

OPTIMALISASI MEDIA EDUKASI ENERGI TERBARUKAN DENGAN INTEGRASI E-MODUL BERBASIS QR CODE

Andinusa Rahmandika^{1*}, Ali Mokhtar², Ary Dwi Astuti³, Arie Zakaria⁴, Nur Hasanah⁵
^{1,2,3,4,5}Prodi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia
andinusa@umm.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Integrasi fasilitas pendidikan di lingkungan tempat wisata menjadi strategi inovatif yang meningkatkan nilai rekreatif dan memperluas fungsi edukatif melalui penyediaan pengalaman belajar yang interaktif dan mudah diakses oleh pengunjung. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk mengimplementasikan e-modul berbasis QR Code dan meningkatkan keterampilan pendamping pengunjung di Pos Energi Taman Rekreasi Sengkaling Universitas Muhammadiyah Malang (TRS UMM) dalam manajemen pendampingan pengunjung. Permasalahan utama yang dihadapi adalah tingginya jumlah pengunjung yang tidak sebanding dengan jumlah pendamping, sehingga proses edukasi tidak berjalan optimal. Pendekatan yang digunakan untuk melakukan kegiatan ini adalah *Participatory Action Research* (PAR) yang melibatkan seorang pengelola dan enam pendamping pengunjung Pos Energi TRS UMM pada setiap tahapan kegiatan. Sistem evaluasi dilakukan melalui observasi partisipatif dengan pengukuran capaian indikator keberhasilan berupa tingkat pemahaman pendamping terhadap penggunaan e-modul, kemampuan pendamping dalam memberikan arahan teknis, ketersediaan e-modul, dan tingkat akses pengunjung terhadap e-modul. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada kapasitas pendamping, di mana 83% pendamping mampu memahami dan menerapkan pendampingan berbasis e-modul. Selain itu, pendamping juga mampu memberikan arahan teknis kepada pengunjung. Kegiatan ini menghasilkan dua e-modul yang terintegrasi dengan QR Code pada media edukasi. Implementasi sistem ini juga mendorong kemandirian belajar pengunjung dengan tingkat akses e-modul mencapai 60%.

Kata Kunci: Energi Terbarukan; E-Modul; QR Code; PAR.

Abstract: *The integration of educational facilities within tourist attractions is an innovative strategy that enhances recreational value and expands educational functions by providing interactive learning experiences that are easily accessible to visitors. This community service activity aims to implement QR Code-based e-modules and improve the skills of visitor guides at the Sengkaling Recreation Park Energy Post of the University of Muhammadiyah Malang (TRS UMM) in visitor guidance management. The main problem faced is the high number of visitors that is not proportional to the number of guides, so the educational process does not run optimally. The approach used for this activity was Participatory Action Research (PAR), which involved one manager and six visitor guides from the TRS UMM Energy Post at every stage of the activity. The evaluation system was conducted through participatory observation, measuring success indicators such as the guides' level of understanding regarding the use of e-modules, their ability to provide technical guidance, the availability of e-modules, and visitors' access to the e-modules. The results of the activity showed a significant improvement in the mentors' capabilities, with 83% of them able to understand and implement e-module-based mentoring. In addition, the mentors were also able to provide technical guidance to visitors. This activity produced two e-modules integrated with QR codes in educational materials. The implementation of this system also encouraged independent learning among visitors, with e-module access rates reaching 60%.*

Keywords: *Renewable Energy; E-Modul; QR Code; PAR.*



Article History:

Received: 27-04-2026
Revised : 16-05-2026
Accepted: 19-05-2026
Online : 01-06-2026



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

A. LATAR BELAKANG

Pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) atau yang disebut juga *renewable energy* menjadi aspek penting dalam mendukung transisi energi dan pembangunan berkelanjutan di Indonesia (Langer et al., 2021; Merritt et al., 2019; Robertua et al., 2025). Pendidikan mengenai energi terbarukan menjadi bagian penting dalam upaya meningkatkan literasi sains masyarakat dan membentuk kesadaran akan pemanfaatan sumber energi yang ramah lingkungan (Irsan, 2021; Mellyzar et al., 2022). Peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya EBT harus didukung dengan literasi energi terutama pada kelompok pelajar dan masyarakat umum yang belum memiliki akses terhadap media edukasi yang interaktif dan mudah dipahami. Media edukasi interaktif diperlukan untuk meningkatkan minat belajar dan pengalaman belajar baru dalam pembelajaran (Kartini & Putra, 2020; Putri & Ardi, 2021). Media pembelajaran ini lebih menarik dan efektif untuk menjelaskan atau memahami materi karena dapat menyajikan konsep energi terbarukan secara visual dan aplikatif, sehingga memudahkan pemahaman untuk segala level.

