

# ADOPSI-DIFUSI TEKNOLOGI PENYIMPANAN ENERGI DAN KENDARAAN LISTRIK UNTUK MEDIA PEMBELAJARAN AKSES ENERGI YANG BERKELANJUTAN

Wahyudi Sutopo\*, Fakhri Fahma,  
Muhammad Hisjam, Roni Zakariya,  
Renny Rochani, Yuniaristanto, Yusuf  
Priyandari

Riset Grup Rekayasa Industri dan  
Tekno-ekonomi, Program Studi Teknik  
Industri, Universitas Sebelas Maret

## Article history

Received : 18-03-2024  
Revised : 25-05-2024  
Accepted : 01-06-2024

## \*Corresponding author

Wahyudi Sutopo

Email:

[wahyudisutopo@staff.uns.ac.id](mailto:wahyudisutopo@staff.uns.ac.id)

## Abstrak

Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) berlokasi di Kabupaten Magetan, Jawa Timur, wilayah yang memiliki potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang melimpah dan memiliki rencana investasi pada bidang elektrifikasi. Namun, adopsi-difusi teknologi elektrifikasi dan EBT dari masyarakat masih rendah, diantaranya dapat ditunjukkan dengan rendahnya pemanfaatan energi surya dan rendahnya elektrifikasi kendaraan listrik. Solusi yang ditawarkan melalui PkM ini adalah mengembangkan simulator adopsi-difusi teknologi penyimpanan energi dan kendaraan listrik untuk media pembelajaran akses energi yang berkelanjutan bagi masyarakat. Metode pelaksanaan PkM dilakukan melalui: merancang media pembelajaran; memasang di taman refugia; menyusun modul dan pelatihan; pendampingan pengelolaan; serta pengukuran tingkat penerimaan. Sistem alat peraga yang dikembangkan terdiri dari: 1. etalase PLTS Atap, 2. Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPKLU), 3. sepeda motor listrik, dan 4. smart farming). Media pembelajaran dapat digunakan untuk learning by doing dan selanjutnya dievaluasi persepsinya terhadap kemudahan akses teknologi energi terbarukan. Pelaksanaan PkM diharapkan menurunkan "chasm" atau jurang hambatan adopsi teknologi dan masyarakat dapat menerima keberadaan inovasi teknologi. Berdasarkan survei sebelum dan sesudah kepada pengunjung, terlihat adanya peningkatan pemahaman akan pentingnya akses energi berkelanjutan yang signifikan dibuktikan dengan uji wilcoxon signed rank dan ditunjukkan kemanfaatannya dari nilai Benefit Cost Ratio (BCR), dimana hasil perhitungan menunjukkan nilai 4,57 sehingga layak diterapkan ( $BCR > 1,0$ ).

Kata Kunci: Adopsi-Difusi; Energi Baru Terbarukan; Kendaraan Listrik; Media Pembelajaran; Teknologi Penyimpanan Energi

## Abstract

The community service (PkM) is in Magetan Regency, East Java. This area has abundant New Renewable Energy (EBT) potential and an electrification investment plan. However, the adoption-diffusion of electrification and EBT technology from the community still needs to be higher, as shown by the low utilization of solar energy and the low electrification of electric vehicles. The solution offered through this PkM is to develop a simulator for the adoption-diffusion of energy storage technology and electric vehicles for learning media for sustainable energy access for the community. The PkM implementation method is carried out by designing learning media, installing it in the refugia garden, developing modules and training, providing management assistance, and measuring the level of acceptance. The developed teaching aid system consists of: 1. rooftop solar power plant showcase, 2. public electric vehicle battery exchange station (SPKLU), 3. electric motorcycle, and 4. smart farming). Learning media can be used for learning by doing and evaluated for their perception of easy access to renewable energy technology. Implementing PCM is expected to reduce the "chasm" or gap in technology adoption barriers, and the community can accept the existence of technological innovations. Based on pre- and post-surveys to visitors, there is a significant increase in understanding of the importance of sustainable energy access, as evidenced by the Wilcoxon signed rank test. Its usefulness is shown from the benefit-cost ratio (BCR) value, where the calculation results show a value of 4.57, so it is feasible to implement ( $BCR > 1.0$ ).

