

Analisis Perbandingan Biaya Operasional antara Kendaraan Listrik, Bensin dan Diesel

Desmas Arifianto Patriawan¹, Janu Hadi Putra², dan Bambang Setyono³
^{1,2,3}Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Fakultas Teknologi Industri,
Jurusan Teknik Mesin
E-mail: desmas@itats.ac.id

ABSTRACT

Electric cars can be an environmentally friendly vehicle solution and reduce the burden on the government in importing petroleum. One of the obstacles to using an electric vehicle is that there is no exact detail on how much operational costs are required to use an electric car. In this paper tries to calculate and compare the operating costs of an electric car with an internal combustion car. The internal combustion cars used are gasoline and diesel. The types of vehicles used are the Nissan Leaf as an electric car, the Toyota Avanza for petrol vehicles and the Suzuki Ertiga for diesel vehicles. All three vehicles use 2013 specifications. The results of the calculation for 10 years assuming the mileage, service time and replacement of spare parts according to the technical instructions of each manufacturer. The calculation results show that the Nissan Leaf requires a fee of IDR 161,570,640.-, for the Toyota Avanza IDR 123,325,084.- and the Suzuki Ertiga IDR 108,996,469. The high operating costs for electric cars are largely due to the high price of batteries. However, this problem will be resolved as battery technology matures, thus making the battery more durable and the price more affordable.

Keyword: *operating costs, electric cars, diesel and gasoline*

ABSTRAK

Mobil listrik dapat menjadi solusi kendaraan ramah lingkungan dan mengurangi beban pemerintah dalam melakukan impor minyak bumi. Salah satu halangan dalam menggunakan kendaraan listrik adalah tidak ada rincian pasti berapa biaya operasional yang diperlukan dalam menggunakan mobil listrik. Pada paper ini mencoba menghitung dan membandingkan biaya operasional dari mobil listrik dengan mobil pembakaran dalam. Mobil pembakaran dalam yang digunakan adalah dengan bahan bakar bensin dan diesel. Jenis kendaraan yang digunakan adalah Nissan Leaf sebagai mobil listrik, Toyota Avanza untuk kendaraan bensin dan Suzuki Ertiga untuk kendaraan diesel. Ketiga kendaraan ini menggunakan spesifikasi di tahun 2013. Hasil dari perhitungan selama 10 tahun dengan asumsi jarak tempuh, waktu servis dan pergantian suku cadang sesuai dengan petunjuk teknis dari masing-masing pabrikan. Hasil perhitungan didapatkan bahwa Nissan Leaf memerlukan biaya sebesar Rp 161.570.640.-, untuk Toyota Avanza Rp 123.325.084.- dan Suzuki Ertiga Rp 108.996.469.-. Biaya operasional yang mahal untuk mobil listrik sebagian besar karena harga baterai yang masih mahal. Namun permasalahan tersebut akan teratasi dengan semakin matangnya teknologi baterai, sehingga membuat baterai semakin awet dan harga semakin terjangkau.

Kata kunci: biaya operasional, mobil listrik, diesel dan bensin.

PENDAHULUAN

Kendaraan pembakaran dalam sangat bergantung dengan minyak bumi. Sedangkan produksi minyak bumi di Indonesia selama 10 tahun terakhir mengalami penurunan [1], sehingga pemerintah melakukan impor minyak bumi untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri. Impor yang dilakukan pemerintah akan menjadi beban keuangan negara, sehingga pemerintah juga memiliki kepentingan dalam akselerasi dalam melakukan adopsi kendaraan listrik di Indonesia.

Selain faktor minyak bumi yang mengalami penurunan produksi, peningkatan gas karbon juga meningkat. Peningkatan gas karbon tidak hanya terjadi di Indonesia tetapi juga di seluruh dunia [2]. Peningkatan gas karbon akan menyebabkan pemanasan global yang berdampak perubahan iklim. Pengaruh dari perubahan iklim memang tidak bisa kita lihat sekarang ini, namun pasti akan

memiliki pengaruh untuk generasi selanjutnya. Sehingga penting juga bagi masyarakat tahu pentingnya kendaraan ramah lingkungan, salah satunya kendaraan listrik.