Pemanfaatan media pembelajaran berbasis elektronik sebagai wujud perkembangan teknologi digital menjadi salah satu solusi strategis dalam meningkatkan efektivitas proses edukasi, terutama dalam konteks pembelajaran nonformal. E-modul sebagai bagian dari *digital learning sources* memiliki keunggulan dalam hal aksesibilitas, fleksibilitas, dan kemampuan menyajikan materi secara multimodal, sehingga mampu meningkatkan pemahaman pengguna terhadap konsep yang dipelajari (Bygstad et al., 2022; Sousa et al., 2022). Integrasi teknologi *Quick Response Code* (QR Code) dalam e-modul semakin memperkuat kemudahan akses informasi melalui *smartphone*. Dengan begitu, pengguna dapat secara mudah mengakses konten digital dengan cara memindai kode tersebut (AlNajdi, 2022; Deineko et al., 2022; Tsoukala et al., 2024).

Penggunaan e-modul berbasis QR Code untuk pembelajaran mendukung pendekatan *self-directed learning* bagi individu untuk mengatur proses belajarnya sendiri, termasuk dalam menentukan waktu, tempat, dan kecepatan belajar (Jeong, 2022; Morris & Rohs, 2023). Pemanfaatan teknologi QR Code juga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas pembelajaran melalui penyajian materi yang lebih interaktif dan kontekstual. Penelitian menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital dalam pembelajaran dapat meningkatkan keterlibatan (*engagement*) dan retensi informasi pengguna dibandingkan dengan metode konvensional (Abdulrahman et al., 2020; Waang, 2023; Yu et al., 2022). Implementasi QR Code juga menunjukkan peningkatan hasil belajar dan retensi pengetahuan dari aspek capaian pembelajaran. Dalam studi *quasi-experimental*, penggunaan QR Code yang terintegrasikan dengan strategi pembelajaran aktif menghasilkan peningkatan signifikan pada hasil tes serta mempertahankan pemahaman dalam jangka waktu tertentu (Rakha, 2025). Selain itu,

penelitian lain menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan aktivitas berbasis QR Code, seperti *math trail*, menunjukkan ketekunan yang lebih tinggi serta peningkatan skor akademik dibandingkan dengan metode konvensional (Minard, 2024). Oleh karena itu, implementasi e-modul berbasis QR Code bisa dijadikan sebagai media alternatif dan sebagai inovasi pedagogis yang mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses edukasi di lingkungan pembelajaran berbasis pengalaman.

Dalam konteks pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) seperti wahana edukasi di tempat rekreasi, QR Code memiliki potensi yang sangat relevan (Deineko et al., 2022; Pramono et al., 2021). Teknologi ini memungkinkan integrasi antara objek fisik (alat peraga, instalasi edukasi) dengan informasi digital yang dapat diakses secara mandiri oleh pengunjung (Widiyati et al., 2024). Studi menunjukkan bahwa QR Code efektif dalam menyediakan informasi langsung yang dapat diakses tepat saat dibutuhkan dalam konteks nyata, sehingga meningkatkan relevansi dan pemahaman pengguna terhadap materi (Minard, 2024). Pendekatan ini sejalan dengan konsep pembelajaran kontekstual yang menekankan keterkaitan antara pengalaman langsung dan pengetahuan yang diperoleh (Azmi & Ummah, 2021). Dalam konteks pengabdian kepada masyarakat pada wahana edukasi seperti Pos Energi, integrasi QR Code menjadi strategi yang relevan untuk mengatasi keterbatasan pendamping sekaligus meningkatkan kualitas pengalaman belajar pengunjung secara mandiri dan interaktif.

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi signifikan dalam dunia pendidikan, terutama melalui pemanfaatan media berbasis elektronik seperti e-modul dan teknologi QR Code (Rakha, 2025; Waang, 2023). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa QR Code merupakan salah satu inovasi yang efektif dalam mendukung pembelajaran berbasis *mobile learning* dan *ubiquitous learning*, karena memungkinkan akses cepat terhadap materi pembelajaran secara fleksibel dan kontekstual (Morris & Rohs, 2023).