Keywords: Adoption-Diffusion; Electric Vehicles; Energy Storage Technology; Learning Media; New Renewable Energy

© 2024 Some rights reserved

## PENDAHULUAN

Kabupaten Magetan merupakan kabupaten yang sebagian wilayahnya terletak di lereng Gunung Lawu, memiliki potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup melimpah, terutama Energi Surya. Berdasarkan data yang diperoleh dari Global Solar Atlas, Kabupaten Magetan memiliki potensi energi surya sebesar 1.842,1 kWh/m<sup>2</sup> per tahun yang dapat menghasilkan listrik sebesar 1.506,2 kWh/kWp per tahun. Namun demikian, pemanfaatan energi surya di daerah Magetan masih tergolong minim, terbatas pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap yang sangat minim. Sehingga, akibat adanya pemanfaatan bahan bakar fosil secara masif mengakibatkan jumlah emisi karbon terus mengalami peningkatan dan adanya krisis energi fosil (*Global Solar Atlas, 2022; Shafiq et al., 2022; Verkehrswende, 2018*). Emisi karbon kini menjadi musuh bersama (*common enemy*) secara global. Seluruh entitas berupaya menuju nol gas emisi atau *net zero emission* (NZE). Termasuk diantaranya adalah pemanfaatan energi terbarukan.

Pemerintah Kabupaten Magetan telah menawarkan berbagai program untuk menarik investor untuk berinvestasi, terkait elektrifikasi antara lain: (i) pembangunan sirkuit balap motor untuk pertandingan motor listrik di Kecamatan Parang dan (ii) transportasi listrik di kawasan Wisata Telaga Sarangan. Peluang investasi terus dimaksimalkan dengan memanfaatkan Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral nomor 26 tahun 2021 tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik dan Peraturan Presiden nomor 55 tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) untuk Transportasi Jalan. Namun, difusi teknologi elektrifikasi dan EBT di masyarakat Magetan masih rendah, seperti rendahnya pemanfaatan energi surya dan rendahnya elektrifikasi kendaraan listrik di Kabupaten Magetan (*Puspitarini, 2021*).

Persoalan yang dihadapi Pemerintah Kabupaten Magetan adalah ada peluang pemanfaatan energi terbarukan dan KBLBB sekaligus menggerakkan perekonomian dari regulasi antara lain Perpres 55 Tahun 2019; Permen ESDM No. 26 tahun 2021; Permen ESDM 1/2023; Pemen ESDM 3 Tahun 2023; Permenhub PM 39/2023; namun karena rendahnya kesediaan mengadopsi dari masyarakat karena berbagai faktor yang kompleks peluang tersebut belum dapat direalisasikan. Dari analisis situasi tersebut, teridentifikasi permasalahan perlunya meningkatkan pemahaman masyarakat Magetan berkaitan dengan EBT dan KBLBB agar tingkat keberterimaan teknologi (*technology acceptance level*) dapat ditingkatkan.

Rendahnya kesediaan mengadopsi dari masyarakat dapat berdampak pada hilangnya

peluang untuk menggerakkan ekonomi dari energi terbarukan (*Arifin, 2017; Sulistyono et al., 2021; Utami et al., 2020; Yuniaristanto et al., 2023, 2024*). Langkah yang dapat dilakukan adalah meningkatkan tingkat penerimaan teknologi (*technology acceptance*) dari masyarakat. Pengabdian kepada masyarakat hibah grup riset (PKM HGR) UNS ini, Grup Riset (GR) Rekayasa Industri dan Tekno-ekonomi (RITE) Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik UNS menginisiasi untuk mengintegrasikan program berupa 'Media Pembelajaran Difusi Teknologi' dan 'Evaluasi Tingkat Penerimaan Teknologi', implementasi PkM dilakukan bersama dengan Grup Riset (GR) Kendaraan Listrik dan Energi Berkelanjutan FT UNS, serta GR Kecerdasan Buatan Program Studi Teknik Elektro FT UNS yang telah memiliki rekam jejak dalam pada peta jalan untuk memecahkan persoalan "pengurangan polusi CO<sub>2</sub> dengan inovasi teknologi" guna mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals/SDGs* (*Aqidawati et al., 2022; Sutopo, 2023*).

Tim PkM FT UNS yang terdiri dari 3 GR menghadirkan pengabdian terintegrasi. Media Pembelajaran Energi Terbarukan dirancang untuk memberikan pemahaman cara mengubah sinar matahari menjadi energi sampai dengan digunakan untuk fungsi tertentu. Panel surya dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Inverter mengubah arus listrik searah dari panel surya menjadi arus listrik bolak-balik kemudian disimpan dalam baterai. Energi listrik dalam baterai dapat digunakan kapanpun untuk aplikasi apapun yang memerlukan energi listrik, antara lain untuk penerangan rumah atau jalan, kendaraan listrik, bahkan mendukung sistem pertanian cerdas.

