



Pemetaan Potensi Pelaku Informal (Bengkel) Sepeda Motor Listrik yang Bersedia Melakukan Daur Ulang Limbah Baterai

Annie Purwani^{1*}, Ichsanul Fikri Umar Irawan², Iqbal Ramadhan³

¹⁻³ Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia

Alamat: Ringroad Selatan, Tamanan, Kecamatan Banguntapan,
Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55191

Korespondensi penulis: annie.purwani@ie.uad.ac.id

Abstract. Batteries are the primary component in electric motorcycle propulsion systems, playing a crucial role in storing and supplying energy. However, batteries have a limited lifespan, potentially becoming waste after their useful life. Battery waste is categorized as hazardous and toxic waste (B3) because it contains heavy metals and chemical compounds that can negatively impact human health and the environment if not managed properly. As the adoption of electric motorcycles increases in Indonesia, particularly in the Special Region of Yogyakarta (DIY), the issue of battery waste management is becoming increasingly important. Currently, there are no electric motorcycle manufacturers openly willing to manage post-life battery waste, particularly through recycling activities. This situation creates a gap that informal actors could potentially exploit. Informal actors often possess flexibility and basic technical skills, but their capacity to manage battery waste safely and sustainably still needs to be mapped and strengthened. This study focused on mapping the potential capabilities of informal actors in the Special Region of Yogyakarta by 2025. The results indicate that the potential for informal actors capable of providing battery repair services is only around 1%. This figure is very small and therefore insufficient to support future battery waste management needs. Therefore, multi-stakeholder support is needed, from the government and manufacturers to the community, to encourage capacity building among informal actors. This effort is crucial to anticipate the success of the government's 2030 target for electric vehicle conversion, while also ensuring environmental sustainability.

Keywords: Battery Waste; Electric Motorcycles; Informal Actors; Mapping; Recycling Potential

Abstrak. Baterai merupakan komponen utama dalam penggerak sepeda motor listrik yang berperan penting sebagai penyimpan dan pemasok energi. Namun demikian, baterai memiliki keterbatasan masa penggunaan, sehingga setelah melewati umur pakai akan berpotensi menjadi limbah. Limbah baterai dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) karena mengandung logam berat dan senyawa kimia yang berpotensi memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan apabila tidak dikelola secara tepat. Seiring meningkatnya adopsi sepeda motor listrik di Indonesia, khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), isu pengelolaan limbah baterai menjadi semakin penting untuk dikaji. Saat ini belum terdapat pemanufaktur sepeda motor listrik yang secara terbuka bersedia mengelola limbah baterai pasca-umur pakai, terutama melalui kegiatan daur ulang. Kondisi ini menimbulkan celah yang berpotensi dimanfaatkan oleh pelaku informal. Pelaku informal kerap memiliki fleksibilitas dan keterampilan teknis dasar, namun kapasitas mereka dalam mengelola limbah baterai secara aman dan berkelanjutan masih perlu dipetakan serta diperkuat. Kajian ini memfokuskan pada pemetaan potensi kemampuan pelaku informal di DIY pada tahun 2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa potensi pelaku informal yang mampu memberikan layanan *repair* baterai hanya sekitar 1%. Angka ini tergolong sangat kecil, sehingga belum cukup untuk menopang kebutuhan pengelolaan limbah baterai di masa mendatang. Oleh karena itu, diperlukan dukungan multipihak, mulai dari pemerintah, pemanufaktur, hingga masyarakat, untuk mendorong peningkatan kapasitas pelaku informal. Upaya ini penting dalam rangka mengantisipasi keberhasilan program konversi kendaraan berbasis listrik yang ditargetkan pemerintah pada tahun 2030, sekaligus memastikan aspek keberlanjutan lingkungan tetap terjaga.

Kata Kunci: Limbah Baterai; Pelaku Informal; Pemetaan; Potensi Daur Ulang; Sepeda Motor Listrik

1. LATAR BELAKANG

Peningkatan penjualan sepeda motor listrik sebesar 78% antara tahun 2020 dan 2024 secara signifikan mendukung program pemerintah Indonesia dan upaya global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan melindungi lingkungan (Achmad Adhito, 2025). Hal ini diawali dari pemberlakuan Peraturan Presiden No. 55 Tahun 2019 (Peraturan Presiden

Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2019). Meskipun peningkatan ini belum dapat memenuhi target rencana Pemerintah Indonesia sebanyak 8,4 juta unit pada tahun 2030. Pada tahun 2020, sepeda motor listrik di Indonesia tercatat sebanyak 1.947 unit, namun pada tahun 2022, jumlah penjualan meningkat menjadi 25.782 unit atau meningkat sekitar 13 kali lipat (United motor, 2023). Pada akhir tahun 2023, data Kementerian Perhubungan menunjukkan jumlah penerbitan surat tanda registrasi uji tipe (SRUT) sepeda motor listrik sebanyak 85.694 unit (Fajar Yusuf Rasdianto, 2023). Peningkatan tersebut terus berlanjut hingga tahun 2024, mencapai 130.000 unit (Gilang Satria & Agung Kurniawan, 2024).

