

LEMBAGA PENDIDIKAN DAN PELATIHAN POLRI  
SEKOLAH STAF DAN PIMPINAN MENENGAH

---



**ARTIKEL JURNAL**  
**SPPK ANGKATAN KE 1 T.A. 2024**



**OLEH :**

**NAMA : ALEX WILLEM TLONAEN, ST.,MM., MTrAP.**  
**NO. SERDIK : 202409002006**  
**POKJAR : VII (TUJUH)**

---

---

**PESERTA DIDIK SEKOLAH PENGEMBANGAN PROFESI KEPOLISIAN**  
**ANGKATAN KE 1 T.A 2024**

# **PENGEMBANGAN INOVASI KENDARAAN LISTRIK DALAM MENGATASI MASALAH POLUSI UDARA DI INDONESIA**

**(ELECTRIC VEHICLE INNOVATION DEVELOPMENT IN OVERCOMING AIR  
POLLUTION PROBLEMS IN INDONESIA)**

Oleh :

ALEX WILLEM TLONAEN, ST.,MM.,MTrAP  
SERDIK SPPK-SESPIM : 202409002006

## **Abstrak**

Pengembangan mobil listrik dan sepeda motor listrik memiliki potensi menurunkan emisi polutan (CO, NO<sub>x</sub>, HC, SO<sub>2</sub>, dan PM) yang cukup signifikan. Skenario KBL dapat mengurangi emisi polutan berkisar antara 10,3% sampai 16,4% pada tahun 2030 dan meningkat menjadi sekitar 40,4% sampai 60,5% pada tahun 2050 terhadap skenario BASE. Pengurangan emisi dapat bertambah lagi terhadap skenario BASE. Pengembangan kendaraan listrik belum berperan dalam mengurangi emisi GRK di masa depan. Penggunaan mobil listrik dan sepeda motor listrik akan meningkatkan emisi GRK sebesar 7,0% pada tahun 2030 dan meningkat menjadi 27,1% pada tahun 2050. Emisi GRK dari kendaraan listrik tergantung dari pembangkit listrik yang digunakan. Bila pembangkit listrik menggunakan energi terbarukan maka kendaraan listrik dapat secara signifikan mengurangi emisi GRK.

Pengembangan kendaraan listrik harus disertai dengan peningkatan pembangkit berbasis energi terbarukan sesuai dengan komitmen pemerintah Indonesia dalam menurunkan target emisi GRK di masa depan. Hal ini dapat diterapkan dengan memasang modul surya sebagai sumber daya listrik pada suatu SPKLU, sehingga akan mengurangi faktor emisi yang disebabkan jaringan pembangkit.

Kata kunci : Kendaraan listrik dan Polusi Udara

## **ABSTRACT**

*The development of electric cars and electric motorbikes has the potential to significantly reduce pollutant emissions (CO, NO<sub>x</sub>, HC, SO<sub>2</sub>, and PM). The KBL*

*scenario can reduce pollutant emissions ranging from 10.3% to 16.4% in 2030 and increase to around 40.4% to 60.5% in 2050 under the BASE scenario. Emission reductions can add up under the BASE scenario. The development of electric vehicles has not played a role in reducing future GHG (Green House Gas) emissions. The use of electric cars and electric motorbikes will increase GHG emissions by 7.0% in 2030 and increase to 27.1% in 2050. GHG emissions from electric vehicles depend on the power plants used. When power plants use renewable energy, electric vehicles can significantly reduce GHG emissions.*

*The development of electric vehicles must be accompanied by an increase in renewable energy-based power plants in accordance with the commitment of the Indonesian government to reduce future GHG emission targets. This can be applied by installing a solar module as a power source at an SPKLU, so that it will reduce the emission factor caused by the power grid.*

*Keyword: Electric Vehicle and Air Pollution*

## **1. PENDAHULUAN**

### **Latar belakang**

Tren energi bersih semakin meningkat di dunia sejak Perjanjian Paris yang mengusulkan setiap negara bertanggung jawab untuk menjaga kenaikan suhu rata-rata global hingga di bawah 2°C (Li et al., 2016). Di bidang transportasi, inovasi dan teknologi kendaraan dapat mengurangi ketergantungan minyak dan emisi gas rumah kaca (GRK) seperti kendaraan listrik (EV) atau kendaraan sel bahan bakar (Aziz, Oda, & Kashiwagi, 2015). Diantaranya, tingkat pertumbuhan tahunan EV meningkat secara signifikan karena karakteristiknya yang menguntungkan dibandingkan dengan kendaraan bermesin pembakaran internal (ICEV). Keunggulan tersebut antara lain efisiensi tinggi, perawatan rendah, ramah lingkungan, terutama bila terintegrasi dengan sumber energi terbarukan. Selain itu, beberapa penelitian telah menunjukkan manfaat lain dari EV yang dapat dimanfaatkan sebagai penyimpan energi dalam sistem tenaga. Mereka dapat melepaskan energi ke jaringan ketika dibutuhkan untuk menyeimbangkan permintaan (Aziz, Oda, Mitani, et al., 2015).