Tantangan dalam adopsi kendaraan listrik di Indonesia adalah kesediaan listrik. Dalam *global competitiveness*, Indonesia hanya berada diperingkat 95 dari antara 141 negara dengan 94.8 % akses dari semua populasi dan 94.7% kualitas *supply* listrik [3]. Dari data ini menunjukkan harus ada perbaikan dan peningkatan daya listrik, jika tidak Indonesia justru akan mengalami krisis energi. Namun pemerintah sepertinya melihat serius tentang ketersediaan energy listrik dimana pemerintah sudah mengalokasikan sebanyak 32 % biaya infrastruktur tentang listrik dan energy pada tahun 2015-2019 [4].

Lingkungan selalu dikaitkan pentingnya penggunaan kendaraan listrik, padahal factor ekonomis juga menjadi bagian pertimbangan bagaimana masyarakat Indonesia memilih kendaraan. Faktor ekonomis ini lebih banyak di bahas terkait biaya operasional kendaraan yang dalam penelitian ini akan dibahas dan dibandingkan antara kendaraan listrik, bensin dan diesel. Dalam melakukan perbandingan memang tidak mudah karena hampir tidak ada yang sama tipe kendaraan yang digunakan. Namun karena yang dilihat adalah perbandingan harga, maka yang disamakan adalah harga jenis kendaraan yang dibandingkan. Sedangkan biaya operasional paling banyak membahas tentang kendaraan umum [5], sehingga perlu dilakukan perhitungan operasional terhadap kendaraan pribadi.

TINJAUAN PUSTAKA

Mobil Listrik

Kendaraan listrik sudah ada sejak 1885, bahkan kendaraan listrik lebih tua 50 tahun jika dibandingkan dengan kendaraan pembakaran dalam (KPD). Namun saat semakin banyak eksplorasi minyak bumi, pada tahun 1910 saat Henry Ford membuat KPD dibuat secara massal dan semakin banyak jalan toll membuat KPD lebih kompetitif dibandingkan kendaraan listrik (KL) [6]. Sehingga di tahun 1920 KPD menjadi lebih dominan dibandingkan dengan KL yang memiliki jarak tempuh yang pendek.

Namun kendaran listrik sekarang jauh berbeda dibandingkan dengan kendaraan listrik di tahun 1900. Dari jarak tempuh kendaraan listrik sudah mencapai 80-100 mile (128.75-160,93 km) dalam 20-30 menit isi ulang [7]. Selain itu efisiensi dari kendraan listrik sekarang ini jauh lebih baik ada yang mendapatkan 0.25 kWh/km-0.06 kWh/km [8] dan 15.2 kWh/100km [9]. Berat menjadi tantangan untuk membuat kendaran listrik semakin irit. Namun hampir sebagian besar berat kendaraan listrik dipengaruhi oleh berat dari baterai itu sendiri.

Kendaraan listrik juga mudah sekali untuk di kombinasikan dengan energy jenis yang lain atau istilah yang lebih umum adalah hybrid. Kendaraan hybrid yang lebih umum adalah dengan menggunakan pembakaran dalam dan listrik. Kendaraan listrik juga bisa digabungkan dengan udara bertekanan dengan [10], [11]. Dengan sumber energy yang mudah digabungkan membuat listrik bisa dikembangkan sampai menemukan jenis energy baru yang lebih ramah lingkungan dan memiliki jarak tempuh seperti KPD.

Mobil listrik adalah mobil yang digerakkan dengan motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpanan energi lainnya. Salah satu dari jenis mobil listrik yaitu Nissan Leaf (ditulis sebagai "LEAF" , singkatan dari *Leading, Environmentally friendly, Affordable, Family car*). Jarak tempuh resmi maksimal mobil ini dari Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat adalah 117 kilometer (73 mil), dengan besar konsumsi energi 765 kilojoule per kilometer (34 kWh/100 mil) dan mengukurefisiensi bahan bakarnya, yaitu 99 mil per gallon AS (2,4 L/100 km). Jarak tempuh *Leaf oleh New European Driving Cycle* adalah 175 km (109 mil)

Kendaraan Pembakaran Dalam

Kendaraan Pembakaran Dalam (KPD) yang digunakan adalah mesin dengan bahan bakar bensin dan diesel. Kedua kendaraan ini perlu dibandingkan karena baik mesin dengan bensin dan diesel memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Kendaraan bensin lebih ringan, mesin halus dan baik untuk kendaraan ringan. Kendaraan diesel lebih tangguh, hemat bahan bakar dan memiliki torsi yang lebih besar, sehingga cocok untuk kendaraan niaga ataupun kendaraan besar.