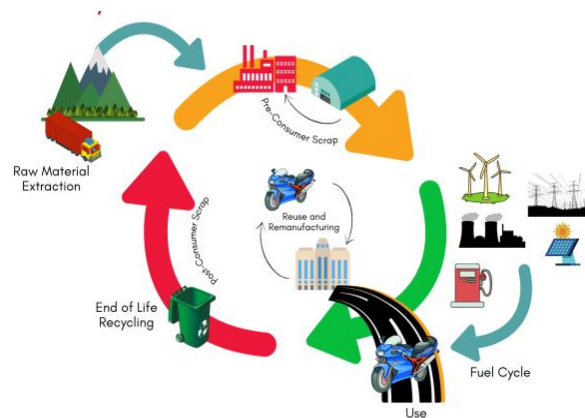
Komponen utama pada sepeda motor listrik adalah baterai penggerak motor. Sementara umur pakai baterai terbatas yaitu antara 6 - 10 tahun (Koroma et al., 2022). Limbah baterai termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), yang akan berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan (Nordelöf et al., 2019). Saat ini, Indonesia belum memiliki perusahaan pengelola limbah (Ruly Kurniawan & Aditya Maulana, 2023). Perkembangan terbaru pihak informal telah ada yang melakukan praktik daur ulang limbah baterai (Purwani, 2023). Besar potensi pihak informal dalam sirkular rantai pasok akan berdampak pada keberlanjutan sirkulasi rantai pasok baterai secara umum.

Survey awal kajian pada artikel ini diperoleh bahwa potensi pelaku informal pendaur ulang limbah baterai adalah pelaku usaha bengkel sepeda motor listrik dan dealer sepeda motor listrik. Para pelaku informal tersebut belum semua bersedia menjadi pengelola pendaur ulang limbah baterai. Rumusan masalah kajian : Bagaimana potensi pelaku informal melakukan daur ulang baterai bekas? Tujuan Penelitian : (1) Penelusuran praktik pengelolaan baterai bekas yang dilakukan bengkel-bengkel motor listrik di Yogyakarta; (2) Pemetaan potensi pengelola daur ulang baterai bekas di Yogyakarta.

2. KAJIAN TEORITIS

Kehadiran teknologi kendaraan listrik menjadi solusi dari permasalahan keterbatasan bahan bakar fosil. Selain dapat mengurangi konsumsi bahan bakar fosil, kendaraan listrik menjadi lebih ramah lingkungan, Girardi (Girardi et al., 2020) membuktikan bahwa electric vehicle (EV) memberikan efek gas rumah kaca lebih rendah (12,07 €/1000 k) dibandingkan kendaraan internal combustion engine (ICE) (21,30 €/1000 k). Sementara menurut Andrea (Temporelli et al., 2020), EV menghasilkan lebih sedikit karbon dalam siklus hidupnya dibandingkan kendaraan diesel atau bensin. Nordelöf dalam papernya (Nordelöf et al., 2019) menyatakan bahwa pengurangan efek gas rumah kaca dari teknologi kendaraan listrik didukung adanya penetrasi analisis dampak lingkungan untuk semua pemanufaktur.

Industri motor listrik di Indonesia merupakan suatu ekosistem baru ([Gambar 1.](#)). Suatu ekosistem merupakan tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh menyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997). Berdasarkan siklus hidup sepeda motor listrik ([Gambar 1.](#)), optimisme peningkatan penjualan sepeda motor listrik juga akan diikuti peningkatan jumlah baterai yang sudah tidak dapat digunakan lagi (limbah baterai) dalam waktu 6 - 10 tahun mendatang. Material baterai termasuk limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang dalam waktu panjang akan mempengaruhi kelestarian lingkungan. Pengelolaan limbah baterai menjadi sangat perlu dilakukan agar masa pakai baterai menjadi lebih panjang sebelum benar-benar dinyatakan sebagai limbah dan masuk dalam disposal. Pengelolaan limbah baterai juga memerlukan dukungan dan peran serta aktif dari pihak pemasok, pengelola stasiun ganti baterai, pengguna, pemerintah dan pihak informal (Purwani et al., 2025).



Gambar 1. Life Cycle Motor Listrik

Saat ini, Indonesia belum memiliki perusahaan pengelola limbah (Ruly Kurniawan & Aditya Maulana, 2023), tetapi pemerintah sedang mengkaji perusahaan Indonesia yang akan mengolah limbah untuk menciptakan ekonomi sirkular. Ekonomi sirkular berkaitan erat dengan rantai pasok karena mendorong transformasi dari model "*take-make-dispose*" yang linear (Amahmoud et al., 2022; Dawson et al., 2021; Goyal et al., 2023; Shahjalal et al., 2022) menjadi siklus tertutup yang memanfaatkan kembali material dan produk untuk mengurangi limbah dan meningkatkan efisiensi sumber daya. Prinsip ekonomi sirkular adalah rantai pasok yang dapat mengintegrasikan logistik terbalik, daur ulang, dan remanufaktur, sehingga menciptakan sistem yang lebih berkelanjutan dan tangguh.

Pengelolaan limbah baterai di beberapa negara sudah sangat lebih tertata (Muhammad Hida Lazuardi, 2021). Di Swiss, pemerintah mengatur kebijakan bagi konsumen untuk mengembalikan baterai kepada produsen, penjual, atau fasilitas pengumpulan baterai yang

telah disediakan. Di Uni Eropa, sebagaimana tercantum dalam regulasi tanggung jawab produsen yang diperluas (Extended Producer Responsibility/EPR), produsen diwajibkan untuk memastikan bahwa baterai yang akan dipasarkannya didaur ulang dengan benar dan menyiapkan sistem pengembalian tanpa biaya tambahan. Demikian pula di Tiongkok, berdasarkan Peraturan Daur Ulang dan Penggunaan Kembali Baterai Traksi, produsen atau importir harus bertanggung jawab atas pengumpulan, pemilahan, penyimpanan, dan pengangkutan baterai bekas.