Kegiatan pengabdian ini menawarkan inovasi baru melalui integrasi e-modul berbasis QR Code pada media edukasi energi terbarukan di wahana rekreasi yang berfokus pada aspek teknologi, peningkatan kapasitas pendamping, dan kemandirian belajar pengunjung. Dalam peningkatan kapasitas pendamping, kegiatan pengabdian ini memberikan pengetahuan kepada para pendamping mengenai penggunaan e-modul sebagai pendukung pembelajaran dengan alat peraga sehingga pendamping mempunyai keterampilan dalam manajemen pendampingan pengunjung dan pengetahuan tentang penggunaan teknologi yang mendukung pembelajaran dengan alat peraga bagi pengunjung. Pendekatan *Participatory Action Research* (PAR) yang digunakan dalam kegiatan ini memastikan bahwa solusi yang dikembangkan bersifat kontekstual, adaptif, dan berkelanjutan sehingga bisa memberikan kontribusi dalam memperluas kajian

pemanfaatan QR Code dari ranah pembelajaran formal ke lingkungan pembelajaran nonformal yang lebih dinamis dan berbasis pengalaman.

B. METODE PELAKSANAAN

Pos Energi Taman Rekreasi Sengkaling Universitas Muhammadiyah Malang (TRS UMM) merupakan salah satu wahana edukasi yang menyediakan media pembelajaran interaktif terkait energi terbarukan bagi pengunjung. Dalam operasionalnya, kegiatan edukasi di Pos Energi dikelola oleh seorang pengelola yang bertanggung jawab terhadap pengelolaan fasilitas, koordinasi kegiatan, dan keberlangsungan layanan edukasi. Selain itu, terdapat enam pendamping pengunjung yang berperan sebagai fasilitator dalam memberikan penjelasan mengenai konsep dan cara kerja alat peraga energi terbarukan kepada pengunjung.

Pendekatan yang digunakan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah Participatory Action Research (PAR), yaitu pendekatan partisipatif yang melibatkan mitra secara aktif dalam setiap tahapan kegiatan agar bisa menghasilkan solusi yang lebih kontekstual dan sesuai dengan kebutuhan lapangan. Oleh karena itu, pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan melalui beberapa metode, yaitu wawancara, sosialisasi, pelatihan, simulasi penggunaan e-modul, praktik langsung akses QR Code, pendampingan teknis, dan observasi lapangan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dibagi ke dalam tiga tahap pelaksanaan, yaitu tahap pra-kegiatan, tahap pelaksanaan, dan tahap evaluasi. Setiap tahap dilakukan dengan metode yang berbeda sesuai dengan tujuan kegiatan.

1. Tahap Pra-kegiatan

Tahap pra-kegiatan dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi awal dan permasalahan yang dihadapi mitra. Pada tahap ini, metode yang digunakan adalah wawancara dan observasi awal. Wawancara dilakukan dengan pengelola dan pendamping pengunjung di Pos Energi TRS UMM untuk memperoleh informasi mengenai kendala dalam proses edukasi, kebutuhan media pembelajaran, dan efektivitas sistem pendampingan yang sudah dilakukan selama ini. Selain itu, observasi awal dilakukan untuk mengetahui kondisi alat peraga, pola interaksi pengunjung, dan mekanisme pendampingan yang berlangsung di lapangan. Hasil dari tahap ini digunakan sebagai dasar dalam merancang solusi berupa pengembangan e-modul berbasis QR Code yang terintegrasi dengan alat peraga pembelajaran.

2. Tahap Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan, kegiatan pengabdian berfokus pada implementasi solusi yang telah dirancang. Metode yang digunakan pada tahap ini adalah sosialisasi, pelatihan, simulasi penggunaan e-modul, praktik langsung akses QR Code, dan pendampingan teknis. Kegiatan diawali dengan sosialisasi kepada pengelola dan pendamping terkait konsep

dan manfaat penggunaan e-modul berbasis QR Code dalam mendukung proses edukasi. Kemudian, pelatihan mengenai penggunaan e-modul, cara mengakses QR Code, dan teknik memberikan arahan teknis kepada pengunjung diberikan kepada enam pendamping pengunjung. Untuk memperkuat pemahaman peserta, dilakukan simulasi penggunaan e-modul dan praktik langsung untuk mengakses QR Code pada alat peraga energi terbarukan.

3. Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketercapaian kegiatan pengabdian yang telah dilaksanakan. Metode yang digunakan pada tahap ini adalah observasi lapangan dan evaluasi partisipatif bersama mitra. Observasi dilakukan terhadap kemampuan pendamping dalam menggunakan e-modul dan memberikan arahan teknis kepada pengunjung, tingkat akses pengunjung terhadap e-modul melalui QR Code, dan implementasi integrasi media digital pada alat peraga pembelajaran. Data hasil observasi kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengukur efektivitas program dalam meningkatkan kualitas edukasi dan mendukung kemandirian belajar pengunjung di Pos Energi TRS UMM. Sistem pengukuran keberhasilan kegiatan dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah pelaksanaan program berdasarkan indikator ketercapaian yang meliputi peningkatan pemahaman pendamping terhadap penggunaan e-modul, kemampuan pendamping dalam memberikan arahan teknis kepada pengunjung, ketersediaan e-modul yang terintegrasi dengan QR Code pada alat peraga, dan tingkat akses pengunjung terhadap e-modul.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tahap Pra-kegiatan