Mesin bensin atau mesin *Otto* dari *Nikolaus Otto* adalah sebuah tipe mesin pembakaran dalam yang menggunakan nyala busi untuk proses pembakaran, dirancang untuk menggunakan bahan bakar bensin atau yang sejenis. Salah satu contoh mobil dengan mesin bensin adalah Toyota Avanza. Pada akhir tahun 2006 diluncurkan New Avanza S (1.5 S VVT-i) yang merupakan versi terlengkap dengan mesin berkapasitas 1.500 cc VVT-i, sensor parkir belakang, teknologi pengereman ABS serta pelek aluminium 15". Mesin 1.500 cc VVT-i yang digunakan oleh Toyota Avanza memiliki spesifikasi yang sama persis dengan Toyota Rush.

Motor bakar diesel biasa disebut juga dengan mesin diesel (atau mesin pemicu kompresi) adalah motor bakar pembakaran dalam yang menggunakan panas kompresi untuk menciptakan penyalaan dan membakar bahan bakar yang telah diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Mesin ini tidak menggunakan busi seperti mesin bensin atau mesin gas. Suzuki Ertiga adalah mobil berjenis MPV yang diproduksi oleh Suzuki sejak tahun 2012, Nama Ertiga berasal dari bahasa Indonesia, yaitu gabungan dari: Er (dari huruf R) yang berarti Row (baris) dan Tiga yang berarti angka 3, berarti mobil yang memiliki 3 baris pada interiornya dengan berkapasitas 7 orang penumpang dewasa/ 7 seaters seperti MPV (*Multi Purpose Vehicle*).

Konsep Ekonomi Teknik

Secara umum ekonomi Teknik bisa di katakana sebagai analisis ekonomi dari suatu investasi teknik. Pada ilustrasi di atas, pengambil keputusan harus melakukan kajian mana alternatif (teknis) yang di anggap paling menguntungkan. Kajian ini membutuhkan pengetahuan tentang aspek teknis serta aspek kinerja ekonomi. Untuk bisa melakukan evaluasi kinerja ekonomi di butuhkan:

- Estimasi biaya investasi yang harus dikeluarkan saat ini
- Estimasi biaya-biaya operasional dan perawatan di tahun-tahun mendatang
- Estimasi nilai sisa system atau mesin pada saat sudah mau diganti atau sudah tidak digunakan lagi
- Estimasi lamanya system bisa beroperasi (umur ekonomis).

Depresiasi

Depresiasi adalah penurunan nilai dari aset. Metode yang digunakan untuk mendepresiasi aset adalah cara untuk menurunkan nilai aset kepada pemilik dan mewakili penurunan nilai (jumlah) dari dana yang di investasikan kepada aset tersebut. Jumlah depresiasi tahunan, D , tidak mewakili arus kas yang sesungguhnya, juga tidak benar-benar mewakili pola penggunaan dari aset selama masa kepemilikan [12]

Emisi Gas Buang

Pada penelitian ini juga diterapkan *carbon tax* atau pajak karbon. Namun apakah pajak karbon ini sudah diterapkan di Indonesia, pada penelitian ini masih belum ada keputusan yang jelas apakah dalam pajak kendaraan bermotor masyarakat Indonesia juga ikut membayar pajak karbon. Namun di negara maju pajak karbon sudah diterapkan dan harus dibayar saat pembelian kendaraan. Pajak karbon diharapkan mampu mengurangi emisi gas karbon [13].