Badan Energi Internasional menyusun skenario yang merekomendasikan mitigasi,

tindakan pencegahan dan tindakan untuk mengurangi konsentrasi emisi CO<sub>2</sub> di atmosfer hingga di bawah 450 ppm dengan membatasi penggunaan bahan bakar fosil dan mendukung penjualan mobil hibrida dan EV yang diproyeksikan meningkat menjadi sekitar 40 % pada tahun 2030 (Elias, 2017). Oleh karena itu, penetrasi pasar EV yang sangat besar menyebabkan permintaan listrik yang tinggi ketika semua EV terisi daya pada waktu tertentu, yang menyebabkan ketidakstabilan sistem tenaga. Sebaliknya, jika pengisian dan pengosongan dapat dikelola, EV berpotensi mendukung jaringan karena dapat dianggap sebagai penyimpanan energi yang sangat besar. Dengan demikian, EVs charging dan discharging management menjadi isu penting untuk mengembangkan smart system dengan penyimpanan energi seluler dalam waktu dekat.

Berfokus di Indonesia, sebagai salah satu negara dengan populasi terbesar di dunia, memiliki visi untuk memiliki pangsa energi terbarukan yang tinggi, sekitar 27%, seperti panas bumi, angin, biomassa, dan matahari pada tahun 2030. Meskipun penerapan energi terbarukan di jaringan listrik memiliki dampak positif dalam penurunan emisi, adopsi yang tinggi dari sumber energi terbarukan ini menyebabkan masalah besar karena ketidakstabilan di mana sebagian besar energi terbarukan memiliki fluktuasi yang tidak dapat diprediksi (Mitani et al., 2017). Masalah ini tidak dapat diatasi dengan penggunaan pembangkit listrik tenaga uap berbahan bakar batubara yang akan mendominasi bauran energi di Indonesia.

Sektor transportasi di Indonesia menyumbang 28% emisi GRK terkait energi nasional. Emisi tertinggi berasal dari transportasi jalan raya (terutama mobil dan sepeda motor), yang menyumbang 85% dari total emisi di sektor tersebut (Setiawan et al., 2019). Dengan meningkatnya kepemilikan mobil di Indonesia, sektor transportasi diperkirakan akan tetap menjadi salah satu penghasil emisi utama di negara ini. Di bawah janjinya saat ini dalam Kontribusi yang Ditentukan Secara Nasional (NDC), pemerintah Indonesia telah membatasi rencana mitigasi untuk sektor transportasi hanya pada pengalihan bahan bakar ke biofuel dan perluasan stasiun pengisian bahan bakar gas (Republic of Indonesia, 2016). Sementara itu, peran kendaraan listrik (EVs) (termasuk hybrid, plug-in hybrid, dan kendaraan listrik baterai) yang banyak dipandang sebagai kunci untuk mengurangi emisi GRK di sektor tersebut, masih hilang dari NDC Indonesia.

Pelacak Aksi Iklim (*The Climate Action Tracker*) menguraikan 1,5°C skenario kompatibel untuk Indonesia yang membatasi emisi dari sektor transportasi menjadi 2 MtCO<sub>2</sub>e pada tahun 2050. Skenario ini mencakup peningkatan penggunaan angkutan umum, peningkatan penghematan bahan bakar kendaraan konvensional, dan 100% elektrifikasi kendaraan jalan penumpang (mobil, sepeda motor, dan bus) pada tahun 2050. Untuk mencapai 100% elektrifikasi pada tahun 2050, Indonesia harus berhenti menjual kendaraan berbahan bakar fosil antara tahun 2035 dan 2040, dengan asumsi kendaraan tersebut memiliki masa pakai 15 tahun (Climate Action Tracker, 2019). Studi lain juga melaporkan bahwa EV dapat memberikan kontribusi penting 2 Emisi dari kehutanan dibuat bergaris karena ini tidak termasuk dalam perhitungan CAT untuk emisi yang diperbolehkan. dalam upaya pengurangan emisi.

Presiden Joko Widodo berupaya menjadikan Indonesia sebagai salah satu pusat industri mobil listrik dunia. Salah satu upaya untuk mempercepat hal tersebut, pemerintah berupaya melakukan hilirisasi industri nikel yang nantinya diproduksi menjadi baterai lithium yang merupakan komponen utama dalam mobil listrik. Selain itu, aturan ekspor nikel dalam Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 1 Tahun 2017 tentang Ketentuan Ekspor Produk Pertambangan Hasil Pengolahan dan Pemurnian diperketat dimana nikel dengan kadar rendah, yakni dibawah 1,7% tidak diperkenankan lagi untuk diekspor mulai Desember 2019.