Beberapa penelitian terdahulu (Ahuja et al., 2020; Amahmoud et al., 2022; Goyal et al., 2023; Hua et al., 2020; Koroma et al., 2022; Shahjalal et al., 2022; Slattery et al., 2021), menyatakan bahwa penanganan limbah baterai dapat dilakukan dengan remanufacturing/refurbishment, reuse dan repair. Pengelolaan daur ulang Definisi setiap R mengacu pada (Farhad et al., 2022; Shokohyar et al., 2014), yaitu: a). *Repair* adalah memperbaiki kesalahan minor pada baterai bekas tanpa membongkar *battery management system* untuk digunakan pada motor listrik, b). *Remanufacture*, untuk membawa produk bekas ke standar kualitas yang sama ketatnya dengan produk baru dengan pembongkaran lengkap hingga ke tingkat komponen dan inspeksi ekstensif serta penggantian suku cadang yang rusak/using, c). *Refurbish/rekondisi*, untuk membawa kualitas produk bekas ke tingkat yang ditentukan dengan pembongkaran ke tingkat modul, inspeksi dan penggantian modul yang rusak atau usang dengan kualitas hasil tidak sebaik remanufaktur, d). *Repurposing* atau *reuse*, memiliki proses yang hampir sama dengan remanufaktur. Namun, dalam penggunaan ulang, aplikasi akhir paket baterai berubah dari aplikasi aslinya. Aplikasi masa kedua dapat berupa energi storage system, forklift listrik atau EV kecepatan rendah, e). *Recycle* adalah proses daur ulang atau pembongkaran baterai hingga ke tingkat sel dan ekstraksi bahan yang digunakan untuk membuat sel. Setiap operasi pemulihan dimana bahan limbah diproses kembali menjadi produk, bahan atau zat baik untuk tujuan asli atau lainnya.

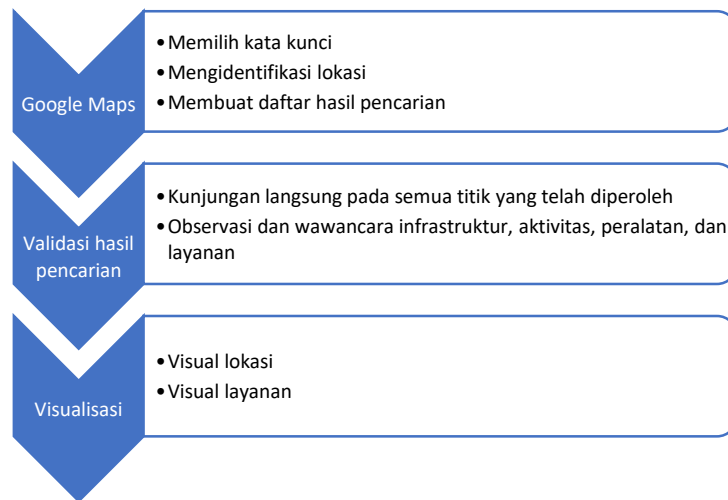
Kurdve (Kurdve et al., 2019) menyatakan bahwa tindakan remanufaktur, penggunaan kembali, dan perbaikan akan sangat tepat dilakukan oleh OEM (*original equipment manufacturer*) yang memang menyediakan kualitas yang lebih standar, namun di masa mendatang sistem semacam ini akan membatasi mobilitas konsumen dan menjadi kurang efisien. Keterlibatan pelaku di luar OEM atau pelaku informal dinilai akan memberikan fleksibilitas dalam menentukan penggunaan komponen bekas. Dalam kasus Indonesia, keterlibatan pelaku informal (bengkel) dapat memberikan peluang bagi OEM untuk fokus pada pencapaian target pemerintah.

Saat ini, belum ada data pasti mengenai jumlah pasti pemilik sepeda motor listrik atau konversi motor listrik di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Namun, secara umum, tren penggunaan kendaraan listrik, termasuk sepeda motor, mengalami peningkatan di Indonesia, termasuk di DIY, seiring dengan meningkatnya kesadaran akan lingkungan dan perkembangan teknologi (Achmad Adhito, 2025). Peningkatan ini tidak saja dari pembelian sepeda motor listrik baru namun juga keberhasilan program konversi sepeda motor (Kementerian ESDM, 2023).

3. METODE PENELITIAN

Pemetaan potensi pelaku informal melakukan daur ulang baterai bekas, adalah menggunakan langkah-langkah sebagaimana pada [Gambar 2](#). Metode penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dengan pendekatan kualitatif. Metode pengumpulan data yang digunakan meliputi observasi langsung dan wawancara semi-terstruktur. Informasi awal mengenai keberadaan bengkel diperoleh melalui penelusuran Google Maps dengan kata kunci yang relevan, seperti “bengkel kendaraan listrik” guna mengidentifikasi lokasi potensial yang menjadi subjek penelitian. Lokasi-lokasi yang telah teridentifikasi kemudian dikunjungi secara langsung untuk melakukan verifikasi terhadap keberadaan fisik, jenis layanan yang disediakan, serta ketersediaan fasilitas yang berkaitan dengan pengelolaan baterai kendaraan listrik. Observasi ini dilakukan untuk mengamati kondisi infrastruktur, aktivitas operasional, serta peralatan yang digunakan dalam pelayanan kendaraan listrik dimasing-masing bengkel.

