

Kaji Eksperimen Konversi Sepeda Motor Beat 110cc Menjadi Sepeda Motor *Plug-in Hybrid*

Hari Budianto^{1,2}, Yanto¹, Arka Dwinanda Soewono^{2*}

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

E-mail: arka.soewono@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Konversi sepeda motor ICE (*Internal Combustion Engine*) menjadi *plug-in hybrid* merupakan salah satu solusi praktis untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang kendaraan roda dua. Tujuan penelitian ini adalah untuk memaparkan perancangan powertrain motor listrik untuk *plug-in hybrid* serta melakukan pengukuran efisiensi bahan bakar dan menghitung estimasi pengurangan emisi CO₂ per tahun yang dapat dihasilkan. Metode pengujian efisiensi bahan bakar dilakukan dengan metode uji jalan dengan scenario perkotaan. Hasil pengujian menemukan bahwa konversi *plug-in hybrid* pada sepeda motor Honda Beat tahun 2018 meningkatkan efisiensi bahan bakar sebesar 21,4% yang ditunjukkan oleh peningkatan jarak tempuh kendaraan sejauh 36 km. Peningkatan efisiensi bahan bakar untuk satu unit sepeda motor konversi *plug-in hybrid* dapat berpotensi mengurangi emisi CO₂ sebanyak 110,1 kg CO₂ per tahun. Saat ini, biaya untuk melakukan konversi *plug-in hybrid* sepeda motor adalah Rp. 15.950.000,-. Biaya ini masih lebih mahal bila dibandingkan dengan besaran insentif yang ditawarkan oleh pemerintah sehingga menjadi kendala utama dalam menarik minat masyarakat

Kata kunci :

Elektrifikasi; Jarak tempuh kendaraan; Motor pembakaran dalam; *Plug-in hybrid*; Sepeda motor

ABSTRACT

The conversion of Internal Combustion Engine (ICE) motorcycles into plug-in hybrids is a practical solution for improving fuel efficiency and reducing exhaust emissions in two-wheeled vehicles. This study aims to present the design of an electric motor powertrain for plug-in hybrids, as well as to measure fuel efficiency and estimate the potential annual reduction in CO₂ emissions. Fuel efficiency testing was conducted through an on-road test using an urban driving scenario. The results showed that converting a 2018 Honda Beat motorcycle to a plug-in hybrid improved fuel efficiency by 21.4%, as indicated by an increased travel distance of 36 km. This improvement in fuel efficiency has the potential to reduce CO₂ emissions by 110.1 kg per year for a single converted motorcycle. Currently, the cost of converting a motorcycle to a plug-in hybrid is IDR 15,950,000. This cost is still higher compared to the incentives currently available from the government, making it a major obstacle in attracting public interest.

Keywords :

Electrification; Internal combustion engine; Motorcycles; Plug-in hybrid; Vehicle mileage

1. PENDAHULUAN

Sepeda motor merupakan salah satu moda transportasi yang paling populer di Indonesia dan negara-negara berkembang lain yang masih belum memiliki moda transportasi masal untuk memenuhi kebutuhan mobilitas sebagian besar masyarakat perkotaan [1]. Sepeda motor

menjadi pilihan utama karena harga yang relatif terjangkau, kemudahan dan kenyamanan dalam pemakaian di daerah perkotaan, serta kemampuan dalam menjangkau segala macam medan baik jarak jauh maupun dekat [2], [3],[4].

Berdasarkan data dari TMC Korlantas Polri, jumlah pengguna sepeda motor di

Indonesia mencapai lebih dari 142.448.682 unit pada tahun 2025 [5]. Namun, penggunaan sepeda motor yang tinggi ini juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, seperti polusi udara dan emisi gas rumah kaca [6]. Sebagai bagian dari upaya untuk mengurangi laju peningkatan emisi gas buang dari sektor transportasi, pemerintah berperan aktif dalam mendorong upaya percepatan perkembangan ekosistem konversi sepeda motor bakar menjadi sepeda motor listrik merujuk pada Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) untuk Transportasi Jalan [7].