Beban emisi adalah tingkat aktivitas dinyatakan sebagai panjang perjalanan seluruh kendaraan mobil. Sehingga formula perhitungan beban emisi kendaraan mobil adalah

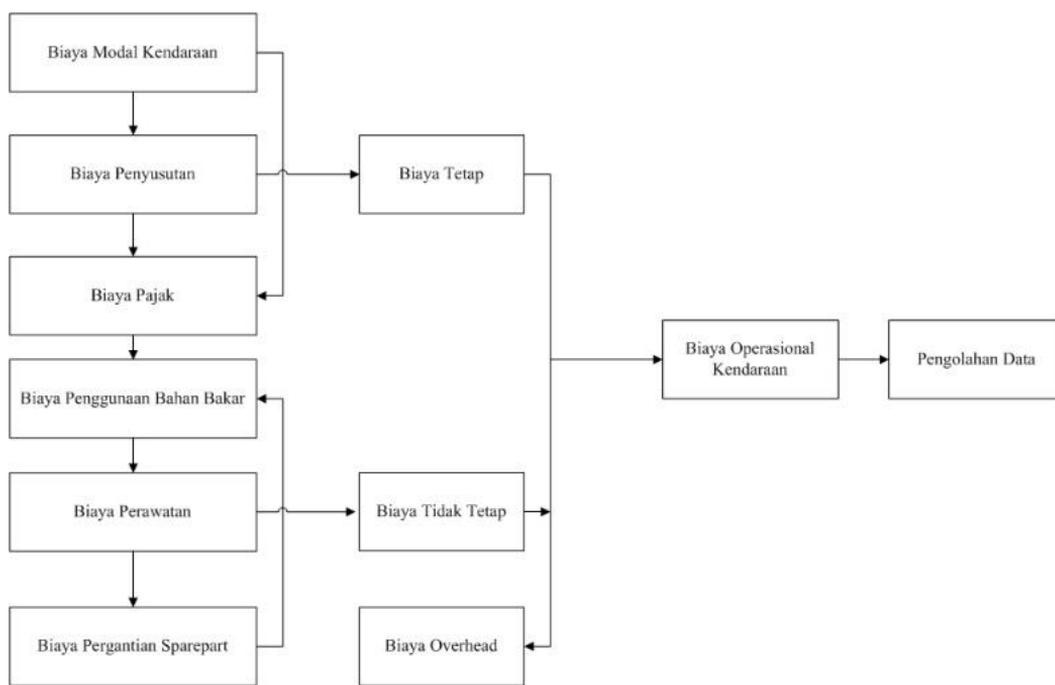
$$B_E = V S_{KT} (F_E \times 10^{-6}) \dots (1)$$

Di mana B_E adalah beban emisi (ton/tahun), s_{KT} adalah jumlah kendaraan/tahun dan F_E adalah faktor emisi (g/km/kendaraan).

METODE

Data dan informasi yang didapat dianalisa secara kuantitatif dengan menggunakan metode perhitungan biaya operasional kendaraan yang didasarkan pada kecepatan dan jarak tempuh. Metode ini menggunakan persamaan-persamaan yang tergantung pada jarak tempuh.

Selain menggunakan metode diatas juga menggunakan rumus dan metode dari literatur, jurnal, dan penelitian terdahulu yang umumnya menggunakan metode seperti di atas dengan melakukan pengelompokan komponen diatas menjadi 3 kelompok yaitu biaya tetap (*fixed cost*), biaya tidak tetap (*running cost*), biaya *overhead*.



Gambar 1. Bagan Alir Analisa Data.

Biaya operasi kendaraan tersusun dari berbagai komponen biaya. Untuk mendapatkan biaya pemakaian dari moda transportasi, yang pertama dilakukan adalah membagi biaya-biaya menjadi biaya tetap, biaya variable, dan biaya total. Setelah dibagi-bagi menjadi komponen biaya tetap dan komponen biaya variable, kemudian komponen biaya ini dibagi-bagi lagi menjadi elemen-elemen biayanya, dan kemudia elemen-elemen biaya ini bisa dibagi lagi menjadi elemen-elemen tingkat berikutnya.

Tabel 1. Komponen Biaya Operasi Kendaraan

Biaya Tetap	Biaya Variabel
Depresiasi	Bahan bakar
Emisi gas karbon	Perawatan
	Suku Cadang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Biaya Tetap

Perhitungan biaya tetap dari biaya operasi kendaraan antara lain perhitungan depresiasi. Untuk perhitungan depresiasi menggunakan metode *straight line*. Depresiasi tahunan *straight line* ditentukan dengan membagi biaya awal yang telah dikurangi nilai sisa dengan d (jarak tempuh tahunan).