Selain observasi, dilakukan wawancara secara langsung dengan pemilik atau teknisi bengkel untuk menggali informasi terkait pengetahuan teknis, persepsi, serta hambatan yang mereka hadapi dalam upaya pengelolaan atau daur ulang baterai. Teknik wawancara semi-terstruktur dipilih untuk memberikan fleksibilitas dalam eksplorasi isu-isu lapangan yang muncul secara kontekstual. Data primer yang diperoleh dari observasi dan wawancara kemudian dianalisis dan dipetakan dalam bentuk visual guna menggambarkan sebaran geografis bengkel, karakteristik layanan, dan tingkat keterlibatan bengkel dalam aktivitas pengelolaan baterai. Hasil pemetaan ini disajikan dalam bentuk visual (peta), yang menunjukkan kategori layanan di masing-masing lokasi.



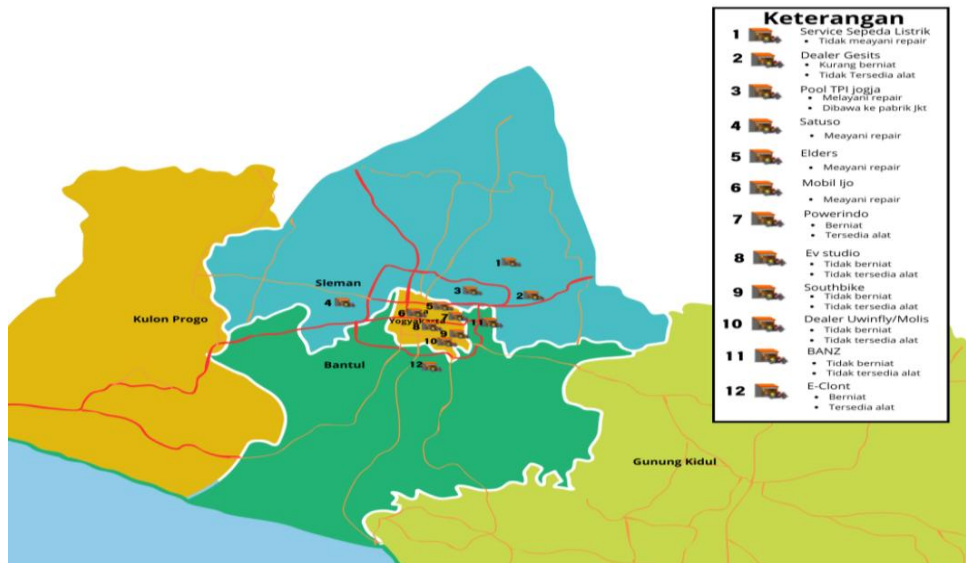
Gambar 2. Langkah-langkah Pemetaan Potensi Pelaku Informal

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana pada rancangan pada Gambar 2. kajian terdiri dari tiga langkah, penelusuran pelaku informal, proses validasi dan visualisasi. Lokasi penelitian adalah di Wilayah Yogyakarta.

Penelusuran pelaku informal

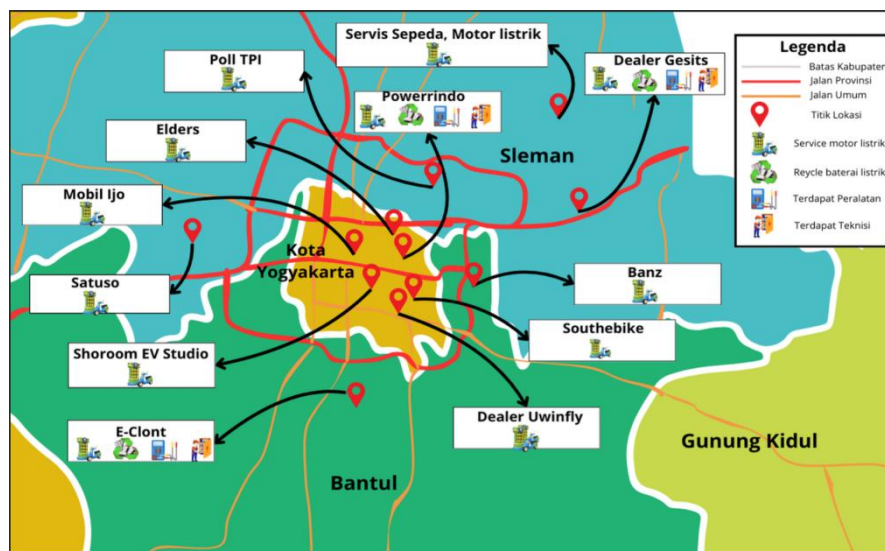
Penelitian diawali dengan mengidentifikasi bengkel-bengkel yang melakukan pengelolaan baterai motor listrik sebagai pelaku informal. a). Pelaku informal adalah beberapa bengkel motor yang melayani perawatan bengkel motor listrik di Yogyakarta. Hasil penelusuran awal dilakukan menggunakan google map, diketahui masing-masing Kota Yogyakarta, Sleman, dan Bantul memiliki enam pelaku informal. Selanjutnya akan dipastikan kesesuaian atau fasilitas yang dimiliki pelaku informal (bengkel) tersebut (Tabel 1.), b). Pemetaan layanan dan kemampuan dari setiap pelaku informal pada Tabel 1, c). Pemetaan dilakukan dengan mendatangi semua titik yang ada pada Tabel 1. Proses pemetaan diawali dengan melakukan pengamatan pada setiap titik dan melakukan wawancara pada pelaku informal. Hasil dari pemetaan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemetaan Bengkel Potensial Mengelola Sampah Baterai