Meskipun teknologi sepeda motor listrik telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir dan menjadi salah satu alternatif kendaraan ramah lingkungan, adopsi teknologi sepeda motor listrik di Indonesia masih sangat rendah. Berdasarkan data, penjualan sepeda motor listrik di Indonesia hanya mencapai sekitar 1% dari total penjualan sepeda motor pada tahun 2023-2024 [8]. Rendahnya tingkat adopsi kendaraan listrik dikarenakan kendala keterjangkauan harga kendaraan sepeda motor listrik bagi masyarakat umum meskipun sudah ada subsidi dari pemerintah untuk pembelian sepeda motor listrik [9].

Konversi *Electric Vehicle* (EV) merupakan salah satu opsi untuk mendorong percepatan elektrifikasi di sektor transportasi darat dimana sepeda motor *Internal Combustion Engine* (ICE) dikonversi menjadi sepeda motor listrik berbasis baterai. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan keuntungan dari sisi performa maupun ekonomi [10],[11],[12]. Namun jumlah masyarakat yang mengikuti program konversi EV masih sangat rendah di Indonesia karena beberapa faktor, seperti biaya konversi yang tinggi, infrastruktur yang belum lengkap, dan perizinan yang masih dirasa sulit.

Salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan adalah konversi *hybrid* EV. Konversi *hybrid* EV memungkinkan sepeda motor konvensional untuk diubah menjadi

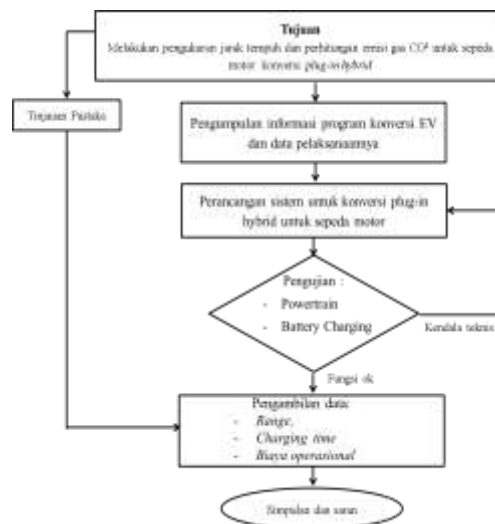
sepeda motor *hybrid* yang menggunakan dua sumber tenaga, yaitu motor bakar dan listrik.

Dengan demikian, Konversi *hybrid* EV dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang, serta meningkatkan efisiensi energi. Selain itu, konversi *hybrid* EV dapat menjawab keraguan yang ada terhadap daya tahan baterai, dan jarak tempuh kendaraan listrik [13]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memaparkan hasil perancangan dan pengujian konversi sepeda motor Honda Beat 110cc berbahan bakar bensin menjadi sepeda motor *hybrid* terutama dari sisi jarak tempuh kendaraan.

Dampak peningkatan efisiensi bahan bakar sepeda motor *hybrid* akan digunakan untuk menghitung estimasi penurunan emisi gas CO₂. Selain itu, biaya untuk proses konversi sepeda motor *plug-in hybrid* akan dibahas sehingga dapat digunakan sebagai bahan diskusi pada saat merumuskan kebijakan konversi kendaraan listrik di masa mendatang

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode pelaksanaan dalam penelitian ini meliputi tahapan-tahapan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Sepeda motor yang dikonversi adalah Honda Beat yang merupakan salah satu tipe sepeda motor paling populer di Indonesia. Spesifikasi pabrik dari Honda Beat tahun 2018 yang merupakan sepeda motor *Internal Combustion Engine* ICE dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Honda Beat 2018

Spesifikasi	Jumlah
Kapasitas	108,2 cc
Tipe Mesin	4-step SOHC with air cooling, eSP
Tipe injeksi	Fuel injection
Diameter x langkah	50 mm x 55,1 mm
Rasio kompresi	9,5:1
Tenaga maksimal	8,55 hp @ 7500 rpm
Torsi maksimal	9.01 N.m @ 6500 rpm
Berat kosong	92 kg
Kapasitas tangki bahan bakar	4 l
Kontrol emisi	Euro-2

