

Analisis Penggantian Kendaraan Konvensional Universitas Negeri Padang dengan Kendaraan Listrik

Aina Fadilla¹, Milana^{1*} M. Yasep Setiawan¹, Rifdarmon¹

¹Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

*e-mail: milana@ft.unp.ac.id

(Diajukan: 02 Juni 2025, direvisi: 16 Juli 2025, disetujui: 24 Juli 2025, dipublikasikan: 30 Agustus 2025)

Abstrak

Peningkatan polusi udara dan program percepatan kendaraan listrik nasional mendorong Universitas Negeri Padang untuk mengevaluasi transisi armada operasionalnya. Penelitian ini bertujuan menganalisis kelayakan ekonomi penggantian kendaraan konvensional (Defender) dengan kendaraan listrik (Challenger) menggunakan metode Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC). Hasil analisis menunjukkan efisiensi biaya signifikan pada kategori roda dua, di mana Honda Em1 e memiliki nilai EUAC sebesar Rp 41.530, jauh lebih rendah dibandingkan Honda Vario A/T sebesar Rp 2.134.090. Sebaliknya, pada kategori bus, Bus Hino terbukti masih lebih ekonomis dengan EUAC Rp 36.231.650 dibandingkan BYD K9 sebesar Rp 453.247.311. Berdasarkan perhitungan tersebut, 29 dari 36 unit kendaraan (80,5%) direkomendasikan untuk segera diganti guna mengoptimalkan anggaran operasional. Temuan ini menegaskan bahwa transisi selektif ke kendaraan listrik merupakan kebijakan strategis yang mampu meningkatkan efisiensi finansial jangka panjang sekaligus mewujudkan komitmen keberlanjutan lingkungan kampus (Green Campus).

Kata Kunci: Analisis Penggantian, EUAC, Kendaraan Konvensional, Kendaraan Listrik, Efisiensi Biaya.

Abstract

The rise in air pollution and the national acceleration program for electric vehicles have prompted Padang State University to evaluate the transition of its operational fleet. This study aims to analyze the economic feasibility of replacing conventional vehicles (Defender) with electric vehicles (Challenger) using the Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC) method. The analysis results show significant cost efficiency in the two-wheeled category, where the Honda Em1 e has an EUAC value of Rp 41,530, substantially lower than the Honda Vario A/T at Rp 2,134,090. Conversely, in the bus category, the Hino Bus remains more economical with an EUAC of Rp 36,231,650 compared to the BYD K9 at Rp 453,247,311. Based on these calculations, 29 out of 36 vehicle units (80.5%) are recommended for immediate replacement to optimize the operational budget. These findings confirm that a selective transition to electric vehicles is a strategic policy capable of improving long-term financial efficiency while fulfilling the commitment to campus environmental sustainability (Green Campus).

Keywords: Replacement Analysis, EUAC, Conventional Vehicle, Electric Vehicle, Cost Efficiency.

PENDAHULUAN

Setiap tahunnya kendaraan-kendaraan bermotor terus bertambah yang menyebabkan angka polusi pencemaran udara meningkat secara signifikan, terutama di banyak kota-kota besar di Indonesia [1]. Seiring dengan meningkatnya kualitas hidup masyarakat dan didukung dengan harga kendaraan yang terjangkau serta kemudahan kredit kendaraan, membuat masyarakat lebih memilih membeli kendaraan pribadi dibandingkan menggunakan angkutan umum, terutama roda dua. Fenomena ini dapat dilihat dari jumlah pembelian kendaraan yang terus meningkat bahkan pada saat pandemi sekalipun [2]. Selain itu kelangkaan bahan bakar fosil, seperti minyak bumi telah menjadi perhatian global karena sifatnya yang tidak dapat diperbarui dan terbatas ketersediaannya.

Hal ini berdampak pada perubahan iklim dan efek rumah kaca. Data terbaru menunjukkan bahwa sektor transportasi di Indonesia menyumbang 44,2% dari total konsumsi energi nasional pada tahun 2021, dengan emisi gas rumah kaca mencapai lebih dari 143 juta ton CO₂ ekuivalen [3]. Salah satu penyebabnya berasal dari emisi gas buang kendaraan (CO₂) dari sektor transportasi [4]. Oleh karena itu perlu dilakukan penanggulangan atau solusi untuk mengurangi emisi gas buang yang dapat meningkatkan pemanasan global.

Maka dari itu pemerintah telah membuat program dalam mengurangi emisi gas buang dari kendaraan yaitu dengan melakukan program penggantian kendaraan konvensional, sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai yang bertujuan untuk menambah populasi kendaraan listrik dan secara bertahap menggantikan kendaraan konvensional agar mengurangi peningkatan pemanasan global [5]. Kendaraan listrik dinilai lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi langsung saat dioperasikan. Di Indonesia sendiri pada tahun 2022, mobil listrik sudah terjual mencapai 15.437 unit, peningkatan 383,62% dari 3.192 unit pada tahun sebelumnya [6].

Selain transisi menuju penggunaan kendaraan listrik, ketersediaan infrastruktur pendukung, seperti Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU), menjadi faktor krusial dalam mempercepat implementasi program ini. Pemerintah Indonesia, melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2020, telah menetapkan target pembangunan SPKLU yang tersebar diberbagai wilayah strategis untuk mendukung ekosistem kendaraan listrik [7]. Hingga tahun 2023, Indonesia telah memiliki lebih dari 600 unit SPKLU [8]. Berdasarkan data per April 2024, jumlah SPKLU di Indonesia mencapai 1.380 unit. Sedangkan di Sumatera sendiri terdapat 165 unit SPKLU yang tersebar di pulau Sumatera [9]. Namun data tersebut tidak mengukur jumlah SPKLU di masing-masing provinsi, termasuk Sumatera Barat. Peluang penggantian kendaraan konvensional ke kendaraan listrik didukung oleh investasi SPKLU dan lokasi strategis yang meningkatkan aksesibilitas pengguna [10]. Oleh karena itu, kolaborasi antara pemerintah, pihak swasta dan institusi pendidikan menjadi langkah penting dalam mempercepat pembangunan infrastruktur ini guna mendukung program kendaraan motor listrik berbasis baterai.