Mitra yang dipilih adalah Pemerintah Kabupaten Magetan melalui UPTD Tanaman Pangan Hortikultura Perkebunan dan Ketahanan Pangan (TPHPKP) Kabupaten Magetan yang menjadi pengelola Kebun Bunga Refugia sebagai tempat wisata baru di Magetan sehingga memiliki akses luas ke Masyarakat. Kebun Refugia terpilih menjadi lokasi yang cocok untuk difusi kendaraan listrik dan penyimpanan energi. Selain sebagai tempat wisata yang ramai dikunjungi masyarakat, serta areanya yang tidak termasuk kawasan hutan lindung sehingga cocok untuk dijadikan media pembelajaran difusi kendaraan listrik dan penyimpanan energi.

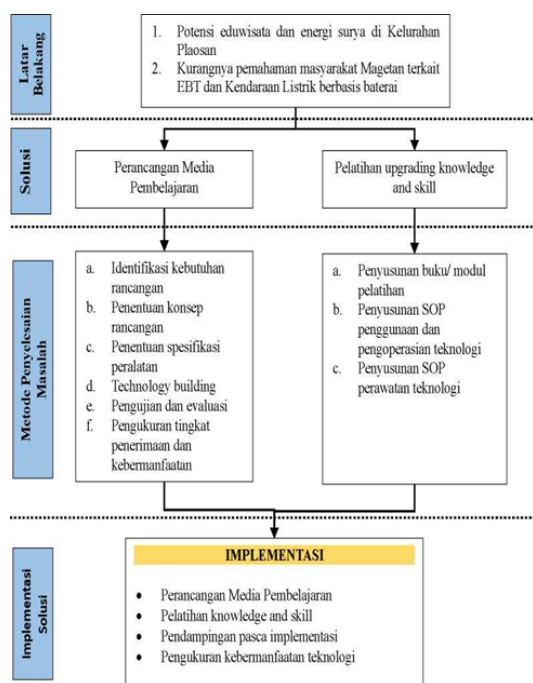
## METODE PELAKSANAAN

Kegiatan PkM dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Merancang media pembelajaran fasilitas teknologi penyimpanan baterai dan kendaraan listrik, dengan tahapan:
  - a) Menentukan kebutuhan perancangan dari permasalahan serta target-target yang diharapkan;

- b) Menentukan konsep rancangan (*design concept*) untuk menjawab kebutuhan perancangan;
  - c) Menentukan spesifikasi rancangan (*design specification*) untuk menghasilkan rancangan secara rinci;
  - d) Mengimplementasikan rancangan (*product building*); dan
  - e) Melakukan pengujian dan evaluasi terhadap teknologi diseminasi (*product evaluation*) untuk melihat apakah kinerja dari produk telah sesuai dengan apa yang diharapkan;
2. Menyusun modul pelatihan dan SOP (penggunaan dan perawatan media pembelajaran);
  3. Memberikan pelatihan upgrading knowledge and skill dan pendampingan secara berkelanjutan; dan
  4. Mengukur tingkat penerimaan masyarakat terhadap teknologi yang telah diseminasikan.

Metode untuk merealisasikan solusi-solusi yang ditawarkan dalam penyelesaian permasalahan mitra secara garis besar disajikan pada Gambar 1.



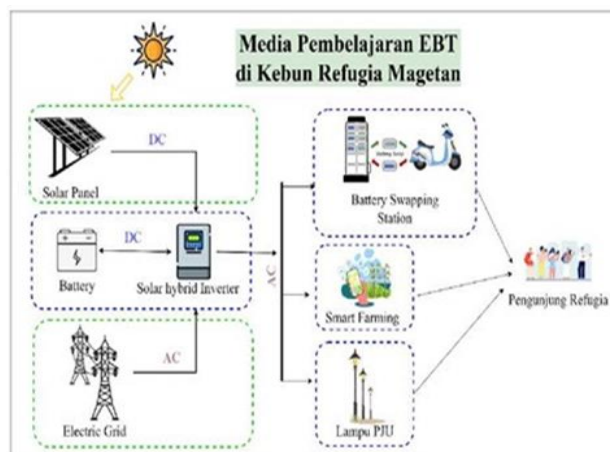
Gambar 1. Metode pelaksanaan PKM

Kegiatan PKM ini menggunakan pendekatan *Participatory Rural Appraisal (PRA)*, mitra dilibatkan hampir di seluruh tahap kegiatan. Mitra terlibat dalam proses perancangan media pembelajaran untuk turut serta dalam proses evaluasi serta uji coba media pembelajaran tersebut. Mitra terlibat dalam proses pelatihan 'upgrading knowledge and skill' yang berisi terkait tata cara penggunaan dan perawatan teknologi, serta bagaimana cara untuk