Pengumpulan data praktik layanan bengkel

Untuk memastikan kebedaraan bengkel atau pelaku informal, lakukan proses validasi lokasi dan dilanjutkan dengan wawancara terkait praktik layanan yang diberikan. Hal ini diperlukan karena pemetaan pelaku informal berdasarkan layanan yang diberikan. Pelaku informal dipastikan, dilanjutkan dengan pengidentifikasian layanan atau proses “R” yang dilakukan para pelaku informal. Kemudian peta pada Gambar 3. ditambah dengan beberapa keterangan hasil wawancara sehingga diperoleh Gambar 4.



Gambar 4. Lokasi Beberapa Bengkel Potensial Praktek Pengelolaan Baterai Bekas

Tabel 1. Layanan Bengkel Kendaraan Listrik di Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Kabupaten	Nama Bengkel/Dealer	Jenis Layanan	Penanganan Baterai Bekas/Rusak	Repair	Refurbi sh	Reuse
1	Sleman	Servis Sepeda Listrik/Motor Listrik Yogyakarta	Servis sepeda listrik dan motor listrik	Tidak Melayani Repair Baterai	x	x	x
2		Dealer Gesits	Jual Motor Listrik dan Garansi Motor Listrik	Melayani Repair Baterai melalui garansi resmi dealer	V	x	x
3		Pool TPI Jogja (Battery-Swap Station Grab)	Swapping Baterai Molis dan Repair Molis khusus Grap	Repair untuk baterai masih layak pakai dan dikembalikan ke vendor untuk baterai sudah tidak layak pakai	V	x	x
4		Elders Electrico	Konversi Vespa Listrik	Melayani Repair Baterai Vespa	V	x	x
5		Powerindo	Melayani service motor listrik, service baterai dan daur ulang baterai	Melayani Repair, Refurbish, Reuse Baterai Bekas	V	V	V
6	Kota Yogyakarta	Mobil Ijo Custom Service Mobil Motor Listrik Golf Cart	Custom Mobil Listrik dan Servis Motor Listrik	Melayani Repair Baterai	V	x	x
7		Southebike	Modif, konversi, dan	Melayani Repair Baterai	V	x	x

			menjual sparepart kendaraan listrik				
8		Dealer Uwinfly	Jual Motor dan Sepeda Listrik	Melayani Repair Baterai melalui garansi resmi dealer	V	x	x
9		EV Studio	Dealer Motor Listrik	Melayani Repair Baterai melalui garansi resmi dealer	V	x	x
10	Bantul	E-Clont	Custom Baterai, Konversi Motor Listrik, dan Pelatihan Kendaraan Listrik	Melayani Repair, Refurbish, Reuse Baterai Bekas	V	V	V
11		Satuso	Servis dan Konversi Motor Listrik	Melayani Repair Baterai	V	x	x
12		Banz	Dealer Motor Listrik	Melayani Repair Baterai melalui garansi resmi dealer	V	x	x

Pembahasan

Peta para pelaku informal (bengkel kendaraan listrik) memanfaatkan data yang ada pada googlemap (Gambar 3). Perolehan awal diperoleh dua belas lokasi yang telah mendata keberadaan bengkel pada google map. Dari peroleh tersebut kemudian diperoleh data alamat masing-masing bengkel. Berdasarkan peta pada Gambar 3, diketahui kabupaten Gunungkidul dan Kulon Progo belum ada pelaku informal yang menyatakan keberadaannya pada google map.

Survei lapangan menjadi metode utama untuk mendapatkan informasi lokasi dan karakteristik usaha secara akurat. Data seperti alamat lengkap, jenis usaha, dan profil pelaku usaha dicatat secara detail dengan menggunakan formulir kuesioner. Pendekatan ini sangat

efektif untuk daerah dengan cakupan relatif kecil atau tingkat kepadatan usaha yang tidak terlalu tinggi. Hasil survei ditemukan ada tiga treatment yang dilakukan dalam rangka memperpanjang umur pakai baterai. Ketiga treatment tersebut adalah *repair*, *refurbish* dan *reuse* (Tabel 1).

Dari dua belas pelaku informal yang menyatakan sebagai bengkel kendaraan listrik, hampir semuanya bersedia memberikan layanan “repair” pada baterai kendaraan listrik, hanya ada satu bengkel yang tidak memberikan layanan pengelolaan baterai. Dari dua belas pelaku informal tersebut hanya ada dua bengkel kendaraan listrik yang bersedia memberikan layanan “refurbish” dan “reuse”.