Kebijakan pengembangan kendaraan listrik berbasis baterai untuk transportasi jalan sudah dicanangkan pemerintah melalui Peraturan Presiden No. 55/2019. Iklim investasi diharapkan dapat tumbuh dan mendorong pengembangan industri mobil listrik, baterai, dan charging station di dalam negeri. Keberhasilan pengembangan kendaraan listrik sebagian besar terletak pada pengembangan komponen baterai dengan komponen pendukung berupa *charging station*.

Sumber energi untuk pembangkit listrik yang akan digunakan charging station perlu didorong menggunakan energi terbarukan. Hal ini sejalan dengan kebijakan rendah karbon untuk mengintegrasikan aksi penanggulangan perubahan iklim ke dalam agenda pembangunan berkelanjutan. Agenda tersebut memuat 17 tujuan pembangunan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goal* (SDG) yang memandu pencapaian tujuan global sampai tahun 2030 (UCLG, 2018). Tujuan nomor 7 adalah memastikan akses terhadap energi bersih yang terjangkau, dapat

diandalkan, berkelanjutan dan modern bagi semua. Pemerintah memfasilitasi akses terhadap teknologi energi bersih termasuk energi terbarukan dan penggunaan peralatan yang lebih efisien dalam penggunaan energi. Penyediaan energi primer yang berbasis pada energi terbarukan perlu ditingkatkan agar dapat memenuhi kebutuhan energi dengan tidak membebani neraca perdagangan dan bisa berkontribusi terhadap penurunan emisi gas rumah kaca (GRK).

Secara umum kendaraan berbasis listrik baterai mempunyai kelebihan dibandingkan dengan kendaraan bermotor (*internal combustion engine*) yaitu dapat mengurangi polusi udara dan emisi GRK. Kendaraan bermotor berkontribusi besar dalam polusi udara karena pembakaran bahan bakar minyak (BBM). KLHK secara rutin membuat laporan indeks kualitas udara (IKU) berdasarkan data konsentrasi rata-rata tahunan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dari hasil pengukuran kualitas udara ambien. Sebanyak 32 provinsi mengalami penurunan IKU, dengan Provinsi Banten dan DKI Jakarta yang mempunyai predikat IKU kurang baik (KLHK, 2019). AirVisual mengeluarkan data kualitas udara dari 89 kota di dunia pada 8 September 2019 dan menyatakan bahwa DKI Jakarta menjadi kota dengan polusi udara tertinggi ketiga di dunia (R. Iskana, 2019). Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta, sumber polusi yang terbesar berasal dari transportasi darat (75%) dan sisanya dari pembangkit listrik serta industri. Mitigasi emisi untuk transportasi darat sangat penting peranannya dalam menyumbang pengurangan emisi di wilayah perkotaan. Salah satu opsi dalam mitigasi tersebut adalah penggunaan kendaraan listrik menggantikan kendaraan bermotor untuk jangka panjang.

Sampai saat ini, belum ada data resmi mengenai jumlah mobil listrik yang sudah beroperasi di Indonesia. Pada April 2019, taksi Blue Bird sudah mengoperasikan 30 unit mobil taksi listrik pertama di Indonesia yang dibeli dari pabrik mobil BYD dan Tesla. Untuk sepeda motor listrik sudah beroperasi 631 unit yang didominasi oleh merek Emoto diikuti oleh Terra Moto dan Govecs (CNN, 2019). Pada Januari 2020 Grab meluncurkan 20 mobil listrik hasil kerjasama dengan Hyundai Motor Indonesia (Burhan, 2020). Pemerintah terus membangun ekosistem kendaraan listrik melalui dukungan pengembangan infrastruktur charging station dan regulasi kendaraan listrik. Peningkatan penggunaan kendaraan listrik diharapkan dapat menekan polusi udara. Makalah ini akan menganalisis potensi pengurangan emisi,

baik polusi udara maupun emisi GRK dengan meningkatnya penggunaan kendaraan listrik untuk masa mendatang.

Melihat semakin bertambahnya atau berkembangnya inovasi yang dilakukan pemerintah Indonesia terhadap transportasi dengan terciptanya kendaraan listrik (EV) ini dan juga membawa keuntungan bagi negara, membuat penulis ingin mendalami lebih lanjut mengenai inovasi kendaraan listrik merumuskan suatu masalah yaitu bagaimana pengembangan inovasi kendaraan listrik dalam mengatasi masalah polusi udara di Indonesia. Penulis berupaya untuk memberi gambaran mengenai rencana produksi kendaraan listrik dimasa mendatang.