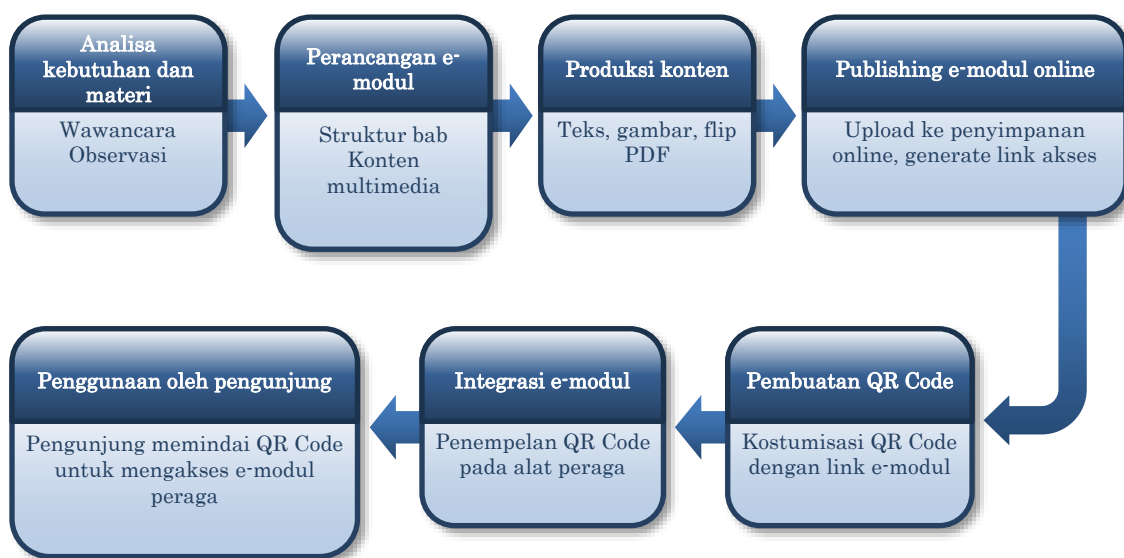
Pos Energi TRS UMM merupakan salah satu wahana eduwisata yang menyediakan pembelajaran interaktif berbasis energi terbarukan. Wahana ini dilengkapi dengan beberapa alat peraga pembelajaran, seperti turbin angin, generator, piezoelektrik, dan sepeda statis yang bekerja dengan prinsip generator. Keberadaan alat peraga tersebut menjadikan Pos Energi sebagai sarana pembelajaran ilmu pengetahuan alam yang menarik bagi pengunjung, khususnya siswa dan guru yang mengikuti program eduwisata. Selain memberikan pengalaman rekreasi, Pos Energi juga menawarkan pembelajaran berbasis pengalaman, di mana pengunjung dapat mengamati secara langsung prinsip kerja teknologi energi terbarukan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pengelola, diketahui bahwa Pos Energi memiliki potensi besar sebagai media edukasi karena banyak sekolah yang tertarik melakukan kunjungan pembelajaran. Program eduwisata yang mengusung konsep belajar sambil bermain menjadi salah satu daya tarik utama bagi pengunjung. Namun demikian, pengelola juga menyampaikan bahwa sistem edukasi yang berjalan menghadapi beberapa kendala. Salah

satu kendala utama adalah alat peraga yang belum terintegrasi dengan sistem digital yang dapat membantu pengunjung memperoleh informasi secara mandiri. Selama ini, pendamping masih menggunakan metode verbal secara langsung sehingga informasi yang diterima pengunjung belum konsisten, sehingga efektivitas edukasi sangat dipengaruhi oleh jumlah dan kesiapan pendamping yang tersedia. Hasil observasi awal juga menunjukkan bahwa keterbatasan sistem edukasi yang belum didukung media digital menyebabkan pengunjung belum dapat memperoleh informasi secara cepat dan mandiri.