Universitas Negeri Padang (UNP) berkomitmen mendukung program nasional ini melalui konsep *Green Campus*. Selain mengintegrasikan kurikulum kendaraan listrik di Departemen Teknik Otomotif, UNP juga telah membangun fasilitas SPKLU mandiri dan mengoperasikan 128 unit kendaraan konvensional untuk operasional kampus. Namun,

pengelolaan aset kendaraan ini menghadapi tantangan efisiensi biaya dan dampak lingkungan. Di sinilah letak urgensi penelitian ini. Meskipun studi mengenai kendaraan listrik sudah banyak dilakukan, mayoritas penelitian sebelumnya berfokus pada analisis preferensi konsumen atau perbandingan biaya operasional sederhana pada kendaraan pribadi. Belum banyak studi yang secara spesifik menerapkan analisis ekonomi teknik mendalam pada penggantian armada operasional institusi pendidikan tinggi negeri, yang memiliki karakteristik penggunaan dan batasan anggaran.

Untuk menjembatani kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini menggunakan metode *Equivalent Uniform Annual Cost* (EUAC). EUAC adalah metode analisis ekonomi teknik yang mengonversi seluruh arus kas termasuk biaya operasional, perawatan, pajak hingga nilai sisa menjadi nilai tahunan selama umur ekonomis aset [12], [13]. Pendekatan ini lebih komprehensif dibandingkan perhitungan biaya sederhana karena mempertimbangkan nilai waktu dari uang [14]. Penerapan EUAC dalam konteks UNP menjadi kebaruan penelitian ini, dimana hasil analisisnya tidak hanya menyajikan perbandingan biaya, tetapi juga menjadi dasar pengambilan keputusan strategis bagi manajemen aset universitas dalam transisi menuju transportasi ramah lingkungan.

Berdasarkan permasalahan dan urgensi yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan ekonomi penggantian kendaraan operasional konvensional Universitas Negeri Padang menjadi kendaraan listrik menggunakan metode EUAC, serta menentukan rekomendasi keputusan aset yang paling efisien antara mempertahankan kendaraan lama (*Defender*) atau menggantinya dengan kendaraan listrik (*Challenger*).

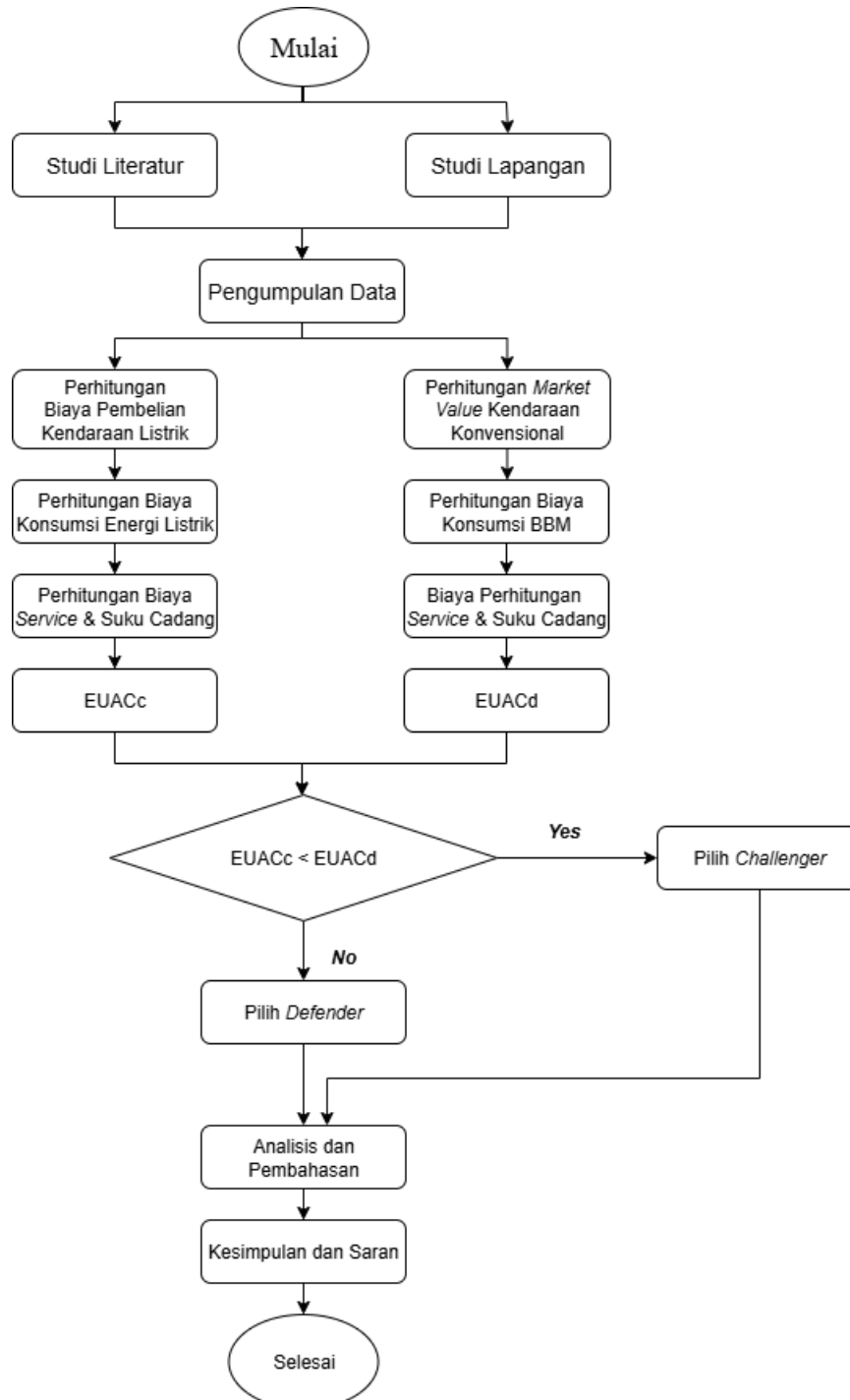
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metodologi kuantitatif yang memfasilitasi evaluasi objektif dengan menggunakan data numerik sebagai dasar pengambilan keputusan yang didukung bukti empiris. Pendekatan kuantitatif memiliki efektivitas yang tinggi dalam menganalisis aspek kelayakan finansial, sebab menyediakan kajian yang terstruktur terhadap hasil yang dapat diukur dari fenomena yang diteliti [11]. Fokus utama penelitian ini adalah melakukan penilaian kelayakan ekonomi teknik terhadap konversi kendaraan konvensional Universitas Negeri Padang menjadi kendaraan listrik melalui analisis EUAC.