Konversi *plug-in hybrid* dilakukan pada sepeda motor Honda Beat tahun 2018 sehingga dapat menggunakan dua sumber tenaga, yaitu bahan bakar bensin dan listrik. Sepeda motor *plug-in hybrid* dirancang untuk dapat diisi ulang dengan listrik dari sumber luar sehingga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

Proses perancangan utama pada saat konversi adalah desain penambahan *powertrain* motor listrik yang dikopel pada roda belakang sepeda motor ICE sehingga motor listrik secara independen dapat memutar roda belakang sebagai sumber energi penggerak. Komponen penambahan *powertrain* untuk EV dapat dilihat pada Gambar 2.

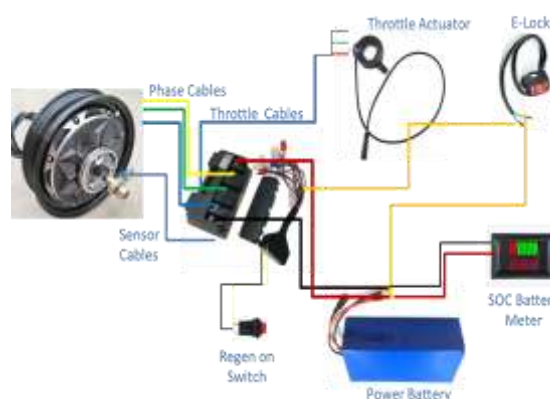


Gambar 2. Komponen *powertrain* untuk *plug-in hybrid*

Adapun sistem kelistrikan yang dirancang untuk konversi sepeda motor *plug-in hybrid* melibatkan komponen-komponen berikut: motor listrik hub drive Brushless Direct Current (BLDC), kontroler, baterai li-ion, throttle gas actuator, *battery SOC* meter, saklar aktifasi untuk power train motor listrik, push botton saklar pengaktifan untuk *low-brake regenerative charging*.

Diagram kelistrikan dapat dilihat pada Gambar 3. Motor listrik BLDC dipilih sebagai penggerak karena merupakan pilihan paling efektif dari segi biaya maupun performa [15]. Selain itu, sistem penguncian *E-Lock* untuk *safety* dan *boost converter DC* juga ditambahkan untuk mengoptimalkan proses pengisian daya baterai pada saat *regenerative charging*.

Pengujian performa sepeda motor *plug-in hybrid* dilakukan untuk mengukur jarak tempuh. Data dari hasil pengukuran dilakukan untuk menghitung konsumsi bahan bakar dan memperkiraan penurunan emisi CO₂.



Gambar 3. Diagram kelistrikan konversi sepeda motor *plug-in hybrid*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi dari sepeda motor konversi *plug-in hybrid* terangkum pada Tabel 2. Penambahan komponen *powertrain* motor listrik BLDC menghasilkan peningkatan berat kendaraan dari 92 kg menjadi 117,6 kg. Hal ini akan meningkatkan konsumsi bahan bakar untuk sepeda motor pada saat dioperasikan pada mode ICE. Akan tetapi keberadaan *hybrid powertrain* akan mengoptimalkan penggunaan motor pembakaran dalam dan motor listrik, motor listrik membantu ICE pada saat akselerasi dan berkendara dengan kecepatan rendah sehingga mengurangi beban pada mesin dan meningkatkan efisiensi bahan bakar, serta pengereman regeneratif dapat menangkap energi yang seharusnya hilang dan menggunakannya untuk mengisi ulang baterai sehingga semakin meningkatkan efisiensi energi.