2. Tahap Pelaksanaan

Pengembangan e-modul dilakukan sebagai respons terhadap kebutuhan akan media pembelajaran yang dapat diakses secara mandiri oleh pengunjung. E-modul dirancang dengan memuat informasi konseptual dan praktis terkait alat peraga energi terbarukan, khususnya turbin air dan sepeda statis. Materi mengenai perubahan energi yang terjadi pada alat peraga disusun secara sistematis, mulai dari konsep dasar energi terbarukan, prinsip kerja alat, hingga penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 1. Alur pengembangan dan integrasi e-modul via QR Code ke alat peraga

Akses e-modul difasilitasi melalui penggunaan QR Code yang ditempatkan pada masing-masing alat peraga. Pengunjung dapat mengakses materi secara langsung menggunakan perangkat selular. Dalam implementasinya, dua alat peraga yang berupa turbin air dan sepeda statis yang ada di Pos Energi TRS UMM dilengkapi dengan QR Code yang mengarahkan pengunjung pada e-modul yang relevan. Ini memungkinkan pengunjung untuk tidak hanya mengamati alat secara langsung, tetapi juga memahami konsep yang mendasarinya melalui penjelasan digital yang terstruktur.

Sosialisasi dilakukan pada pendamping pengunjung TRS UMM sebagai tahap awal dalam memastikan keberhasilan implementasi sistem yang dikembangkan. Dalam kegiatan sosialisasi ini, pengelola dan pendamping diberikan penjelasan mengenai alur penggunaan sistem, mulai dari cara mengakses QR Code hingga pemanfaatan e-modul dalam proses pendampingan, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sosialisasi penggunaan QR Code untuk mengakses e-modul pada alat peraga

Pelatihan pemanfaatan e-modul melalui akses QR Code merupakan tahap lanjutan yang berfokus pada peningkatan keterampilan praktis pendamping dalam menggunakan dan mengimplementasikan e-modul berbasis QR Code. Materi pelatihan meliputi cara mengakses e-modul, teknik pemberian arahan kepada pengunjung, dan strategi pendampingan yang efektif dalam pembelajaran berbasis teknologi, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Pelatihan akses e-modul melalui QR Code

Hasil pelatihan menunjukkan bahwa pendamping mampu beradaptasi dengan sistem baru dan mulai mengintegrasikan e-modul dalam aktivitas pendampingan. Peran pendamping juga mengalami transformasi, yaitu dari yang awalnya sebagai sumber utama informasi menjadi fasilitator yang membantu pengunjung dalam mengakses dan memahami materi secara mandiri. Pelatihan ini menjadi faktor utama dalam keberhasilan

implementasi untuk mengembangkan strategi pendampingan pembelajaran pengunjung oleh pendamping di Pos Energi TRS UMM, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketercapaian pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat di TRS UMM

| No. | Aspek capaian | Indikator | Kondisi awal (<i>baseline</i>) | Capaian setelah kegiatan | Metode pengukuran |
|-----|-------------------------------------|---|---|--|--|
| 1 | Pengetahuan pendamping | Persentase pendamping yang memahami manajemen pendampingan berbasis modul digital | Pendamping belum ada yang memahami pendampingan terstruktur (0%). | 5 dari 6 (83%) pendamping memahami dan menerapkan pendampingan berbasis e-modul. | Observasi pendamping. |
| 2 | Keterampilan pendamping | Persentase pendamping yang mampu mengarahkan pengunjung untuk mengakses e-modul. | Pendamping belum ada yang mampu memberikan arahan teknis pada e-modul (0%). | 5 dari 6 (83%) pendamping mampu memberikan arahan teknis pada e-modul. | Praktik dan observasi langsung saat kunjungan. |
| 3 | Produk digital | Jumlah e-modul yang dikembangkan. | Sebelumnya belum ada e-modul pada alat peraga di TRS UMM. | Ada 2 e-module untuk alat peraga TRS UMM (Turbine air dan sepeda statis) | Dokumentasi produk. |
| 4 | Sistem informasi | Jumlah alat peraga yang terintegrasi dengan QR code. | 0 alat peraga yang terintegrasi. | 2 alat peraga yang terintegrasi. | Observasi lapangan. |
| 5 | Penggunaan e-module oleh pengunjung | Persentase pengunjung yang mengakses e-modul saat kunjungan. | 0% pengunjung. | 60% pengunjung mengakses e-modul. | Observasi dan monitoring kunjungan. |

Peningkatan pengetahuan dan keterampilan pendamping dalam melakukan manajemen pendampingan berbasis modul digital dan memberikan arahan teknis pada e-modul berbasis QR Code mencapai 83%, di mana lima dari enam pendamping pengunjung telah memahami dan bisa menerapkan sistem pendampingan berbasis modul digital. Peningkatan ini menunjukkan bahwa intervensi pelatihan berbasis teknologi mampu meningkatkan kompetensi fasilitator secara efektif. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian bahwa integrasi teknologi digital QR Code dalam pembelajaran memerlukan dukungan kapasitas pengguna agar implementasinya optimal (Minard, 2024).