Riset ini berlandaskan pada data sekunder yang terkumpul sepanjang periode 2024 hingga 2025. Data sekunder merujuk pada kumpulan informasi yang telah tersedia sebelumnya dan berasal dari sumber-sumber terpercaya, meliputi dokumentasi kelembagaan dan publikasi resmi pemerintah [12]. Penelitian ini memanfaatkan dokumentasi biaya operasional yang lengkap mengenai aset resmi Universitas Negeri Padang saat ini, ditambah dengan data perbandingan biaya untuk kendaraan listrik sejenis yang tersedia di pasar Indonesia. Kendaraan UNP yang menjadi objek penelitian mencakup 36 UNIT, terdiri dari kendaraan roda 2, mikro bus dan bus.

Dampak finansial dari konversi menuju kendaraan listrik dikaji melalui implementasi analisis aliran kas sebagai metode analisis utama. Analisis aliran kas memungkinkan penggambaran dan pengukuran transaksi ekonomi sepanjang waktu, sehingga dapat menjelaskan jumlah dan waktu aliran dana masuk dan keluar selama periode operasional kendaraan [13]. Kerangka analisis ini fundamental untuk

mengevaluasi *total cost of ownership* yang berkaitan dengan kendaraan konvensional dan kendaraan listrik, mencakup komponen-komponen seperti biaya pengadaan, operasional, perawatan, dan nilai jual. Gambar 1 menyajikan gambaran umum alur penelitian yang mendeskripsikan kerangka metodologi sistematis yang diterapkan sepanjang proses penelitian.



Gambar 1. Bagan alur penelitian

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan *Equivalent Uniform Annual Cost* (EUAC), yang memungkinkan perbandingan biaya yang sistematis antara aset saat ini kendaraan konvensional (*Defender*) dan pengganti dengan kendaraan listrik (*Challenger*) [11] [13][14].

Langkah pertama dalam proses penelitian ini mencakup pengenalan dan pencatatan terstruktur terhadap seluruh kendaraan operasional yang digunakan dan sedang beroperasi saat ini. Tahapan ini menjadi krusial untuk membentuk pemahaman fundamental mengenai karakteristik kendaraan, yang meliputi elemen-elemen seperti konsumsi bahan bakar, umur operasional, dan pemanfaatan. Kemudian, kendaraan listrik yang memiliki kesetaraan teknis dan fungsi diidentifikasi sebagai alternatif pembanding, guna memastikan keseragaman dalam fungsi dan kapasitas pelayanan.

Setelah penetapan unit yang akan dibandingkan dan unit alternatif, analisis dilanjutkan dengan pengumpulan serta penyusunan informasi ekonomi yang diperlukan berkaitan dengan kedua jenis kendaraan tersebut. Informasi yang dimaksud meliputi investasi awal untuk pengadaan, biaya perawatan per tahun, konsumsi bahan bakar atau energi listrik, beban pajak kendaraan, nilai jual kembali, perkiraan harga pasar, dan suku bunga. Tahapan ini menggambarkan struktur aliran kas komprehensif yang diterapkan pada kedua opsi kendaraan [12].

Analisis utama mencakup perhitungan EUAC untuk masing-masing kendaraan dalam rentang waktu analisis yang telah ditetapkan. Untuk kendaraan konvensional, hasil perhitungan ini dinamakan sebagai *Equivalent Uniform Annual Cost Defender* (EUAC_D), sementara untuk kendaraan listrik, disebut sebagai *Equivalent Uniform Annual Cost Challenger* (EUAC_C). Perhitungan EUAC dilakukan dengan mengaplikasikan formula yang baku (1).

$$A = P \left(\frac{A}{P}, i\%, N \right) \quad (1)$$

Dalam rumus ini, A merupakan biaya operasional tahunan yang dikeluarkan secara seragam selama periode analisis, P menunjukkan investasi modal awal atau nilai sekarang, i menunjukkan tingkat bunga tahunan yang berlaku, dan N mengacu pada jumlah tahun yang dipertimbangkan dalam horizon investasi [13]. Formulasi ini memungkinkan konversi semua komponen biaya yang relevan menjadi nilai tahunan yang konsisten, sehingga memudahkan perbandingan langsung antar alternatif.

Dalam mengkaji kelayakan ekonomi untuk mengalihkan kendaraan konvensional menuju kendaraan listrik, standar pengambilan keputusan apabila EUAC_C lebih rendah dibandingkan EUAC_D, maka aset lama diganti dengan aset baru. Sebaliknya, bila EUAC_C setara dengan atau melampaui EUAC_D, maka aset lama dipertahankan [14]. Struktur evaluasi ini memastikan bahwa pengambilan keputusan berlandaskan pada prediksi finansial jangka panjang yang logis, sehingga mengoptimalkan efektivitas dalam pengelolaan aset dan perencanaan pengadaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biaya Pembelian dan Spesifikasi Kendaraan

Data untuk penelitian ini disusun dari berbagai variabel penting yang sangat memengaruhi perhitungan untung-rugi penggantian kendaraan. Penjelasan lengkap untuk setiap variabel akan dijabarkan satu per satu di bagian selanjutnya agar lebih mudah dipahami. Di Universitas Negeri Padang, unit kendaraan konvensional yang diteliti terdiri dari tiga jenis unit bertotal 36 kendaraan. meliputi, kendaraan roda dua, *micro bus* dan bus.