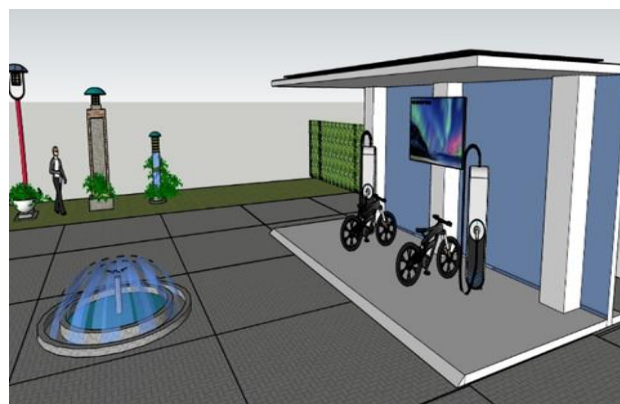
mempromosikan teknologi tersebut agar dapat diterima oleh masyarakat. Mitra terlibat dalam pengumpulan peserta pelatihan, serta penyiapan fasilitas yang akan digunakan dalam proses pelatihan. Mitra terlibat dalam proses perancangan fasilitas difusi kendaraan listrik dan penyimpanan energi. Mitra akan terlibat dalam memberikan saran, masukan terkait kebutuhan daya yang diperlukan. Pada tahap implementasi, mitra akan ikut memantau proses instalasi fasilitas agar sesuai dengan masterplan. Selain terlibat dalam setiap tahapan kegiatan, mitra berperan dan berpartisipasi pada kegiatan ini dengan memberikan fasilitas tempat, serta sumber daya (SDM, lokasi, dan lain - lain) yang digunakan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari proses perancangan media pembelajaran fasilitas teknologi penyimpanan baterai dan kendaraan listrik adalah desain simulator teknologi penyimpanan energi dan kendaraan listrik yang disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Skema desain media pembelajaran adopsi-difusi



Gambar 3. Desain adopsi difusi teknologi sistem penyimpanan dan kendaraan listrik

Desain adopsi difusi teknologi sistem penyimpanan dan kendaraan listrik terdiri dari lima bagian utama, yaitu:

- (i) etalase plts atap untuk media pembelajaran pembangkitan tenaga listrik menggunakan modul fotovoltaik dari energi matahari;
- (ii) stasiun penukaran baterai kendaraan listrik umum (spbkl) untuk mensimulasikan energi listrik dari plts atap disimpan dalam sebuah baterai;
- (iii) sepeda motor listrik dan sepeda motor listrik Konversi untuk simulasi sarana transportasi;
- (iv) Penerangan Jalan Umum (PJU) Tenaga Surya untuk simulasi sarana penerangan; dan
- (v) *Smart farming*, yang ditenagai dengan sumber energi listrik dari baterai untuk menggabungkan berbagai teknologi seperti *internet of things* (IoT), sensor, robotika, dan analitik data untuk memantau dan mengontrol lingkungan pertanian.

**Tabel 1.** Spesifikasi komponen simulator media pembelajaran

No	Komponen	Spesifikasi
1	Etalase PLTS Atap	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PV 500 Wp; Solar Panel 550Wp (Watt Peak) Monocrystalline Surya Chint AstroEnergy</li> <li>• Bracket PV; Solar PV Hybrid Inverter 3000Va 2400W</li> </ul>
2	SPKLU	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Set swab station 4 baterai</li> <li>• Baterai pack; Box panel</li> <li>• Kabel; MCB DC 60A; MCB DC 10A; Kabel MC4</li> <li>• Box SPKLU</li> </ul>
3	Sepeda Motor Listrik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor listrik Volta 401</li> </ul>
4	Penerangan Jalan Umum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solar panel 200WpLampu 50 Watt 12V;</li> <li>• Baterai pack</li> <li>• Box panel, Kabel, MCB DC 60A, MCB DC 10A, Kabel MC4;</li> <li>• Tiang Lampu</li> </ul>
5	Smart farming,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Module Ph meter DFROBOT V.2;</li> <li>• DFRobot Analog TDS Sensor Meter for Arduino;</li> <li>• ARDUINO UNO R3 ATMEGA328P ATMEGA 16U2 COMPATIBLE BOARD</li> <li>• Relay Module KY-019 Sngle 1 Channel High Level Trigger</li> <li>• Domain Website 1 Tahun</li> </ul>