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menghasilkan e-modul yang terintegrasi dengan QR Code pada alat peraga. Sebelumnya, tidak terdapat media digital yang mendukung proses edukasi di Pos Energi TRS UMM. Integrasi ini menunjukkan adanya transformasi dari sistem edukasi konvensional di tempat wisata menuju sistem berbasis digital yang lebih adaptif. QR Code berperan sebagai penghubung antara objek fisik dan konteks digital, sehingga memungkinkan penyampaian informasi yang lebih efisien dan terstruktur. Kondisi ini menunjukkan bahwa teknologi QR Code mampu meningkatkan efisiensi akses informasi serta mendukung pembelajaran berbasis *mobile learning* yang fleksibel (Elaish et al., 2017).

Keberadaan e-modul ini juga berperan sebagai *knowledge repository* yang dapat diakses berulang kali oleh pengunjung. Sistem ini berbeda dengan penjelasan verbal yang bersifat sementara. Studi pengembangan media berbasis QR Code juga menunjukkan bahwa integrasi ini mampu meningkatkan hasil belajar secara signifikan melalui penyajian materi yang lebih interaktif dan terstruktur (Widanti & Fathurrahman, 2024). Hal ini meningkatkan keberlanjutan proses pembelajaran di luar interaksi langsung dengan pendamping.

Salah satu indikator keberhasilan kegiatan ini adalah tingkat akses pengunjung terhadap e-modul yang sudah terintegrasi dengan alat peraga di Pos Energi TRS UMM. Data menunjukkan bahwa sebanyak 60% pengunjung telah memanfaatkan e-modul selama kunjungan. Sebelum kegiatan pengabdian dilakukan, tidak ada media digital yang diintegrasikan pada alat peraga (0%). Peningkatan ini menunjukkan bahwa integrasi QR Code berhasil mendorong kemandirian belajar pengunjung. Pengunjung tidak lagi sepenuhnya bergantung pada pendamping untuk memperoleh informasi, melainkan dapat secara aktif mencari dan memahami materi secara mandiri, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemanfaatan E-Modul oleh Pengunjung Pos Energi TRS UMM

Tingginya tingkat akses mencerminkan adanya peningkatan *engagement* pengunjung terhadap media edukasi. Penggunaan teknologi yang familiar, seperti pemindaian QR Code melalui *smartphone*, membuat proses belajar menjadi lebih menarik dan mudah diakses. Namun demikian, masih terdapat 40% pengunjung yang belum memanfaatkan e-modul secara optimal. Hal ini disebabkan oleh literasi digital dan preferensi belajar konvensional.

3. Tahap Evaluasi

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kegiatan pengabdian berhasil menghasilkan dua e-modul yang terintegrasi dengan QR Code pada alat peraga energi terbarukan. Sebelum program dilaksanakan, media digital tersebut belum tersedia sehingga seluruh proses edukasi masih bergantung pada penjelasan verbal dari pendamping. Setelah implementasi sistem, pengunjung dapat mengakses informasi pembelajaran secara mandiri melalui perangkat seluler. Dari sisi pengguna, hasil observasi menunjukkan bahwa sebanyak 60% pengunjung telah mengakses e-modul melalui QR Code selama proses pembelajaran berlangsung. Tingkat akses tersebut menunjukkan adanya peningkatan kemandirian belajar pengunjung dalam memperoleh informasi tanpa harus sepenuhnya bergantung pada pendamping. Selain itu, penggunaan *smartphone* sebagai media akses juga meningkatkan ketertarikan pengunjung terhadap proses pembelajaran karena teknologi yang digunakan bersifat familiar dan interaktif.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan di Pos Energi TRS UMM ini berhasil mengoptimalkan media edukasi energi terbarukan di wahana wisata melalui integrasi e-modul berbasis QR Code. Implementasi yang dilakukan menunjukkan peningkatan signifikan pada kapasitas pendamping, di mana 83% pendamping mampu memahami dan menerapkan sistem pendampingan berbasis e-modul dan bisa memberikan arahan teknis kepada para pengunjung. Ini menunjukkan efektivitas pelatihan yang diberikan kepada para pendamping pengunjung TRS UMM. Dari sisi pengembangan media, kegiatan ini berhasil menghasilkan dua e-modul yang terintegrasi dengan QR Code pada alat peraga, sehingga membentuk sistem informasi edukasi yang sebelumnya belum tersedia menjadi lebih terstruktur dan mudah diakses. Implementasi sistem ini turut mendorong kemandirian belajar pengunjung yang ditunjukkan dengan tingkat akses e-modul mencapai 60% selama kunjungan. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa pemanfaatan e-modul berbasis QR Code tidak hanya meningkatkan kualitas penyampaian informasi, tetapi juga mengubah pola pembelajaran dari yang semula bergantung pada pendamping menjadi lebih mandiri dan fleksibel. Pendekatan ini terbukti efektif dalam mengatasi keterbatasan pendamping pada kondisi jumlah pengunjung yang tinggi, dan menciptakan

sistem edukasi yang lebih adaptif, efisien, dan berkelanjutan pada lingkungan pembelajaran nonformal berbasis rekreasi.

