkatan dari 62% menjadi 88%. Data ini menunjukkan bahwa penggunaan alat ajar berbasis praktik nyata lebih efektif dibandingkan pembelajaran teoritis semata. Selain itu, kemampuan identifikasi komponen kelistrikan otomotif meningkat dari 65% menjadi 90%, sedangkan motivasi belajar meningkat dari 68% menjadi 92%.

Secara keseluruhan, rata-rata peningkatan hasil pembelajaran mencapai 27,75 poin persentase, yang mengindikasikan bahwa ECO-BOST memiliki potensi sebagai media pembelajaran inovatif yang efektif dalam mendukung pembelajaran energi terbarukan berbasis proyek di SMK.

SIMPULAN

ECO-BOST dirancang sebagai media pembelajaran yang tidak hanya menghadirkan pengalaman belajar yang kontekstual dan aplikatif, tetapi juga berperan dalam meningkatkan kesadaran peserta didik mengenai pentingnya pengelolaan limbah otomotif serta pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan. Inovasi ini dikembangkan sebagai alat pembelajaran interaktif yang mengintegrasikan konsep pendidikan lingkungan dengan teknologi QR Code di laboratorium SMK. Melalui media tersebut, peserta didik dapat mengamati secara langsung mekanisme kerja sistem, memahami fungsi setiap komponen, melakukan simulasi pengoperasian, serta menganalisis prinsip konversi energi yang terjadi secara lebih mendalam.

Implementasi ECO-BOST diharapkan mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan inovasi peserta didik, sekaligus menumbuhkan kepedulian terhadap isu energi terbarukan dan keberlanjutan lingkungan. Kompetensi tersebut relevan dengan kebutuhan dunia industri modern yang semakin berorientasi pada efisiensi energi, teknologi ramah lingkungan, dan pembangunan berkelanjutan. Oleh karena itu, ECO-BOST berpotensi menjadi salah satu model perangkat pembelajaran inovatif yang dapat diadaptasi oleh berbagai institusi pendidikan vokasi, khususnya Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), sebagai upaya memperkuat transformasi pembelajaran di bidang energi terbarukan dan pendidikan berkelanjutan.

REFERENSI

- Cebrián, G., Grace, M., & Humphris, D. (2020). "Sustainable learning through ecopedagogy: Re-orienting learning for sustainability in higher education." *Journal of Cleaner Production*, 252, 119-129.
- Fadillah, Z.I. 2024. Pentingnya Pendidikan STEM (Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika) di Abad-21. *Journal Sains and Education*. 2 (1): 1-8.
- Hirata, A. (2020). *Guru aini*. Yogyakarta, Indonesia: PT Bentang Perkasa.
- IESR. (2023). *Indonesia Energy Transition Outlook*. Institute for Essential Services Reform.

- International Energy Agency. (2022). Total CO2 Emissions, Indonesia 1990-2020. In *iea.org*. <https://www.iea.org/news/iea-flagship-report-global-energy-review-co2-emissions-in-2021>. diakses tanggal 1 Juni 2024.
- Prasetyo, H. et al. (2022). "Analisis Pengelolaan Limbah Otomotif di Sekolah Menengah Kejuruan." *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 18(2), 121-130.
- Ruwaida, R. & Putu Sudira. (2024). School Partnership Management with Industry and the World of Work to Improve Student Automotive Skills Competency. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*. 57(1), 183-194.