Selanjutnya, data yang telah dikumpulkan secara manual akan diolah dan disusun dalam format tabel atau database sederhana menggunakan perangkat lunak spreadsheet Microsoft Excel (Tabel 2 dan Tabel 3). Sumber data kedua tabel adalah dari Biro Pusat Statistik. Tabel 2. untuk menyatakan rasio ketersediaan bengkel pada luasan wilayah kabupaten (BPS, 2020). Sedangkan Tabel 3. untuk menyatakan rasio ketersediaan bengkel pada keberhasilan kendaraan roda dua berbahan bakar minyak yang berhasil dikonversi menjadi kendaraan roda dua listrik (BPS, 2024).

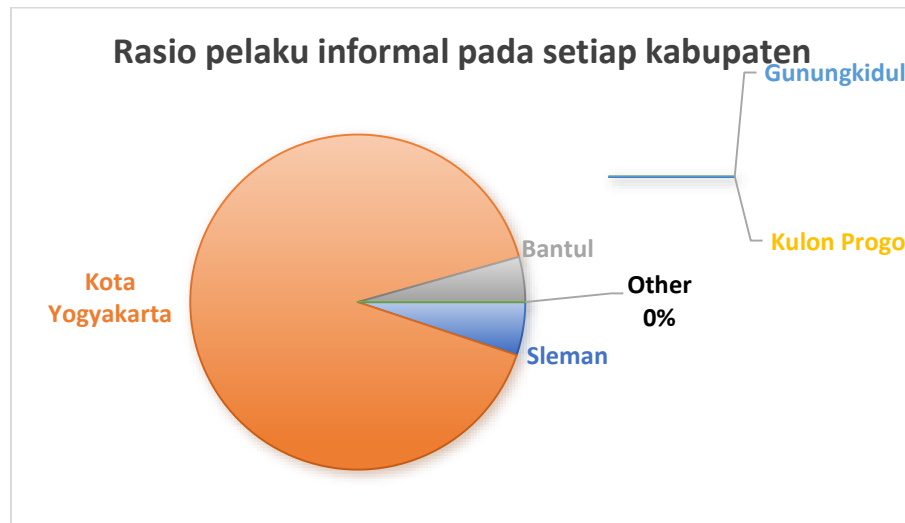
Tabel 2. Rasio pelaku informal pada setiap kabupaten

No	Kabupaten	Luas Area (km ²)	Ketersediaan pelaku informal repair	Rasio pelaku informal pada setiap kabupaten
1	Sleman	574.82	4	0.007
2	Kota Yogyakarta	32.5	4	0.123
3	Bantul	508.13	3	0.006
4	Kulon Progo	586.28	0	0.000
5	Gunungkidul	1431.42	0	0.000

Gambar 5. menunjukkan bahwa Kota Yogyakarta sangat tercukupi karena memiliki potensi 12% dari luasan area. Sedangkan untuk kabupaten Bantul dan Sleman baru dapat memenuhi sekitar 5% area.

Target konversi kendaraan berbahan bakar minyak menjadi kendaraan listrik adalah 50.000 kendaraan dari keseluruhan sepeda motor yang tercatat atau sebesar 5% (CNN Indonesia, 2023, 2024). Tabel 3. menunjukkan jumlah kendaraan roda dua pada tahun 2023. Kolom keberhasilan program konversi adalah 5% dari kolom jumlah kendaraan roda dua. Sebelas bengkel yang memberikan layanan mengelola limbah baterai berpotensi 10% dari jumlah sampah baterai yang akan dihasilkan dari angka optimis keberhasilan program konversi. Pada Gambar 6. nampak bahwa pelaku informal Kota Yogyakarta menunjukkan

potensi kemampuan yang paling besar diantara pelaku informal di Kabupaten Sleman dan Bantul.

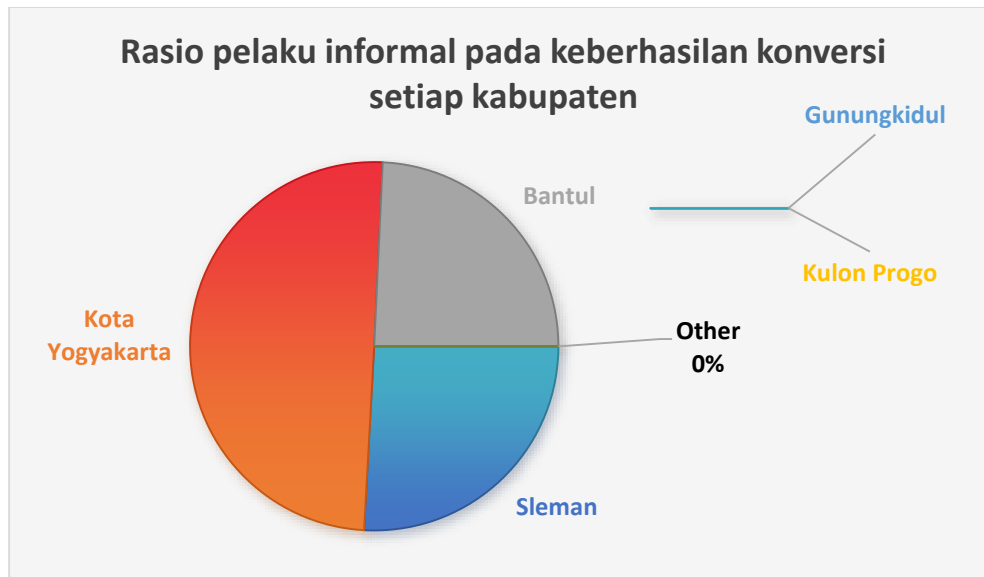


Gambar 5. Rasio Pelaku Informal pada Setiap Kabupaten

Tabel 3. Rasio pelaku informal untuk melayani keberhasilan konversi kendaraan listrik