Integrasi sistematis antara e-modul berbasis QR Code dengan alat peraga energi terbarukan dalam konteks wahana edukasi berbasis rekreasi memang masih jarang dikaji dalam penelitian maupun pengabdian sebelumnya. Ini berbeda dengan studi sebelumnya yang umumnya berfokus pada penggunaan QR Code dalam pembelajaran formal di kelas. Kegiatan pengabdian di Pos Energi TRS UMM ini menghadirkan pendekatan yang menggabungkan media fisik dan digital dalam lingkungan nonformal yang dinamis. Selain itu, penggunaan metode PAR menjadi kontribusi penting dalam memastikan bahwa pengembangan dan implementasi teknologi dilakukan secara partisipatif dan kontekstual bersama mitra. Integrasi ini tidak hanya menghasilkan inovasi media pembelajaran, tetapi juga meningkatkan kapasitas pendamping dan mendorong kemandirian belajar pengunjung. Dengan demikian, kontribusi pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan di Pos Energi TRS UMM ini adalah memberikan model optimalisasi media edukasi berbasis integrasi teknologi QR Code yang bersifat aplikatif dan adaptif untuk diterapkan pada wahana edukasi publik dengan karakteristik pengunjung yang heterogen. Model ini berpotensi untuk direplikasi pada berbagai wahana edukasi publik lainnya sebagai solusi dalam meningkatkan kualitas proses belajar berbasis pengalaman dengan dukungan teknologi digital.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Pengelola dan Pendamping Pengunjung Pos Energi TRS Universitas Muhammadiyah Malang yang sudah bersedia menjadi mitra dan menyediakan fasilitas untuk terlaksananya kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Tim penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Malang yang telah mendanai kegiatan pengabdian ini sehingga terlaksana dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdulrahman, M. D., Faruk, N., Oloyede, A. A., Surajudeen-Bakinde, N. T., Olawoyin, L. A., Mejabi, O. V., Imam-Fulani, Y. O., Fahm, A. O., & Azeez, A. L. (2020). Multimedia tools in the teaching and learning processes: A systematic review. *Heliyon*, 6(11), e05312. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05312>
- Afandi, A., Laily, N., Wahyudi, N., Umam, M. H., Kambau, R. A., Rahman, S. A., Sudirman, M., Jamilah, Kadir, N. A., Junaid, S., Nur, S., Parmitasari, R. D. A., Nurdiyana, Wahid, M., & Wahyudi, J. (2022). *Metodologi Pengabdian Masyarakat*. Direktorat Pendidikan Tinggi Keagamaan Islam Direktorat Jenderal Pendidikan Islam Kementerian Agama RI.
- AlNajdi, S. M. (2022). The effectiveness of using augmented reality (AR) to enhance student performance: using quick response (QR) codes in student textbooks in the Saudi education system. *Educational Technology Research and*