Analisis ini diambil satu perunit mewakili kendaraan roda dua, *micro bus* dan bus. Tujuannya adalah untuk melihat mana yang lebih layak pakai dan lebih hemat untuk diganti. Analisis ini akan membandingkan langsung antara Honda Vario dan Bus Hino (sebagai kendaraan konvensional) dengan Honda Em1 e, dan BYD K9 (sebagai kendaraan listrik), seperti yang terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi Honda Vario A/T dengan Honda Em1 e.

Spesifikasi Kendaraan	Nama dan Tipe Kendaraan	
	Honda Vario A/T	Honda Em1 e
Panjang x Lebar x Tinggi	1.918 mm x 679 mm x 1.066 mm	1.795 mm x 680 mm x 1.080 mm
Sistem Pengerak	Otomatis, V-Matik (<i>Belt Drive</i>)	Otomatis
Tipe Mesin	4 - Langkah, SOHC, eSP, pendingin cair (<i>Liquid Cooled</i>)	<i>In-Wheel Brushless Motor</i>
Kapasitas Mesin	124,8 cc	-
Daya Maksimum	11,1 hp / 8.500 rpm	1,7 Kw / 540 rpm
Torsi Maksimum	10,8 Nm / 5.000 rpm	90 Nm / 25 rpm
Kapasitas Tangki Bahan Bakar	5,5 Liter	-
Jarak Tempuh	51,7 km / Liter	41,1 km / Baterai Penuh
Tipe Baterai	-	Lithium-ion (dapat dilepas-pasang / <i>detachable</i>)
Kapasitas Baterai	-	50,25 V / 29,4 Ah
Tipe Pengisian Daya	-	Off-board Charger / Swap Baterai di <i>Honda Power Pack Exchanger</i>
Tipe Motor	-	<i>In-Wheel Brushless Motor</i>

Tabel 2. Spesifikasi Bus Hino dengan BYD K9.

Spesifikasi Kendaraan	Nama dan Tipe Kendaraan	
	Bus Hino	BYD K9
Panjang x Lebar x Tinggi	11.670 mm x 2.450 mm x 2.500 mm	12.000 mm x 2.550 mm x 3.200 mm
Jarak Sumbu Roda	6.000 mm	6.100 mm
Jarak Terendah ke Tanah	-	140 mm (Dapat diatur)
Sistem Penggerak	Roda Belakang (RWD)	Roda Belakang (RWD)
Tipe Mesin	J08E-UF, Diesel 4 Langkah, 6 Silinder Segaris, <i>Turbo Intercooler</i>	
Kapasitas Mesin	7.684 cc	-
Diameter x Langkah	112 x 130 mm	-
Daya Maksimum	260 hp / 2.500 rpm	180 kW
Torsi Maksimum	745 Nm / 1.500 rpm	1.100 Nm
Kapasitas Tangki Bahan Bakar	200 Liter	-
Ukuran Ban & Velg	11.00-20 & Velg 20 inci	275/70R22.5 & Velg 22.5 inci
Kapasitas Tempat Duduk	50 Penumpang	31 Kursi + Ruang Berdiri
Jarak Tempuh	3 km / Liter	450 km
Tipe Baterai	-	<i>Lithium Iron Phosphate (LFP)</i>
Kapasitas Baterai	-	422 kWh
Tipe Pengisian Daya	-	DC Fast Charging
Tipe Motor	-	<i>Dual In-Wheel Hub, Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)</i>

Pada [Tabel 1](#) terdapat perbedaan signifikan antara Honda Vario A/T 125 dengan Honda Em1 e, meskipun keduanya sama-sama menggunakan sistem penggerak otomatis. Secara dimensi, Vario memiliki bodi lebih panjang, sementara Em1 e memiliki bodi sedikit lebih tinggi. Sumber tenaga Vario berasal dari mesin bensin 124,8 cc dengan kapasitas tangki 5,5 liter, yang menghasilkan efisiensi 51,7 km/Liter. Sedangkan Em1 e, mengandalkan baterai Lithium-ion dan motor listrik untuk jarak sejauh 41,1 km per pengisian baterai penuh. Pemilihan Honda Em1 e sebagai kendaraan listrik pembanding karena ada dua alasan utama. Pertama, dari segi servis dan mencari suku cadang akan lebih mudah karena bengkel resmi Honda ada dimana-mana. Kedua, batreainya yang dapat dilepas pasang, sehingga menghemat waktu dalam pengisian baterai. Jika baterai habis, maka bisa langsung diganti dengan baterai yang sudah terisi penuh, sehingga motor bisa langsung dipakai. Jika dibandingkan dengan Honda Vario A/T, alasan memilih Honda Em1 e karena dapat menggantikan fungsi dan kegunaan Vario untuk sarana dan prasarana pegawai.

[Tabel 2](#) memperlihatkan perbandingan spesifikasi antara Bus Hino dengan BYD K9. Meskipun keduanya sama-sama menggunakan sistem penggerak roda belakang (RWD), BYD K9 memiliki dimensi tubuh dan jarak sumbu roda yang lebih panjang dibandingkan Bus Hino. Bus Hino menggunakan mesin diesel J08E-UF berkapasitas 7.684 cc dengan kapasitas tangki 200 liter dan efisiensi jarak tempuh 3 km/liter. Sementara itu, BYD K9 menggunakan motor listrik tipe *Dual In-Wheel Hub* dengan baterai *Lithium Iron Phosphate* (LFP), berkapasitas 422 kWh yang mampu menempuh jarak hingga 450 km dalam sekali pengisian daya penuh. Dari segi kapasitas, Bus Hino dapat menampung 50 penumpang duduk, sedangkan BYD K9 memiliki konfigurasi 31 kursi ditambah dengan ruang berdiri. Sehingga diasumsikan kapasitasnya sama.