Perhitungan depresiasi membutuhkan data harga kendaraan baru, dan harga kendaraan bekas, dalam perhitungan menggunakan harga kendaraan bekas berumur tiga tahun, yang didapat dari *website* mobil, pada Tabel 2 disajikan biaya perhitungan depresiasi setelah lima tahun yaitu harga baru tahun 2013 dengan harga bekas tahun 2018.

Tabel 2. Perhitungan Depresiasi Kendaraan

Merek Mobil	Produsen	Harga Baru Tahun 2013	Harga Kendaraan 2013 di tahun 2018	Depresiasi selama 5 tahun
Nissan LEAF 2013	Nissan	Rp 221.737.776	Rp 139.000.000	Rp 82.737.776
Avanza 1,5 Tx 2013	Toyota	Rp 177.550.000	Rp. 145.000.000	Rp 32.550.000
Ertiga GX	Suzuki	Rp 169.000.000	Rp 125.000.000	Rp 44.000.000

Perhitungan Emisi Gas Karbon

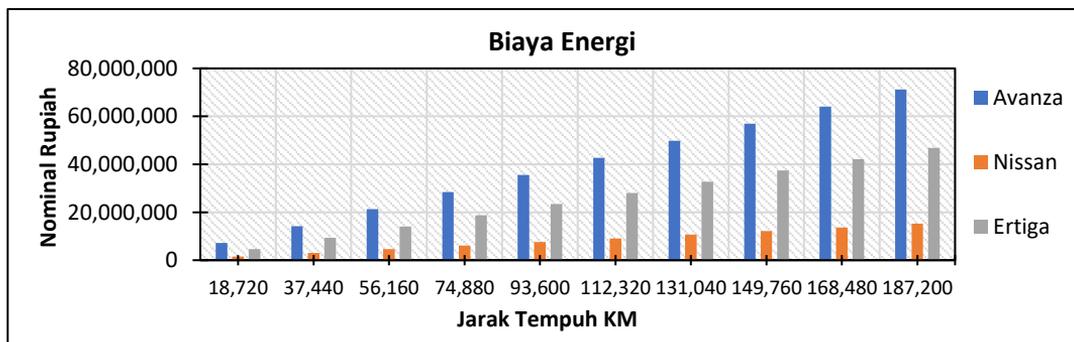
Emisi gas karbon pada mobil diukur dalam gram per jarak tempuh (km) dan terkait dengan beberapa faktor seperti tipe kendaraan, ambang temperature dan ketinggian. Kendaraan dengan usia dan jenis bahan bakar yang berbeda akan menghaikkan kadar emisi yang berbeda juga. Berikut perhitungan beban emisi pada mobil konvensional menggunakan bahan bakar pertamax dengan persamaan (1).

$$B_E = 1.20000 \cdot (150 \times 10^{-6}) = 3 \text{ ton/tahun}$$

Perhitungan biaya bahan bakar dapat dihitung dari persamaan (2)