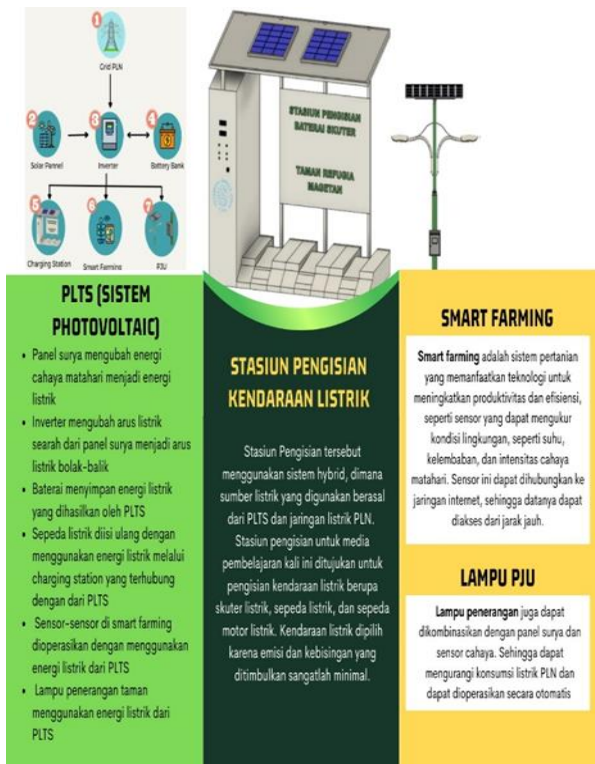
Spesifikasi komponen simulator teknologi penyimpanan energi dan kendaraan listrik disajikan pada Tabel 1. Media pembelajaran adopsi/difusi dapat digunakan untuk mengevaluasi persepsi masyarakat terhadap kemudahan penggunaan dan kegunaan (*ease of use & usefulness*) pada teknologi energi terbarukan ini. Pengunjung dapat dimintai pendapat melalui survey, baik sebelum maupun sesudah mengakses media pembelajaran (*pre & post survey*). Hasil evaluasinya dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi berbagai faktor penghambat adopsi dari masyarakat. Berbagai kendala tersebut selanjutnya dicarikan solusi oleh pemangku kepentingan terkait.

Pelaksanaan PKM dimulai Bulan Maret 2023 dengan melakukan persiapan perancangan, pembuatan alat dan modul pelatihan. Selanjutnya pemasangan, pelatihan dan pendampingan dilakukan pada Minggu ke 1 s.d. 3, Bulan Oktober 2023. Puncak acara pameran dan pelatihan dilakukan bersamaan dengan acara Peringatan Hari Pangan Sedunia di Kebun Refugia, pada tanggal 13-16 Oktober 2023. Dokumentasi pelaksanaan dan luaran simulator disajikan pada Gambar 4, dan Gambar 5. Dokumentasi pelaksanaan dilink Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=1U1MZVnYWPw>.



**Gambar 4.** SPBKL, etalase PLTS atap dan pelaksanaan pelatihan





Gambar 5. Ringkasan modul dalam bentuk brosur

Publikasi kegiatan di media massa online dengan berbagai tulisan ilmiah dan ilmiah populer berkaitan dengan 'Media Pembelajaran Difusi Teknologi' dan 'Evaluasi Tingkat Penerimaan Teknologi' disajikan dalam bentuk opini publikasi di media SOLO POS pada edisi cetak maupun online. (Gambar 6).



Gambar 6. Publikasi koran sebagai bentuk diseminasi ke publik (Sutopo, 2023)

Berdasarkan survei sebelum & sesudah kepada pengunjung, terlihat adanya peningkatan pemahaman akan pentingnya akses energi berkelanjutan. PKM ini memberi manfaat berikut: (i) meningkatkan kunjungan wisatawan ke taman refugia; dan mendorong masyarakat untuk mengeksplorasi adopsi-difusi teknologi EBT dan Elektrifikasi.

Analisis statistik pengaruh pre-test terhadap post-test dilakukan untuk mengetahui adanya perbedaan antara sebelum dan sesudah menggunakan media pembelajaran, terdiri dari 4 dimensi pertanyaan, yakni: (i) *attitude towards adopt*; (ii) *intention to adopt*; (iii) *perceived ease of use*; dan (iv) *perceived usefulness*. Hasil telah dilakukan uji wilcoxon signed rank test dengan menggunakan perangkat lunak SPSS, dengan hipotesa sebagai berikut:

- H0 = Tidak terdapat perbedaan antara sebelum dan sesudah menggunakan media pembelajaran
- H1 = Terdapat perbedaan nyata antara sebelum dan sesudah menggunakan media pembelajaran

Keputusan hipotesis adalah menolak H0 atau menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata antara sebelum dan sesudah menggunakan media pembelajaran untuk adopsi difusi teknologi kendaraan listrik dan sistem penyimpanan energi. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil perhitungan Wilcoxon signed ranks test yang pada tabel test statistics menunjukkan bahwa nilai p (*Asympt. Sig. (2-tailed)*) sebesar 0,031, yang lebih kecil dari batas kritis penelitian 0,05 (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil wilcoxon signed rank test