Pemilihan BYD K9 sebagai pembanding Bus Hino didasarkan pada kriteria yang kuat untuk memastikan validitas hasil. Meskipun ada bus listrik lain, BYD K9 dipilih karena kesetaraan fungsinya sebagai bus angkutan massal dan yang terpenting, rekam jejak operasionalnya yang sudah terbukti di Indonesia melalui armada TransJakarta. Penggunaan objek studi yang tidak hanya tersedia secara resmi tetapi juga telah teruji dikondisi nyata dalam negeri ini, memberikan dasar perbandingan yang paling realistis dan relevan, sehingga hasil analisis kelayakan dapat dipertanggungjawabkan.

Biaya Operasional Kendaraan

[Tabel 3](#) menyajikan gambaran komparatif dari biaya operasional kendaraan Honda Vario A/T dan kendaraan listrik Honda Em1 e. Analisis ini mencakup parameter keuangan utama seperti harga pembelian kendaraan, pajak tahunan, biaya konsumsi energi tahunan (bahan bakar atau listrik), dan biaya servis. Honda Vario A/T dibeli pada tahun 2018 dengan harga Rp21.270.000, sedangkan Honda Em1 e dibeli pada tahun 2024 dengan biaya Rp14.000.000 setelah potongan harga dari program pemerintah (subsidi) dan diskon. Dalam hal pajak kendaraan tahunan, Honda Vario A/T dikenakan tarif yang jauh lebih tinggi, yaitu Rp180.500 dibandingkan dengan Honda Em1 e hanya membayar Rp35.000 untuk asuransi tahunan.

Biaya energi menunjukkan perbedaan yang mencolok. Honda Vario A/T, yang menggunakan bahan bakar fosil, menghabiskan sekitar Rp 2.470.000 per tahun untuk biaya bensin. Sedangkan Honda Em1 e, biaya listrik tahunannya jauh lebih rendah, yaitu

sebesar Rp 606.900. Ketika total biaya operasional terdiri dari pajak, penggunaan energi, dan pengeluaran servis diperhitungkan selama periode analisis penuh, biaya kumulatif untuk Honda Vario A/T mencapai Rp 10.049.750. Sebaliknya, Honda Em1 e mencatat total biaya yang jauh lebih rendah, yaitu sebesar Rp 2.454.000.

Tabel 3. Biaya Pengeluaran Honda Vario A/T dengan Honda Em1 e

Nama dan Jenis Kendaraan	Honda Vario A/T (Konvensional)	Honda Em1 e (Listrik)
Tahun dan Biaya Pembelian Kendaraan	Rp 21.270.000 (2018)	Rp 14.000.000 (2024)
Pajak (Tahun)	Rp 180.500	- (asuransi Rp 35.000)
Bahan Bakar Minyak(Tahun)	Rp 2.470.000	-
Energi Listrik (Tahun)	-	Rp 606.900
Perawatan Kendaraan (Tahun)	1. Rp 399.850	1. Rp 81.000
	2. Rp 1.243.700	2. Rp 475.000
	3. Rp 530.850	3. Rp 134.000
	4. Rp 2.028.700	4. Rp 81.000
	5. Rp 399.850	5. Rp 475.000
	6. Rp 1.243.700	6. Rp 652.000
	7. Rp 530.850	7. Rp 81.000
	8. Rp 2.028.700	8. Rp 475.000
	9. Rp 399.850	9. -
	10. Rp 1.243.700	10. -
	Total Rp10.049.750	Total Rp 2.454.000
Total Biaya Pengeluaran Kendaraan	Rp 12.700.250	Rp 3.095.900

Perbandingan biaya perawatan selama 10 tahun menunjukkan perbedaan signifikan antara Honda Vario dan EM1 e. Honda Vario memiliki pola biaya berulang dengan biaya terendah Rp 399.850 pada tahun pertama, kelima, dan kesembilan, sedangkan pada tahun kedua, keenam, dan kesepuluh mencapai Rp 1.243.700. Biaya tertinggi terjadi pada tahun keempat dan kedelapan dengan nilai Rp 2.028.700, sehingga total keseluruhan mencapai Rp 10.049.750. Sebaliknya, Honda EM1 e menunjukkan efisiensi biaya yang jauh lebih baik. Motor listrik ini hanya memerlukan biaya Rp 81.000 pada tahun pertama, keempat, dan ketujuh, serta Rp 475.000 pada tahun kedua, kelima, dan kedelapan. Meskipun mengalami puncak biaya Rp 652.000 pada tahun keenam, motor ini tidak memerlukan biaya perawatan sama sekali pada tahun kesembilan dan kesepuluh. Total biaya perawatan EM1 e hanya Rp 2.454.000, atau 76% lebih hemat dibandingkan Vario konvensional.

Perbandingan biaya operasional yang serupa dilakukan antara Bus Hino dengan BYD K9. Data yang dihasilkan, dirangkum dalam [Tabel 4](#), memberikan dasar yang kuat untuk evaluasi lebih lanjut mengenai efisiensi operasional masing-masing kendaraan dan implikasi pemeliharaan jangka panjang.

[Tabel 4](#) memperlihatkan perbandingan biaya operasional antara Bus Hino dengan BYD K9 menjadi landasan untuk menilai lebih dalam mengenai efisiensi kerja masing-masing kendaraan dan perhitungan biaya perawatan di masa depan.