Tabel 2. Spesifikasi sepeda motor konversi plug-in hybrid

Spesifikasi	Jumlah
Berat kosong	117,6 kg
Tipe motor listrik	Hub drive BLDC Motor 2kW, 60 V
Baterai	<i>Fuel injection</i>
Kapasitas baterai	1,38 kWh
Kontroler	Nanjing Fardriver tipe ND 72240 max output 70A
<i>Boost converter DC</i>	1200watt , 5-60V input , output 71Volt
Sistem penyearah <i>regenerative charging</i>	3-phase rectifier
SOC Meter	Arduino controller dengan pembacaan RS dari baterai

Perwujudan dari sepeda motor konversi *plug-in hybrid* berbasis Honda Beat 2018 dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil pengujian awal menemukan bahwa sepeda motor *plug-in hybrid* yang dirancang dapat berfungsi dan memiliki performa sesuai dengan spesifikasi pabrikan sepeda motor ICE.



Gambar 4. Perwujudan sepeda motor plug-in hybrid

Data hasil pengukuran total jarak tempuh untuk sepeda motor *plug-in hybrid*, efisiensi bahan bakar (jarak tempuh per liter) untuk mode ICE, serta efisiensi bahan bakar (jarak tempuh per kWh) untuk mode EV ditunjukkan pada Tabel 3. Pengukuran dilakukan dengan metode uji jalan pada perkotaan untuk kecepatan rata-rata 50 km/jam yang merupakan ambang batas kenyamanan pengendara sepeda motor di Indonesia. Hasil observasi pada saat pengujian menemukan bahwa pada saat sepeda motor dioperasikan pada mode ICE, kapasitas daya baterai bertambah 6% per

jam, merepresentasikan penambahan jarak tempuh sebesar 3 km. Total jarak tempuh (*range*) dari sepeda motor hybrid mencapai 204 km pada saat pengujian. Bila dibandingkan dengan spesifikasi sepeda motor listrik komersial yang memiliki rata-rata jarak tempuh antara 50 – 130 km dalam sekali pengisian daya. Penggunaan teknologi *hybrid* memiliki manfaat pada masa transisi ke kendaraan listrik berbasis baterai (*Battery Electric Vehicle*). Pengendara sepeda motor *plug-in hybrid* dapat memilih untuk berkendara dalam mode listrik saja untuk perjalanan singkat di area perkotaan, dengan manfaat berupa pengurangan kebisingan dan emisi. Untuk perjalanan jarak jauh atau saat daya baterai rendah, ICE menyediakan tenaga yang dibutuhkan, sehingga menghilangkan kekhawatiran tentang keterbatasan jarak tempuh atau ketersediaan infrastruktur pengisian daya [16].

Tabel 3. Hasil pengukuran performa sepeda motor konversi plug-in hybrid

Effisiensi Mode ICE (Km/l)	Effisiensi Mode EV (km/kWh)	Total Jarak Tempuh per tangki bbm+1kWh baterai (km)
42	36	204

Dari hasil pengujian, total jarak tempuh sepeda motor *plug-in hybrid* mengalami peningkatan dari 168 km menjadi 204 km per 4 liter bahan bakar bensin yang ekuivalen dengan penghematan konsumsi bahan bakar sebesar 21,4 %. Berdasarkan hasil penghematan bahan bakar, potensi penurunan emisi gas CO₂ dari hasil konversi sepeda motor *plug-in hybrid* dapat diperkirakan Beberapa asumsi yang dipergunakan dalam perhitungan emisi sebagai berikut:

- Mengacu pada hasil penelitian sebelumnya di mana mayoritas jarak tempuh pengendara sepeda motor di Indonesia adalah 25 km per hari atau kurang [17], rata-rata jarak tempuh per tahun diasumsikan sebesar 9000 km.

- Berdasarkan data Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), faktor emisi karbon untuk bensin diasumsikan sebesar 2,3 kg CO₂/liter [18]

Potensi pengurangan emisi CO₂ untuk 1 unit sepeda motor konversi *plug-in hybrid* per tahun adalah 21,4% x 1 liter/42 km x 9000 km x 2,4 kg CO₂/liter = 110,1 kg CO₂. Penghematan emisi ini dapat dianggap cukup signifikan, terutama jika banyak pengguna sepeda motor ICE memutuskan untuk mengikuti program konversi.