		N	Mean rank	Sum of ranks
Sesudah mencoba media pembelajaran - Sebelum mencoba media pembelajaran	Negative Ranks	13 <sup>a</sup>	16,12	209,50
	Positive Ranks	24 <sup>b</sup>	20,56	493,50
	Ties	11c		
	Total	48		

- a. Sesudah mencoba media pembelajaran < Sebelum mencoba media pembelajaran
- b. Sesudah mencoba media pembelajaran > Sebelum mencoba media pembelajaran
- c. Sesudah mencoba media pembelajaran = Sebelum mencoba media pembelajaran

Potensi bisnis iktan dapat diambil seiring dengan naiknya adopsi teknologi dan akan mendorong lahirnya entitas baru pada rantai pasokan ekosistem energi terbarukan. P2M juga dapat menggairahkan ekonomi di Magetan dengan tumbuhnya entitas bisnis PLTS Atap, Sepeda Motor Listrik, Bengkel Sepeda Motor Listrik Konversi, dan

*Smart farming*. Program menuju nol gas emisi atau *net zero emission* (NZE) juga dapat dilakukan dengan konversi kendaraan konvensional secara masif dalam waktu yang pendek. Potensi ekonomi dari Sepeda Motor Listrik Konversi dapat dijadikan ilustrasi karena telah ada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 65 Tahun 2020 tentang Konversi Sepeda Motor dengan Penggerak Motor Bakar Menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai.

Di Magetan, ada lebih dari 317 ribu sepeda motor konvensional dan ini potensial di konversi untuk mempercepat program NZE. Bisa saja dimulai dari sepeda motor milik Pemerintah Kabupaten sebagai early adopter. Di Magetan akan dibutuhkan banyak bengkel konversi dan entitas pendukung lainnya. Seiring berjalannya waktu, bengkel konversi dibagi dua tipe sesuai perubahan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 65 Tahun 2020, yaitu bengkel tipe A dan tipe B. Bengkel konversi tipe A dapat melakukan konversi kendaraan sekaligus dapat melakukan pengujian per tipe/prototype, sedangkan bengkel konversi tipe B harus hanya dapat melakukan konversi kendaraan saja. Bengkel konversi dapat memberikan pelatihan baik kepada siswa-siswi SMK di Magetan maupun masyarakat umum yang minat konversi kendaraan. Hal ini juga dapat mendorong tumbuhnya ekonomi di Magetan.

Implementasi dari aplikasi energi terbarukan dapat didorong dengan inisiasi konversi sepeda motor; sebagai langkah kerjasama menumbuhkan ekonomi di Magetan: (a) *Pilot project* konversi sepeda motor dinas Pemkab Magetan; (b) Fakultas Teknik UNS mengkonversi sepeda motor dinas Pemkab Magetan; (c) PUI-TPEL bersama EKM memberikan pelatihan teknis konversi motor kepada mekanik bengkel/siswa SMK/instruktur BLK; (d). Pemkab Magetan memberikan bantuan peralatan untuk bengkel terpilih sebagai bengkel konversi binaan EKM; (e) ). Perjanjian Kerja Sama (PKS) antara EKM dan bengkel terpilih untuk menjadi bengkel binaan.

Manfaat secara ekonomi dari PKM yang telah dilakukan dapat dianalisis dengan pendekatan *benefit cost ratio* (BCR), dan disajikan pada Tabel 3. benefit dan disbenefit dari implementasi media pembelajaran adopsi difusi teknologi kendaraan listrik dan sistem penyimpanan energi di Kebun Refugia Magetan.

Estimasi biaya investasi pada media pembelajaran adopsi difusi teknologi kendaraan listrik dan sistem penyimpanan energi di Kebun Refugia mempertimbangkan harga panel surya, inverter, baterai PLTS, komponen kerangka, charging set, dan komponen pendukung seperti kabel. Harga yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan merupakan harga yang berlaku pada tahun 2023. Sedangkan biaya perawatan tahunan, diasumsikan

1% dari total biaya investas, dan didapatkan hasil estimasi sebesar Rp. Rp 279.810.000,0. Selanjutnya dapat ditentukan total biaya perawatan setiap tahunnya sebesar Rp 2.798.100,00. Karena nilai proyek media pembelajaran diasumsikan selama 25 tahun, sedangkan *lifetime* baterai diperkirakan selama 10 tahun. Maka, selama masa proyek, terdapat biaya pembelian baterai PLTS sebesar Rp 52.000.000,00. Penggunaan PLTS juga dapat menghemat konsumsi listrik sebesar Rp 13.716.906,63 per tahun.