Tabel 4. Biaya Pengeluaran Bus Hino dengan BYD K9

Nama dan Jenis Kendaraan	Bus Hino (Konvensional)	BYD K9 (Listrik)
Tahun dan Biaya Pembelian Kendaraan	Rp 484.967.250 (2019)	Rp 4.500.000.000 (2024)
Pajak (Tahun)	Rp 1.357.450	- (Asuransi Rp 163.000)
Bahan Bakar Minyak (Tahun)	Rp 36.754.000	-
Energi Listrik (Tahun)	-	Rp 64.935.000
Perawatan Kendaraan (Tahun)	1. Rp 0	1. Rp 2.000.000
	2. Rp 6.500.000	2. Rp 8.000.000
	3. Rp 7.500.000	3. Rp 5.500.000
	4. Rp 5.000.000	4. Rp 29.000.000
	5. Rp 28.000.000	5. Rp 7.500.000
	6. Rp 6.000.000	6. Rp 2.000.000
	7. Rp 6.500.000	7. Rp 8.000.000
	8. Rp 7.500.000	8. Rp 5.500.000
	9. Rp 5.000.000	9. -
	10. Rp 28.000.000	10. -
	Total Rp 1.000.000.000	Total Rp 67.500.000
Total Biaya Pengeluaran Kendaraan	Rp 1.038.111.450	Rp 141.598.000

Tabel 4 menyajikan perbandingan biaya kepemilikan dan biaya operasional kendaraan konvensional bus Hino dengan kendaraan listrik BYD K9. Data menunjukkan perbandingan signifikan pada investasi awal, dimana Bus Hino dibeli pada tahun 2019 dengan harga Rp 484.967.250, sedangkan bus listrik BYD K9 dibeli pada tahun 2024 dengan harga yang jauh lebih tinggi, yaitu Rp 4.500.000.000. Untuk biaya operasional tahunan, Bus Hino memerlukan biaya bahan bakar sebesar Rp 36.754.000 dengan beban pajak tahunan Rp 1.357.450. Disisi lain, BYD K9 mendapatkan bebas pajak tetapi tetap membayar biaya asuransi sebesar Rp 163.000, namun memiliki biaya konsumsi energi listrik tahunan yang lebih besar, yakni Rp 64.935.000.

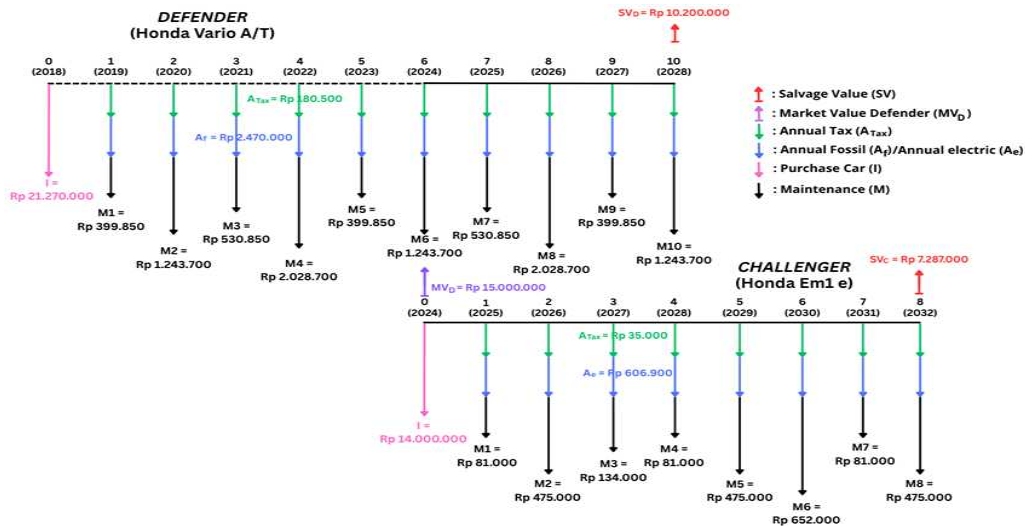
Perbedaan paling signifikan tampak pada aspek biaya pemeliharaan. Dalam kurun waktu satu dekade, Bus Hino membutuhkan investasi perawatan yang sangat besar mencapai Rp 1.000.000.000, dengan puncak pengeluaran terjadi pada tahun kelima dan kesepuluh masing-masing Rp 28.000.000. Di sisi lain, BYD K9 sebagai bus listrik hanya memerlukan Rp 67.500.000 untuk periode yang sama. Biaya tertinggi bus listrik ini terjadi pada tahun keempat senilai Rp 29.000.000, sementara pada tahun kesembilan dan kesepuluh tidak memerlukan biaya perawatan sama sekali.

Cash Flow

Perhitungan EUAC dalam analisis ini didasarkan pada tingkat suku bunga 6%, sesuai dengan suku bunga acuan Bank Indonesia yang berlaku mulai tanggal 18 September sampai dengan 18 Desember 2024 [13]. Diagram arus kas dalam penelitian ini terdiri dari dua bagian pokok. Bagian pertama adalah garis mendatar yang menunjukkan jangka waktu analisis, dan bagian kedua adalah garis tegak yang menggambarkan arah dan jumlah aliran kas.

Dimensi waktu dinyatakan dalam periode tahunan, mengikuti karakteristik operasional kendaraan dan evaluasi pergantian. Simbol panah vertikal merepresentasikan aktivitas keuangan spesifik yang ditempatkan sesuai kronologi kejadiannya pada timeline.

Ukuran panjang panah mencerminkan magnitude transaksi, dimana panah yang lebih panjang mengindikasikan nilai finansial yang lebih tinggi. Arah panah membedakan jenis aliran kas: panah mengarah ke bawah untuk pengeluaran, sementara panah mengarah ke atas untuk pemasukan atau keuntungan [13]. **Gambar 2** mengilustrasikan diagram arus kas untuk Honda Vario A/T dan Honda Em1 e.