- Development*, 70(3), 1105–1124. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10100-4>
- Azmi, R. D., & Ummah, S. K. (2021). Peningkatan keterampilan guru dalam pembuatan instrumen evaluasi pembelajaran digital berbasis kontekstual. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 5(4), 1368-1381.
- Bygstad, B., Øvrelid, E., Ludvigsen, S., & Dæhlen, M. (2022). From dual digitalization to digital learning space: Exploring the digital transformation of higher education. *Computers & Education*, 182, 104463. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104463>
- Deineko, Z., Kraievskaya, N., & Lyashenko, V. (2022). QR Code as an Element of Educational Activity. *International Journal of Academic Information Systems Research (IJASIR)*, 6(4).
- Elaish, M. M., Shuib, L., Abdul Ghani, N., Yadegaridehkordi, E., & Alaa, M. (2017). Mobile Learning for English Language Acquisition: Taxonomy, Challenges, and Recommendations. *IEEE Access*, 5, 19033–19047. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2749541>
- Irsan, I. (2021). Implementasi Literasi Sains dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 5631–5639. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1682>
- Jeong, K.-O. (2022). Facilitating Sustainable Self-Directed Learning Experience with the Use of Mobile-Assisted Language Learning. *Sustainability*, 14(5), 2894. <https://doi.org/10.3390/su14052894>
- Kartini, K. S., & Putra, I. N. T. A. (2020). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Terhadap Hasil Belajar Siswa. *JURNAL REDOKS: Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 3(2), 8–12. <https://doi.org/10.33627/re.v3i2.417>
- Langer, J., Quist, J., & Blok, K. (2021). Review of Renewable Energy Potentials in Indonesia and Their Contribution to a 100% Renewable Electricity System. *Energies*, 14(21), 7033. <https://doi.org/10.3390/en14217033>
- Mellyzar, M., Zahara, S. R., & Alvina, S. (2022). Literasi Sains Dalam Pembelajaran Sains Siswa SMP. *Pendekar: Jurnal Pendidikan Berkarakter*, 5(2), 119. <https://doi.org/10.31764/pendekar.v5i2.10097>
- Merritt, E. G., Bowers, N., & Rimm-Kaufman, S. E. (2019). Making connections: Elementary students' ideas about electricity and energy resources. *Renewable Energy*, 138, 1078–1086. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.047>
- Minard, C. (2024). Use of QR Codes to Enhance Learning in a Graduate-Level Clinical Course. *Journal of Formative Design in Learning*, 8(2), 63–70. <https://doi.org/10.1007/s41686-024-00092-0>
- Morris, T. H., & Rohs, M. (2023). The potential for digital technology to support self-directed learning in formal education of children: a scoping review. *Interactive Learning Environments*, 31(4), 1974–1987. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1870501>
- Pramono, A., Wibisono, M. N., Puspasari, B. D., & Salamah, E. (2021). Pengembangan wahana game pendidikan berbasis QR-code sebagai upaya peningkatan kualitas wahana di Wana Wisata Bedengan. *Caradde*, 4(1), 53–62. <https://doi.org/10.31960/caradde.v4i1.1022>
- Putri, A. A., & Ardi, A. (2021). Meningkatkan hasil belajar siswa melalui multimedia pembelajaran interaktif berbasis pendekatan saintifik. *Jurnal edutech undiksha*, 9(1), 1-7. <https://doi.org/10.23887/jeu.v9i1.33931>
- Rakha, A. H. (2025, October). Cooperative learning with QR codes technology: enhancing cognitive achievement and attitudes among students. In *Frontiers in Education* (Vol. 10, p. 1655913). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1655913>
- Robertua, V., Nainggolan, F., Astina Hermawan, P., & Avrielia, T. (2025). Edukasi Energi Terbarukan dan Kesadaran Iklim bagi Siswa SD Negeri Pulau

- Panggung 01 Pagi, Kepulauan Seribu. *JURNAL ComunitÃ Servizio : Jurnal Terkait Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat, Terkhusus Bidang Teknologi, Kewirausahaan Dan Sosial Kemasyarakatan*, 7(1), 197–207. <https://doi.org/10.33541/cs.v7i1.6715>
- Sousa, M. J., Marôco, A. L., Gonçaves, S. P., & Machado, A. de B. (2022). Digital Learning Is an Educational Format towards Sustainable Education. *Sustainability*, 14(3), 1140. <https://doi.org/10.3390/su14031140>
- Tsoukala, E., Lefkos, I., & Fachantidis, N. (2024). Exploring the Applications of QR Codes in STEM Subjects. In *Smart Mobile Communication & Artificial Intelligence* (pp. 129–139). https://doi.org/10.1007/978-3-031-54327-2_13
- Tukhtabayeva, A., Kenzhebekova, A., Utemuratova, A., Amanbekova, N., Naubay, B., & Tuzelbayeva, D. (2024). Applying augmented reality (QR-code) in English language classroom. *Procedia Computer Science*, 251, 573–578. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.11.151>
- Waang, G. P. (2023). Maximizing the Potential of Multimedia in Indonesia: Enhancing Engagement, Accessibility, and Learning Outcomes. *Academic Society for Appropriate Technology*, 9(3), 235–245. <https://doi.org/10.37675/jat.2023.00409>
- Widanti, A. P., & Fathurrahman, M. (2024). Development of Digital Learning Materials Using a QR Code Based Book Creator Application to Improve Student Learning Outcomes in Science Subjects. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10), 7885–7893. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i10.7933>
- Widiyati, E., Kibtiyah, A., & Bahrodin, A. (2024). Teacher Accompaniment in Improving Digital Literacy Through Metamorphosis Props Training QR-Code. *Soeropati: Journal of Community Service*, 6(2), 183–198. <https://doi.org/10.35891/js.v6i2.4949>
- Yu, Z., Yu, L., Xu, Q., Xu, W., & Wu, P. (2022). Effects of mobile learning technologies and social media tools on student engagement and learning outcomes of English learning. *Technology, Pedagogy and Education*, 31(3), 381–398. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2022.2045215>