**Tabel 3.** Analisis benefit dan disbenefit

Manfaat	Deskripsi	Nilai	Ref
<b>Benefit</b>			
Peningkatan Pendapatan Asli Daerah (PAD)	Pendapatan yang berasal dari tiket masuk, diasumsikan sebesar 1% dari total PAD.	Rp 17.000.000	(Blank & Tarquin, 2015; Sari, 2023)
Potensi untuk menarik investor	Menarik investor dalam bidang EBT, diasumsikan sebesar 10% dari total investasi	Rp 100.000.000	(Rasinews, 2024)
Meningkatkan kualitas udara	Pengurangan emisi gas rumah kaca, pengurangan carbon tax sebesar Rp 30.000,00 per ton.	Rp 598.140,00	(Kementerian Keuangan RI, 2021)
<b>Disbenefit</b>			
Hilangnya penggunaan lahan	Berkurangnya lahan Refugia, sebesar 100 m2	Rp 100.000.000	(Blank & Tarquin, 2015)

Perhitungan nilai BCR didasarkan pada biaya biaya – biaya yang telah didefinisikan pada poin sebelumnya. Sedangkan untuk perhitungan BCR, *lifetime* proyek media pembelajaran diasumsikan selama 25 tahun dan tidak ada kenaikan harga komponen dan harga listrik selama 25 tahun kedepan. Selain itu, dalam perhitungan BCR, diperlukan nilai suku bunga yang didasarkan pada data Bank Indonesia pada tahun 2023. Suku bunga yang digunakan dalam studi ini sebesar 6%. Pada Tabel 4. dijelaskan perhitungan nilai BCR, dimana hasil perhitungan menunjukkan nilai 4,57 sehingga layak diterapkan (BCR > 1,0).

**Tabel 4.** Rincian perhitungan nilai BCR

Jenis Biaya	Jumlah
Biaya Investasi (termasuk biaya penggunaan lahan)	Rp. 379.810.000,00
Biaya Penghematan	Rp 13.716.906,63 per tahun
Benefit	Rp 117.598.140,00
Biaya operasional dan maintenance (termasuk biaya penggantian baterai pada tahun ke-15)	Rp 6.264.767,00 per tahun
$B-C = [AW(B) - AW(O\&M)]/CR$ $= [Rp\ 117.598.140,00 + Rp\ 13.716.906,63 - Rp\ 6.264.767,00] / [Rp.\ 379.810.000,00 (A/P, 6\%, 25)]$ $= Rp\ 125.050279,63 / [Rp.\ 379.810.000,00 (0,0782)]$ $= Rp\ 125.050.279,63 / Rp\ 27.346.320,00$ $= 4,57$	

#### KESIMPULAN

PkM ini telah menghasilkan media untuk pembelajaran tingkatkan penerimaan teknologi. Niat perilaku menggunakan teknologi baru dari masyarakat dapat didorong dengan dimudahkannya meliterasi adopsi difusi teknologi sistem penyimpanan dan kendaraan listrik dalam satu tempat. Masyarakat Magetan yang datang ke Taman dapat mencoba atau *learning by doing* dengan sistem alat peraga yang telah dikembangkan oleh Tim dari Fakultas Teknik UNS melalui Program Pengabdian Masyarakat (P2M) bekerja sama dengan Pemerintah Kabupaten Magetan. Dengan pelaksanaan PkM ini diharapkan menurunkan "chasm" atau jurang hambatan adopsi teknologi dan masyarakat dapat menerima keberadaan inovasi teknologi. Berdasarkan survei sebelum dan sesudah kepada pengunjung, terlihat adanya peningkatan pemahaman akan pentingnya akses energi berkelanjutan yang signifikan dibuktikan dengan uji *wilcoxon signed rank* dan ditunjukkan kemanfaatannya dari nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR), dimana hasil perhitungan menunjukkan nilai 4,57 sehingga layak diterapkan (BCR > 1,0).