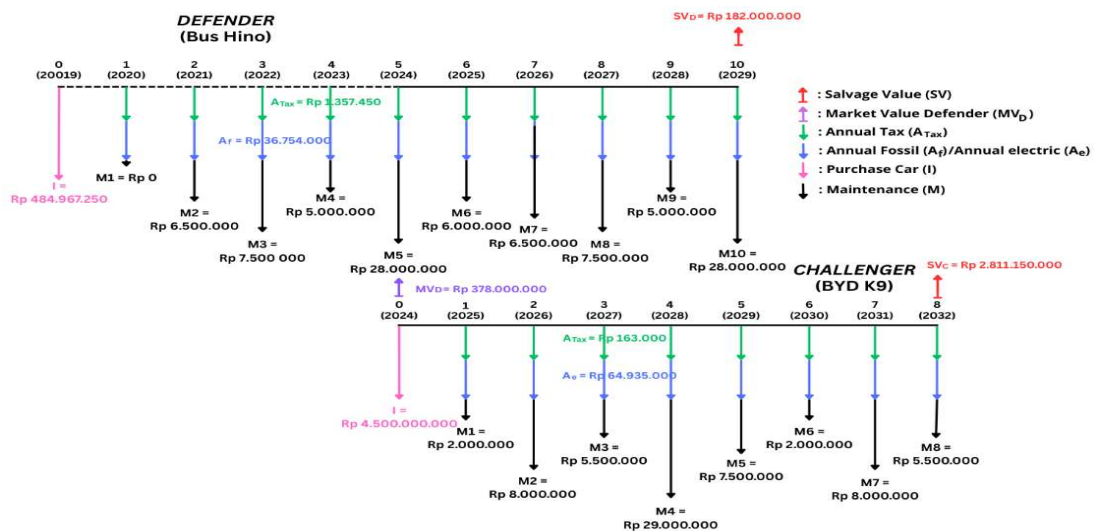


Gambar 2. *Cashflow* Honda Vario dengan Honda Em1 e

Berdasarkan aliran *Cashflow* **Gambar 2**, kendaraan Defender (Honda Vario A/T) dibeli dengan harga awal (I) sebesar Rp 21.270.000 pada tahun 2018. Biaya operasional tahunan mencakup pajak (A_{tax}) sebesar Rp 180.500 dan konsumsi bahan bakar fosil (A_f) sebesar Rp 2.470.000. Biaya perawatan (M) untuk kendaraan ini bervariasi setiap tahunnya, dengan pengeluaran tertinggi terjadi pada tahun ke-4 dan ke-8 yang masing-masing mencapai Rp 2.028.700. Nilai pasar kendaraan (MV_D) pada tahun ke-6 (2024) tercatat sebesar Rp 15.000.000, dan di akhir masa pakainya pada tahun ke-10 (2028), kendaraan ini memiliki nilai sisa (SV_D) sebesar Rp 10.200.000.

Sebagai perbandingan, kendaraan Challenger (Honda Em1 e) yang merupakan kendaraan listrik, dibeli dengan harga awal yang lebih rendah yaitu Rp 14.000.000 pada tahun 2024. Biaya operasionalnya jauh lebih efisien, dengan biaya asuransi tahunan (A_{tax}) hanya Rp 35.000 dan biaya konsumsi energi listrik tahunan (A_e) sebesar Rp 606.900. Biaya perawatan tahunannya juga secara umum lebih rendah, dengan puncak biaya terjadi pada tahun ke-6 (2030) sebesar Rp 652.000. Di akhir masa pakainya pada tahun ke-8 (2032), nilai sisa kendaraan (SV_C) diperkirakan sebesar Rp 7.287.000.

Gambar 3 juga menggambarkan perbandingan arus kas antara Bus Hino (diesel) dan BYD K9 (listrik), dengan mengikuti kerangka kerja analisis yang sama untuk lebih menguatkan hasil di berbagai kategori kendaraan.



Gambar 3. Cashflow Bus Hino dengan BYD K9

Cashflow Gambar 3 tersebut menyajikan perbandingan biaya operasional antara kendaraan konvensional Bus Hino sebagai *Defender* dan kendaraan listrik BYD K9 sebagai *Challenger*. Bus Hino, dibeli dengan harga awal sebesar Rp 484.967.250. Biaya operasional tahunan mencakup pajak (A_{tax}) sebesar Rp 1.357.450 dan konsumsi bahan bakar selama setahun sekitar Rp 36.754.000. Biaya perawatan (M) bervariasi setiap tahunnya, dengan peningkatan signifikan terjadi pada tahun ke-5 dan ke-10 yang mencapai Rp 28.000.000. Nilai pasar kendaraan pada tahun ke-5 (2024) diperkirakan sebesar Rp 378.000.000, sedangkan nilai sisa kendaraan pada tahun ke-10 (2029) diproyeksikan mencapai Rp 182.000.000.

Disisi lain, kendaraan listrik BYD K9 sebagai *Challenger* dibeli dengan harga Rp 4.500.000.000. Kendaraan ini memiliki biaya operasional yang berbeda, yang tidak memiliki biaya tanggungan pajak namun wajib membayar asuransi sebesar Rp 162.000. Konsumsi energi sepenuhnya menggunakan listrik dengan biaya tahunan sebesar Rp 64.935.000. Biaya perawatan kendaraan listrik ini bervariasi, dengan kenaikan paling signifikan terjadi pada tahun ke-4 sebesar Rp 29.000.000. Pada akhir masa penggunaan selama 8 tahun (2032), kendaraan ini diperkirakan memiliki nilai sisa (SV_C) yang tinggi, yaitu sebesar Rp 2.811.150.000.

Pembahasan

Pada analisis pertama, perbandingan antara kendaraan konvensional Honda Vario A/T (*Defender*) dan kendaraan listrik Honda Em1 e (*Challenger*). Diperoleh hasil bahwa nilai EUAC untuk Honda Vario A/T sebesar Rp 2.134.090, sedangkan nilai EUAC untuk Honda Em1 e sebesar Rp 41.530. Dalam hal ini, Honda Em1 e lebih unggul dalam hal efisiensi biaya tahunan. Oleh karena itu, keputusan yang diambil adalah mengganti aset lama (*Defender*) dengan aset baru (*Challenger*), yakni Honda Em1 e.