$$B_{BB} = K_{BB} \times H_{BB} \dots (2)$$

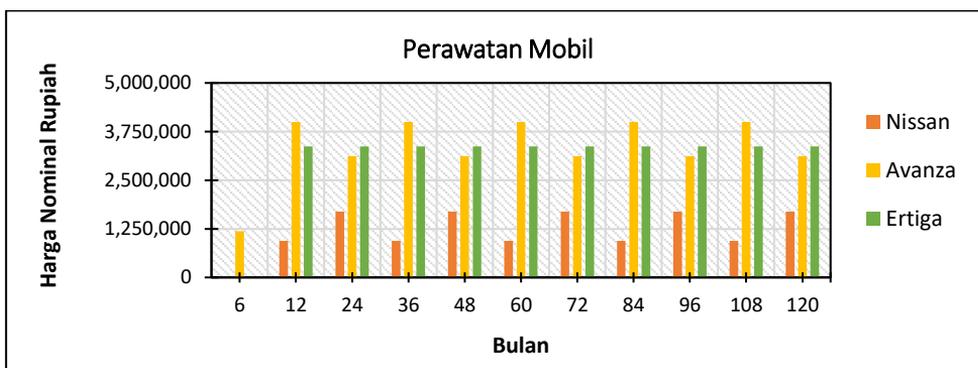
Di mana B_{BB} adalah biaya energi, K_{BB} adalah konsumsi energi dimana jika minyak bumi liter/km sedangkan listrik kWh/km dan H_{BB} adalah harga energi, jika dengan minyak bumi harga per liter dan listrik per kWh. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Biaya energi yang digunakan tiap kendaraan.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa mobil listrik dalam hal ini Nissan leaf memerlukan biaya yang lebih murah jika dibandingkan dengan kendaraan yang lain. Pada jarak 187.200 km Nissan Leaf memerlukan biaya Rp 15.200.640, Toyota Avanza Rp 71.136.000 dan Ertiga Rp 46.800.000. Konsumsi Energi dari kendaraan listrik memang jauh lebih murah dimana 1 kWh Nissan Leaf dapat mencapai 10 km, dengan harga per kWh sekitar Rp 1.500.

Dari rekapitulasi perencanaan biaya perawatan per tahunnya, didapat dari tabel total jumlah keseluruhan pengeluaran biaya untuk mobil listrik, konvensional dan diesel selama 10 tahun. Data biaya perawatan mobil di dapat dari hasil survei lapangan dealer mobil resmi yang ada di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya. Hasil dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa kenaikan dan penurunan biaya perawatan mobil terjadi dua tahun sekali, faktor tersebut dipengaruhi oleh harga dan banyaknya bagian perawatan mobil yang dijadwalkan.



Gambar 3. Biaya perawatan berkala pada kendaraan.

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa biaya perawatan mobil listrik lebih murah jika dibandingkan dengan kendaraan pembakaran dalam. Hal ini disebabkan banyak sekali *part* dari kendaraan listrik tidak perlu adanya perawatan.

Biaya pergantian suku cadang dihitung dengan menjumlahkan seluruh total biaya pertahunnya, data harga yang digunakan menurut jarak tempuh perjalanan mobil mengikuti jadwal *service* mobil di *manual book*. Setelah dilakukan perhitungan maka didapat hasil biaya keseluruhan pergantian suku cadang dari jarak tempuh tahunan. Analisa perhitungan biaya pergantian suku cadang dapat dianalisa bahwa biaya pengeluaran terbesar pada mobil listrik Nissan terjadi 5 tahun sekali karena penggantian baterai dan harga baterai pada mobil listrik sangat besar sekitar Rp 66.340.000, harga tersebut lebih mahal dibandingkan dari harga suku cadang lainnya. Sedangkan untuk biaya pergantian suku cadang mobil Avanza dan Ertiga berkisar antara Rp 1.000.000 sampai Rp 6.000.000 harga tersebut sudah termasuk biaya jasa pemasangan. Hasil lebih lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.

Dalam kategori pergantian suku cadang, mobil listrik memerlukan biaya yang cukup mahal. Biaya tersebut karena adanya pergantian baterai, harga baterai yang mahal menyebabkan biaya pergantian suku cadang menjadi mahal. Biaya perawatan dan pergantian suku cadang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Biaya perawatan dan pergantian suku cadang.

Jenis Kendaraan	Biaya Perawatan	Biaya suku cadang
Nissan Leaf 2013	Rp 13.150.000	Rp 133.220.000
Avanza	Rp 36.248.000	Rp 10.533.000
Ertiga	Rp 33.674.000	Rp 22.321.200



Gambar 4. Biaya pergantian suku cadang.

Dari ketiga biaya tersebut kemudian ditotal dan didapatkan hasil pada Tabel 4. Pada Tabel 4 adalah biaya operasional kendaraan selama 10 tahun. Namun, biaya pajak kendaraan tidak dimasukkan karena dalam penelitian ini ingin mendapatkan biaya operasional keseluruhan tanpa melihat pajak yang diberikan, sehingga pemerintah bisa memberikan insentif pajak bila operasional dari kendaraan listrik lebih mahal dibandingkan dengan kendaraan pembakaran dalam.