Dari segi biaya, Tabel 4 meringkas biaya yang diperlukan untuk melakukan konversi sepeda motor *plug-in hybrid*. Total biaya untuk proses konversi menggunakan satu unit sepeda motor Honda Beat tahun 2018 adalah sebesar Rp. 15.950.000,-. Biaya konversi ini masih lebih besar dibandingkan insentif yang diberikan pemerintah yaitu sebesar Rp 10.000.000,- [19]. Mahalnya biaya konversi juga telah dilaporkan sebelumnya dan menjadi salah satu hambatan utama yang membuat minat masyarakat untuk melakukan konversi rendah [20], [21].

Tabel 4. Biaya konversi sepeda motor *plug-in hybrid*

No	Komponen	Harga (IDR)
1	BLDC Motor Hub 1,5 - 2 kW	3.000.000,-
2	Pengerjaan & Adapter	500.000,-
3	Right arm untuk hub motor	500.000,-
4	Kontroler 50-70 A	1.500.000,-
5	Battery Li-ion 60v, 25 Ah	6.000.000,-
6	Throttle cable	100.000,-
7	Switch (on/off, regen button, mode position, MCB 70A)	250.000,-
8	Battery SOC meter	250.000,-
9	Step down DC 60v - 12v	100.000,-
10	Pembuatan Wiring harness	250.000,-
11	Jasa bengkel	3.500.000,-
Total:		15.950.000,-

SIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa konversi sepeda motor ICE menjadi *plug-in hybrid* memiliki beberapa kelebihan seperti dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar hingga 21,4% dan meningkatkan jarak tempuh kendaraan hingga 36 km untuk kondisi perjalanan. Peningkatan efisiensi berdampak pada pengurangan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang, khususnya CO₂. Hasil estimasi menunjukkan bahwa penggunaan sepeda motor *plug-in hybrid* berpotensi mengurangi emisi gas CO₂ hingga 110,1 kg per tahun. Akan tetapi, konversi sepeda motor *plug-in hybrid* memerlukan biaya yang cukup tinggi untuk mengubah sepeda motor konvensional dikarenakan komponen *powertrain* motor listrik yang cukup mahal. Total biaya yang dibutuhkan untuk melakukan konversi masih jauh lebih tinggi dibandingkan dengan insentif yang diberikan oleh pemerintah sehingga minat masyarakat untuk transisi ke penggunaan energi listrik untuk transportasi masih belum tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.-T. Nguyen, M. Moeinaddini, I. Saadi, and M. Cools, "Unveiling the drivers of modal switch from motorcycles to public transport in Southeast Asia," *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.*, vol. 102, pp. 373–391, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.03.009>.
- [2] A. Massara and A. Wicaksono, "Peran sepeda motor bagi masyarakat berpendapatan rendah di kota Makassar," *J. Transp.*, vol. 18, no. 3, pp. 161–168, 2018.
- [3] E. Guerra, "Electric vehicles, air pollution, and the motorcycle city: A stated preference survey of consumers' willingness to adopt electric motorcycles in Solo, Indonesia," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 68, pp. 52–64, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.07.027>.
- [4] S. Appiah-Opoku, K. K. Manu, and L. E. Sampson, "Assessing motorcycle taxis as public transport option in the urban life of African cities: The case of Accra, Ghana,"