Pada analisis kedua, perbandingan antara kendaraan konvensional Bus Hino sebagai (*Defender*) dan kendaraan listrik BYD K9 (*Challenger*). Diperoleh hasil nilai EUAC untuk Bus Hino sebesar Rp 36.231.650, sedangkan hasil nilai EUAC untuk BYD K9 adalah sebesar Rp 453.247.311. Dengan selisih yang sangat besar, kendaraan *Defender* terbukti jauh lebih efisien secara ekonomis, walaupun nilai EUAC nya sama-

sama positif. Oleh karena itu, keputusan yang diambil adalah tetap mempertahankan aset lama.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penggantian menggunakan metode *Equivalent Uniform Annual Cost* (EUAC), dapat disimpulkan bahwa transisi kendaraan konvensional ke kendaraan listrik di Universitas Negeri Padang memberikan efisiensi ekonomi yang signifikan pada kategori tertentu. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa 29 dari 36 unit kendaraan (80,5%) yang dianalisis sudah layak secara ekonomi untuk diganti. Efisiensi biaya paling tinggi ditemukan pada kategori roda dua, di mana Honda Em1 e memiliki nilai EUAC sebesar Rp 41.530 dibandingkan kendaraan konvensional yang mencapai Rp 2.134.090. Namun, untuk kategori bus, kendaraan konvensional masih lebih ekonomis dibandingkan model listrik saat ini dengan selisih EUAC yang cukup besar.

Penelitian ini memberikan kontribusi kebaruan dalam bentuk model pengambilan keputusan berbasis data kuantitatif yang spesifik untuk armada operasional institusi pendidikan. Secara praktis, temuan ini menjadi landasan strategis bagi kebijakan pimpinan universitas untuk melakukan peremajaan armada secara selektif guna mengoptimalkan anggaran operasional jangka panjang dan mewujudkan komitmen *Green Campus*. Implementasi hasil penelitian ini tidak hanya berdampak pada efisiensi finansial, tetapi juga memperkuat posisi universitas sebagai pelopor dalam mendukung program percepatan kendaraan listrik nasional dan keberlanjutan lingkungan.

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan melakukan analisis sensitivitas terhadap fluktuasi harga energi (listrik dan BBM), perubahan nilai residu kendaraan di pasar sekunder, serta variasi suku bunga yang dapat memengaruhi kelayakan investasi jangka panjang. Secara luas, studi ini diharapkan menjadi referensi dalam pengembangan sistem transportasi berkelanjutan yang lebih efisien dan ramah lingkungan di Indonesia.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. A. Raksodewanto, "Membandingkan mobil listrik dengan mobil konvensional," *Inst. Teknol. Indones.*, pp. 89–92, 2020.
- [2] D. Regina and N. M. Ulmi, "Tantangan Pengembangan Mobil Listrik Menuju Transportasi Berkelanjutan di Indonesia," *J. Penelit. Sekol. Tinggi Transp. Darat*, vol. 14, no. 1, pp. 32–39, 2023, doi: 10.55511/jpsttd.v14i1.605.
- [3] T. T. Buanawati, H. S. Huboyo, and B. P. Samadikun, "Estimasi Emisi Pencemar Udara Konvensional (Sox, Nox, Co, Dan Partikulat) Transportasi Umum Berdasarkan Metode International Vehicle Emission di Beberapa Ruas Jalan Kota Semarang," *J. Tek. Lingkung.*, vol. 6, no. 3, pp. 1–12, 2017.
- [4] R. Augusta, H. L. Gaol, S. Rahardian, W. Aditya, and A. D. Dwipayana, "Analisis Perbandingan Biaya Operasional Mobil Listrik Dan Mobil Internal Combustion Engine (Studi Kasus Mobil Hyundai Kona Electric Dengan Mobil Fortuner , Pajero Sport Dan Nissan Terra)," vol. 10, no. 2, pp. 581–590, 2022.
- [5] R. Indonesia, "Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan," *Peratur. Pres. Republik Indones. Nomor 55 Tahun 2019*, pp. 1–22, 2019, doi: 10.51266/jba.v10i1.360.
- [6] D. Ardiyanti, F. Kurniawan, U. Raokter, and R. Wikansari, "Analisis Penjualan

- Mobil Listrik Di Indonesia Dalam Rentang Waktu 2020-2023,” *ECOMA J. Econ. Manag.*, vol. 1, no. 3, pp. 114–122, 2023, doi: 10.55681/ecoma.v1i3.26.
- [7] Menteri ESDM RI, “Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai,” *Kementrian ESDM Republik Indones.*, pp. 1–49, 2020, [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/163121/permen-esdm-no-13-tahun-2020>
- [8] K. P. Pramono and S. M. Nur, “Business Model Canvas pada Usaha Penjualan Box Baterai Motor Listrik,” *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 6, no. 2, pp. 171–177, 2024, doi: <https://doi.org/10.51401/jinteks.v6i2.4001>.
- [9] N. A. Hanif, “Tantangan Mobilitas Berkelanjutan Sebagai Mitigasi Perubahan Iklim Di Indonesia,” *J. Gov. (Kajian Manaj. Pemerintah. dan Oton. Daerah)*, vol. 10, no. 1, pp. 113–124, 2024, doi: 10.52447/gov.v10i1.8098.
- [10] M. L. Souma, I. P. Hakim, R. N. Rizki, N. L. Fitriani, and Mushawir, “Dampak Elctric Vehicle Terhadap Lingkungan dan Ekonomi Berkelanjutan,” *J. Ekon. BISNIS DAN KEWIRAUSAHAAN*, vol. 2, no. 4, pp. 12–18, 2025, doi: <https://doi.org/10.69714/03cm9274>.
- [11] M. Teguh, “Metode kuantitatif untuk Analisis Ekonomi dan Bisnis,” 2022.
- [12] R. Elviana, L. Nesti, and R. D. Larici, “Analisis Biaya Operasional Kendaraan Pada Perusahaan Pengurusan Jasa Kepabeanaan,” *Ind. J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 7, no. 2, pp. 114–126, 2023, doi: 10.37090/indstrk.v7i2.918.
- [13] M. L. Pattiapon *et al.*, *EKONOMI TEKNIK*. 2021.
- [14] M. Tajudin, J. Alhilman, and E. Budiasih, “Analisis Kebijakan Perawatan Dan Penentuan Sisa Umur Hidup Mesin Injeksi Plastik Dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (Rbm) Dan Replacement Analysis Di Cv Xyz,” *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 7, no. 2, pp. 155–161, 2020, doi: 10.24853/jisi.7.2.155-161.

Halaman ini sengaja dikosongkan