Tabel 4. Total biaya operasional kendaraan selama 10 tahun

Jenis Kendaraan	Total Biaya Operasional
Nissan Leaf tahun 2013	Rp. 161.570.640
Toyota Avansa 1.5 2013	Rp 123.325.084
Suzuki Ertiga Diesel 2013	Rp 108.996.469

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa biaya operasional kendaraan listrik untuk saat (2021) masih lebih mahal jika dibandingkan dengan kendaraan pembakaran dalam jika digunakan dalam waktu yang lama (10 tahun). Biaya termahal adalah pergantian suku cadang, terutama harga dari baterai yang perlu diganti setiap 5 tahun. Namun, hasil ini adalah sementara karena perkembangan teknologi baterai sudah semakin baik sehingga daya tahan baterai bisa semakin lama dan murah. Selain itu, pemerintah masih bisa memberi insentif pajak, penambahan daya listrik yang murah (mobil listrik memerlukan daya rumah yang besar) dan memperbanyak pemasangan stasiun isi ulang sehingga masyarakat bisa melihat faktor ekonomis dalam penggunaan kendaraan listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, “Indonesia Energy Out Look 2019,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [2] B. P. Resosudarmo, D. A. Nurdianto, and A. A. Yusuf, “Greenhouse Gas Emission in Indonesia: The Significance of Fossil Fuel Combustion,” *Reg. Dev. Energy Environ. Indones.*, no. July 2020, pp. 146–159, 2009.
- [3] K. Schwab, *Insight Report - World Economic Forum*. 2019.
- [4] Y. R. Damuri, “Infrastructure in Indonesian Economic Development: Potentials & Issues,” *Japan SPOTLIGHT*, no. November / December, pp. 16–19, 2017.
- [5] R. Rahman, “Analisa biaya operasi kendaraan (bok) angkutan umum antar kota dalam

- propinsi rute palu - poso,” *Rekayasa dan Manaj. Transp.*, vol. II, no. 1, pp. 8–21, 2012.
- [6] Ching Chuen Chan, “the Rise & Fall of Electric,” *Proc. IEEE*, vol. 101, no. 1, pp. 206–212, 2013.
- [7] D. Kettles *et al.*, “Electric Vehicle Sales and Future Projections,” *Appl. Energy*, vol. 168, no. January, pp. 434–443, 2016, [Online]. Available: <http://fsec.ucf.edu/en/publications/pdf/fsec-cr-1987-14.pdf%5Cnhttp://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916300988%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.09.157%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1016/j.ejpsr.2015.11.019>.
- [8] J. Laurikko, R. Granström, and A. Haakana, “Assessing range and performance of electric vehicles in Nordic driving conditions - Project ‘RekkEVidde,’” *World Electr. Veh. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 45–50, 2012, doi: 10.3390/wevj5010045.
- [9] M. Mruzek, I. Gajdáč, L. Kučera, and T. Gajdošík, “The Possibilities of Increasing the Electric Vehicle Range,” *Procedia Eng.*, vol. 192, pp. 621–625, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.06.107.
- [10] B. Setyono and D. A. Patriawan, “Desain dan Analisis Performasi Sistem Penggerak Purwarupa Kendaraan Hibrid Bertenaga Udara dan Listrik ‘Bed 18’ menggunakan ‘Scotch Yoke Mechanism,’” *J. ITATS*, pp. 45–52, 2018, doi: 10.31284/j.ipitek.2018.v22i2.
- [11] B. Setyono, D. A. Patriawan, A. W. Putra, H. Irawan, and E. A. Zuliari, “Design Steering System with Independent Front Wheel Drive of the Hybrid Vehicle-Air Pressure and Electrical,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 462, no. 1, doi: 10.1088/1757-899X/462/1/012013.
- [12] D. Hang, D. McFadden, K. Train, and K. Wise, “Is vehicle depreciation a component of marginal travel cost?: A literature review and empirical analysis,” *J. Transp. Econ. Policy*, vol. 50, no. 2, pp. 132–150, 2016.
- [13] T. Klier and J. Linn, “Federal Reserve Bank of Chicago Carbon Dioxide Emissions Rates of,” 2012.