No	Kabupaten	Jumlah kendaraan roda dua tahun 2023 (unit)	Keberhasilan program konversi (unit)	Ketersediaan pelaku informal repair	Rasio pelaku informal pada keberhasilan konversi setiap kabupaten
1	Sleman	970847	379	4	0.011
2	Kota Yogyakarta	503969	197	4	0.020
3	Bantul	776703	303	3	0.010
4	Kulon Progo	263424	103	0	0.000
5	Gunungkidul	315665	123	0	0.000
Jumlah			1106	11	0.010

Analisis persebaran sederhana ini menunjukkan perlu ada pelibatan yang lebih masif dari masyarakat untuk bersedia sebagai bengkel kendaraan listrik sekaligus pengelola limbah baterai dari sepeda motor listrik. Sesungguhnya ketika pelaku informal bersedia saja untuk melakukan layanan “repair” sudah dapat memperpanjang masa pakai baterai (Koroma et al., 2022; Shokohyar et al., 2014).



Gambar 6. Rasio Pelaku Informal untuk Melayani Keberhasilan Konversi EV

Pelibatan secara masif dari para pelaku informal yang bersedia melakukan layanan “repair” perlu didukung kajian lain yang lebih mendalam dan melibatkan beberapa pemangku kepentingan, terutama kajian terkait risiko dan tantangan yang akan dihadapi. Sebagaimana telah dinyatakan sebelumnya baterai termasuk limbah B3, yang berisiko eksplosif (Nordelöf et al., 2014). Risiko ini dimungkinkan akan menjadi kendala dominan. Risiko lain terkait dengan kebutuhan investasi peralatan dan ketrampilan teknis, yang dimungkinkan sangat besar. Dan yang terpenting adalah risiko terkait dampak lingkungan. Alih-alih program konversi ini akan mendukung program dunia untuk menurunkan emisi dan penggunaan sumber daya tidak terbarukan, namun produksi dan pengelolaan daur ulang limbah baterai berpotensi dampak lingkungan.

Terkait dampak lingkungan beberapa penelitian (Purwani et al., 2025), menyatakan dampak lingkungan yang digunakan untuk pengelolaan daur ulang dinilai sangat kecil dibandingkan dengan dampak pengurangan emisi akibat penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak. Diperlukan integrasi kegiatan dalam rantai pasok agar dapat menjadi sirkular dan berkelanjutan. Pemerintah dapat meningkatkan kebijakan untuk memberikan insentif kepada pelaku usaha yang bersedia menjadi bengkel konversi, dengan juga membantu untuk pelaku informal memiliki bantuan infrastruktur dan ketrampilan dalam mengelola daur ulang limbah baterai.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pemetaan diketahui potensi pelaku informal dalam mengelola limbah baterai baru pada layanan repair. Potensi repair di Propinsi Yogyakarta untuk menghadapi limbah baterai dari keberhasilan program konversi masih sangat kurang, yaitu hanya sebesar 1%. Perlu dukungan pemerintah agar keberdayaan pelaku informal (bengkel pengelola limbah baterai) meningkat. Peningkatan potensi pengelola limbah baterai akan mempercepat menuju rantai pasok sirkular yang berkelanjutan.

DAFTAR REFERENSI

- Achmad, A. (2025, April 24). Jumlah kendaraan listrik naik 78% di 2024. *TopBusiness*.
- Ahuja, J., Dawson, L., & Lee, R. (2020). A circular economy for electric vehicle batteries: Driving the change. *Journal of Property, Planning and Environmental Law*, 12(3), 231–249. <https://doi.org/10.1108/JPEL-02-2020-0011>
- Amahmoud, A., El Attar, M. M., & Meleishy, A. (2022). The evolution of life cycle assessment approach: A review of past and future prospects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 992(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/992/1/012002>
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2020, June 15). *Luas daerah dan jumlah pulau menurut kabupaten/kota di D.I. Yogyakarta*. BPS Provinsi DIY.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2024, May 28). *Jumlah kendaraan bermotor menurut kabupaten/kota dan jenis kendaraan di D.I. Yogyakarta (unit), 2021–2023*. BPS Provinsi DIY.
- CNN Indonesia. (2023, January 5). Jumlah kendaraan Januari 2023 lebih setengah populasi warga Indonesia. *CNN Indonesia*. <https://www.cnnindonesia.com/otomotif/20230105090933-579-896395/jumlah-kendaraan-januari-2023-lebih-setengah-populasi-warga-indonesia>
- CNN Indonesia. (2024, January 19). Sepi peminat, konversi motor listrik 2023 cuma 181 dari target 50 ribu. *CNN Indonesia*. <https://www.cnnindonesia.com/otomotif/20240119113509-603-1051660/sepi-peminat-konversi-motor-listrik-2023-cuma-181-dari-target-50-ribu>
- Dawson, L., Ahuja, J., & Lee, R. (2021). Steering extended producer responsibility for electric vehicle batteries. *Environmental Law Review*, 23(2), 128–143. <https://doi.org/10.1177/14614529211006069>
- Farhad, S., Gupta, R. K., Yasin, G., & Nguyen, T. A. (Eds.). (2022). *Nanotechnology for battery recycling, remanufacturing, and reusing*. Elsevier.
- Girardi, P., Brambilla, C., & Mela, G. (2020). Life cycle air emissions external costs assessment for comparing electric and traditional passenger cars. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 16(1), 140–150. <https://doi.org/10.1002/ieam.4211>