- J. African Stud. Dev.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–12, 2025.
- [5] K. Polri, “Jumlah data kendaraan per polda,” *Polri*, 2025. <http://rc.korlantas.polri.go.id:8900/eri2017/laprekappolda.php> (accessed Jul. 08, 2025).
- [6] H. Tran, N. T. Dung, V. H. N. Khue, N. T. Tam, N. N. T. Nguyen, and H. Q. Bang, “Emission characterisation of motorcycles and the potential of co-benefits from selected development scenarios in the urban ecosystem of Hanoi, Vietnam,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1391, p. 012007, 2024.
- [7] Badan Pemeriksa Keuangan, “Peraturan Presiden (PERPRES) nomor 55 tahun 2019,” *JDIH BPK*, 2019. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/116973/perpres-no-55-tahun-2019> (accessed Jun. 30, 2025).
- [8] R. Sukmana, “Penjualan motor listrik naik 3 kali lipat, namun masih 1% dari total penjualan roda Dua di Indonesia,” *InfoEkonomi*, 2024. <https://infoekonomi.id/2024/10/penjualan-motor-listrik-naik-3-kali-lipat-namun-masih-1-dari-total-penjualan-roda-dua-di-indonesia/> (accessed Jun. 25, 2025).
- [9] I. I. Astuti, “Subsidi pembelian motor listrik roda dua dalam upaya meningkatkan daya beli masyarakat,” *Dialogue J. Ilmu Adm. Publik*, vol. 6, no. 1, pp. 656–662, 2024, doi: <https://doi.org/10.14710/dialogue.v6.i1.20543>.
- [10] A. Rachman and B. Priyono, “Techno-economic analysis of conversion ICE motorcycle to electric motorcycle in Indonesia,” *AIP Conf. Proceeding*, vol. 2859, no. 1, p. 020001, 2024, doi: <https://doi.org/10.1063/5.0223304>.
- [11] F. Zainuri *et al.*, “Performa kendaraan konversi listrik melalui pengujian dynotest,” *J. Mek. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 044–049, 2022.
- [12] M. D. Santis and F. Regis, “Modeling, simulation, and techno-economic analysis of a retrofitted electric vehicle,” in *2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*, 2021, pp. 1–6, doi: [10.1109/EEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584594](https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584594).
- [13] X. Ma, R. Xie, L. Guo, S. Niu, L. Cheng, and R. Hu, “Range anxiety of battery electric vehicles: Quantification and determinants using real-world data,” *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 146, p. 104837, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2025.104837>.
- [14] Oto, “Honda Beat (2016-2019),” *CarDekho SEA*, 2019. <https://www.oto.com/motor-baru/honda/beat-esp-2016-2019> (accessed Jun. 30, 2025).
- [15] T. K. Kristyadi, M. Said, M. . Farhan, and D. Lani, “Konversi sepeda motor berbahan bakar bensin menjadi bertenaga listrik,” *2021: Prosiding Diseminasi FTI Genap*, 2021. <https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/fti/article/view/690> (accessed Jun. 28, 2025).
- [16] D. Khan, A. A. Khan, F. Khan, N. Khan, M. Nawaz, and A. Khan, “Design and fabrication of the hybrid motorbike: A step towards green and sustainable transport systems in the future,” *J. Xi’an Shiyou Univ. Nat. Sci. Ed.*, vol. 20, no. 7, pp. 380–401, 2024.
- [17] A. Nusantara, S. Nawatmi, A. B. Santosa, and S. Iriyanto, “Pendekatan rational choice terhadap perilaku berkendara sepeda motor usia muda,” *J. Penelit. Transp. Darat*, vol. 24, no. 2, pp. 92–102, 2022.
- [18] D. R. Gómez *et al.*, “Stationary Combustion,” *IPCC*, 2006. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf (accessed Jun. 30, 2025)
- [19] ESDM, “Makin Menarik, Program Konversi Motor Listrik Dapat Bantuan 10 Juta Rupiah,” *Kementerian ESDM*, 2024. <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ketenagalistrikan/makin-menarik-program->

konversi-motor-listrik-dapat-bantuan-10-juta-rupiah (accessed Jul. 01, 2025).

- [20] A. P. Perdana, “Konversi ke sepeda motor listrik terbentur mahal biaya,” *Kompas*, 2022.
<https://www.kompas.id/baca/ekonomi/2022/12/18/konversi-sepeda-motor> (accessed Jul. 07, 2025).
- [21] D. A. Putra and A. Aziz, “Ketika insentif motor listrik belum mampu tarik minat masyarakat,” *Tirto.id*, 2023.
<https://www.pwc.com/id/en/media-centre/pwc-in-news/2023/indonesian/ketika-insentif-motor-listrik-belum-mampu-tarik-minat-masyarakat.html> (accessed Jul. 07, 2025)