Kegiatan PkM ini dapat digunakan untuk mendorong pertumbuhan Ekonomi di Magetan. Potensi bisnis ikutan dapat diambil seiring dengan naiknya adopsi teknologi dan akan mendorong lahirnya entitas baru pada rantai pasokan ekosistem energi terbarukan. Ekonomi di Magetan dapat didorong dengan tumbuhnya entitas bisnis PLTS Atap, Sepeda Motor Listrik, Bengkel Sepeda Motor Listrik Konversi, dan Smart farming. Media Pembelajaran perlu dipromosikan keberadaannya agar Masyarakat Magetan

yang datang ke Taman Refugia lebih banyak dan dapat mencoba atau *learning by doing*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini didanai oleh Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sebelas Maret (LPPM-UNS), melalui skema PKM HGR-UNS, Nomor hibah: 229/UN27.22/PM.01.01/2023, 14 Maret 2023.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aqidawati, E. F., Sutopo, W., Pujiyanto, E., Hisjam, M., Fahma, F., & Ma'aram, A. (2022). Technology Readiness and Economic Benefits of Swappable Battery Standard: Its Implication for Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(2), 88. <https://doi.org/10.3390/joitmc8020088>
- Arifin, Z. (2017). Adopsi Teknologi Untuk Keunggulan Daya Saing. In Jakarta: PT. PLN (Persero) Pusat Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan (Research Institute). Jakarta: PT. PLN (Persero). <https://www.researchgate.net/publication/337672635>
- Blank, L., & Tarquin, A. (2015). *Engineering Economy* (Sixteenth). Pearson Education. [https://www.hzu.edu.in/engineering/engineering\\_economy.pdf](https://www.hzu.edu.in/engineering/engineering_economy.pdf)
- Global Solar Atlas. (2022). Statistik Sumber Daya Surya di Indonesia. In *Global Solar Atlas*. <https://globalsolaratlas.info/map?c=-2.679687,118.125,4&r=IDN>
- Kementerian Keuangan RI. (2021). *Kenalkan Pajak Karbon untuk Mengendalikan Perubahan Iklim, Indonesia Ambil Manfaat Sebagai Penggerak Pertama di Negara Berkembang*. <https://fiskal.kemenkeu.go.id/publikasi/siaran-pers-detil/328>
- Puspitarini, H. D. (2021). *Beyond 443 GW: Indonesia's infinite renewable energy potentials*. Jakarta: Institute for Essential Services Reform. <https://iesr.or.id/pustaka/beyond-443-gw-potensi-energi-terbarukan-indonesia>
- Rasinews. (2024). *Magetan Akan Genjot Nilai Investasi yang Capai 1 Miliar Tahun Lalu*. Rasi Magetan. <https://rasifm.co.id/magetan-akan-genjot-nilai-investasi-yang-capai-1-miliar-tahun-lalu/>
- Sari, A. (2023). *Persentase Realisasi PAD Kebun Refugia*. Jawa Pos Radar Magetan. <https://radarmadiun.jawapos.com/magetan/801220712/persentase-realisasi-pad-kebun-refugia-besar-parkir-ketimbang-tiket-masuk>
- Shafiq, A., Iqbal, S., Habib, S., ur Rehman, A., ur Rehman, A., Selim, A., Ahmed, E. M., & Kamel, S. (2022). Solar PV-Based Electric Vehicle Charging Station for Security Bikes: A Techno-Economic and Environmental Analysis. In *Sustainability* (Vol. 14, Issue 21). <https://doi.org/10.3390/su142113767>
- Sulistiyono, D. S., Yuniaristanto, Y., Sutopo, W., & Hisjam, M. (2021). Proposing Electric Motorcycle Adoption-Diffusion Model in Indonesia: A System Dynamics Approach. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 20(2), 83–92. <https://doi.org/10.25077/josi.v20.n2.p83-92.2021>

- Sutopo, W. (2023). *Media Pembelajaran Energi Terbarukan Gairahkan Ekonomi di Magetan*. <https://kolom.solopos.com/media-pembelajaran-energi-terbarukan-gairahkan-ekonomi-di-magetan-1741704>
- Utami, M. W. Dela, Yuniaristanto, Y., & Sutopo, W. (2020). Adoption Intention Model of Electric Vehicle in Indonesia. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 19(1), 70–81. <https://doi.org/10.25077/josi.v19.n1.p70-81.2020>
- Verkehrswende, A. (2018). *Transforming transport to ensure tomorrow's mobility*. Germany: Agora Verkehrswende. [https://policycommons.net/artifacts/4774828/transforming-transport-to-ensure-tomorrows-](https://policycommons.net/artifacts/4774828/transforming-transport-to-ensure-tomorrows-mobility/5611058/)
- Yuniaristanto, Sutopo, W., Hisjam, M., & Wicaksono, H. (2023). Factors Influencing Electric Motorcycle Adoption: A Logit Model Analysis. *E3S Web of Conferences*, 465, 02035. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346502035>
- Yuniaristanto, Sutopo, W., Hisjam, M., & Wicaksono, H. (2024). Exploring the determinants of intention to purchase electric Motorcycles: The role of national culture in the UTAUT. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 100, 475–492. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trf.2023.12.012>