- Goyal, M., Singh, K., & Bhatnagar, N. (2023). Circular economy conceptualization for lithium-ion batteries: Material procurement and disposal process. *Chemical Engineering Science*, 281, 119080. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2023.119080>
- Hua, Y., Liu, X., Zhou, S., Huang, Y., Ling, H., & Yang, S. (2020). Toward sustainable reuse of retired lithium-ion batteries from electric vehicles. *Resources, Conservation and Recycling*, 168, 105249. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105249>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2023, October 18). *Kementerian ESDM selenggarakan sosialisasi konversi sepeda motor listrik di Daerah Istimewa Yogyakarta*. BPSDM ESDM.
- Koroma, M. S., Costa, D., Philippot, M., Cardellini, G., Hosen, M. S., Coosemans, T., & Messagie, M. (2022). Life cycle assessment of battery electric vehicles: Implications of future electricity mix and different battery end-of-life management. *Science of the Total Environment*, 831, 154859. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154859>
- Kurdve, M., Zackrisson, M., Johansson, M. I., Ebin, B., & Harlin, U. (2019). Considerations when modelling EV battery circularity systems. *Batteries*, 5(2), 40. <https://doi.org/10.3390/batteries5020040>
- Kurniawan, R., & Maulana, A. (2023, February 27). Indonesia belum punya perusahaan pengolahan limbah baterai kendaraan. *Kompas.com*. <https://otomotif.kompas.com/read/2023/02/27/181200415/indonesia-belum-punya-perusahaan-pengolahan-limbah-baterai-kendaraan>
- Lazuardi, M. H. (2021, August 5). Dua cara pemerintah bisa kelola limbah baterai kendaraan listrik. *The Conversation*. <https://theconversation.com/dua-cara-pemerintah-bisa-kelola-limbah-baterai-kendaraan-listrik-155715>
- Nordelöf, A., Messagie, M., Tillman, A. M., Söderman, M. L., & Van Mierlo, J. (2014). Environmental impacts of hybrid, plug-in hybrid, and battery electric vehicles: What can we learn from life cycle assessment? *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(11), 1866–1890. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0788-0>
- Nordelöf, A., Poulikidou, S., Chordia, M., Alatalo, M., & Zackrisson, M. (2019). Methodological approaches to end-of-life modelling in life cycle assessments of lithium-ion batteries. *Batteries*, 5(3), 51. <https://doi.org/10.3390/batteries5030051>
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2019 tentang percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (battery electric vehicle) untuk transportasi jalan. (2019). Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 55.
- Purwani, A. (2023, May 5). Baterai listrik bekas jadi limbah atau berkah? *Espos.id*. <https://kolom.espos.id/baterai-listrik-bekas-jadi-limbah-atau-berkah-1614408>
- Purwani, A., Sutopo, W., Hisjam, M., & Widiyanto, A. (2025). Approach for determining cut-off values for electric motorcycle swap battery before the end-of-life in the recycling classification. *Journal of Applied Science and Engineering*, 28(4), 811–820. [https://doi.org/10.6180/jase.202504_28\(4\).0013](https://doi.org/10.6180/jase.202504_28(4).0013)
- Rasdianto, F. Y. (2023, December 27). Jauh mimpi motor listrik subsidi. *DetikX*. <https://news.detik.com/x/detail/spotlight/20231227/Jauh-Mimpi-Motor-Listrik-Subsidi>
- Satria, G., & Kurniawan, A. (2024, September 5). Per Agustus 2024, populasi motor listrik diklaim tembus 130.000 unit. *Kompas.com*.

<https://otomotif.kompas.com/read/2024/09/05/100200215/per-agustus-2024-populasi-motor-listrik-diklaim-tembus-130.000-unit>

- Shahjalal, M., Roy, P. K., Shams, T., Fly, A., Chowdhury, J. I., Ahmed, M. R., & Liu, K. (2022). A review on second-life of Li-ion batteries: Prospects, challenges, and issues. *Energy*, 241, 122881. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122881>
- Shokohyar, S., Mansour, S., & Karimi, B. (2014). A model for integrating services and product EOL management in sustainable product service system (S-PSS). *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25(3), 427–440. <https://doi.org/10.1007/s10845-012-0694-x>
- Slattery, M., Dunn, J., & Kendall, A. (2021). Transportation of electric vehicle lithium-ion batteries at end-of-life: A literature review. *Resources, Conservation and Recycling*, 174, 105755. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105755>
- Temporelli, A., Carvalho, M. L., & Girardi, P. (2020). Life cycle assessment of electric vehicle batteries: An overview of recent literature. *Energies*, 13(11), 2864. <https://doi.org/10.3390/en13112864>
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup. (1997). Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1997 Nomor 23.
- United Motor. (2023). What is the trend in electric motorcycle sales in Indonesia? Check here! *United Motor Blog*. <https://unitedmotor.co.id/what-is-the-trend-in-electric-motorcycle-sales-in-indonesia-check-here>