**Tabel 1.** Rencana Produksi dan Penjualan Kendaraan Listrik

Keterangan		Satuan	2020	2025	2030	2035	
Mobil	Produksi	Total	(Ribu Unit)	1.500	2.000	3.000	4.000
		Mobil Listrik	(%)	10	20	25	30
		LCGC*	(Ribu Unit)	150	400	750	1.200
		(%)	25	20	20	20	
	Penjualan	Total	(Ribu Unit)	1.250	1.690	2.100	2.500
Sepeda Motor	Produksi	Total	(Ribu Unit)	8.000	10.000	12.500	15.000
		Motor Listrik	(%)	10	20	25	30
			(Ribu Unit)	800	2.000	3.125	4.500
	Penjualan	Total	(Ribu Unit)	7.250	8.900	11.100	13.250
	Ekspor	Total	(Ribu Unit)	750	1.100	1.400	1.750

Sumber : diolah dari [8]

\*LCGC : Low Cost Green Car

## Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan artikel ini yaitu untuk :

- Memahami konsep inovasi kendaraan listrik.
- Memberi gambaran terhadap perkembangan kendaraan listrik di Indonesia.
- Melihat prospek dimasa mendatang terhadap penerapan inovasi kendaraan listrik di Indonesia.

## 2. LITERATUR REVIUW

Dalam penulisan artikel ini peneliti menggali informasi dari penelitian – penelitian sebelumnya sebagai acuan dan bahan perbandingan, baik mengenai kekurangan atau kelebihan yang sudah ada. Selain itu, peneliti juga menggali informasi dari buku – buku maupun jurnal dalam rangka mendapatkan suatu informasi yang ada sebelumnya tentang teori yang berkaitan dengan judul yang digunakan untuk memperoleh landasan teori ilmiah.

Penelitian pertama yang berhasil peneliti temukan adalah penelitian dari jurnal yang dilakukan oleh Nyoman S Kumara dan I Wayan Sukerayasa (2009) dengan judul *“Tinjauan Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang”*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memaparkan perkembangan kendaraan listrik dunia mulai dari sejarah hingga kondisinya saat ini. Database kendaraan listrik yang sudah diproduksi disajikan oleh penulis dalam bentuk tabel sehingga memudahkan dalam memahami perkembangan bidang kendaraan listrik. Hasil studi dalam jurnal ini menunjukkan bahwa kendaraan listrik merupakan salah satu solusi yang sangat penting dalam upaya penyelamatan lingkungan dan pengelolaan sumber alam secara berkelanjutan. Hal ini dimungkinkan karena teknologi pendukung kendaraan listrik telah berkembang sedemikian rupa sehingga telah berhasil dibuat kendaraan listrik yang handal, ekonomis, serta memiliki tingkat kenyamanan yang sama dengan kendaraan bermotor konvensional dan bahkan teknologi kendaraan listrik memiliki spesifikasi operasi yang lebih baik di bandingkan kendaraan bermotor konvensional (Kumara, 2008).

Pada penelitian pertama memiliki persamaan dari segi pembahasan pada objek penelitian mengenai perkembangan kendaraan listrik, dengan melakukan pemaparan kendaraan bermotor lebih ramah lingkungan dan dukungan inovasi teknologi. Sedangkan perbedaan dalam penelitian ini adalah pada variabel, subjek, dan tempat pada penelitian ini. Pada penelitian ini, peneliti akan menganalisis terhadap perkembangan kendaraan listrik, khususnya di Indonesia, dengan melakukan teknik pengumpulan data melalui observasi guna mengetahui perkembangan terkini.

Penelitian kedua yaitu dari jurnal penelitian yang dilakukan oleh Nurhadi (2018) dengan judul *“Pengembangan Sepeda Motor Listrik Sebagai Sarana Transportasi”*. Penulis melakukan penelitian dengan eksperimen, dimana pengambilan data dilakukan langsung pada alat uji yang telah disiapkan di laboratorium untuk menguji variabel bebas dan variabel terikat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sepeda motor listrik yang lebih memungkinkan dikembangkan secara berkelanjutan, menggunakan sedikit baterai, dan biayanya lebih murah. Dari penelitian diperoleh hasil berupa prototipe sepeda motor listrik mini dengan kecepatan maksimal 20 km/jam. Pada berat pengemudi 19.5 – 29.4 kg dan kecepatan motor 10-20 km/jam, pemakaian arus baterai mengalami



kenaikan yang relatif linear, namun pada berat pengemudi 37,3 kg dan kecepatan 20 km/jam pemakaian arus baterai melonjak tajam yaitu menjadi sebesar 31.14 A, yang menunjukkan bahwa pemakaian kendaraan efektif pada kecepatan <20 km/jam. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan performansi sepeda motor yang lebih baik (Nurhadi & Malang, 2018).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan penulis jurnal dapat disimpulkan bahwa mobil listrik tersebut masih memiliki beberapa kelemahan, yaitu pengembangan teknologinya tidak berkelanjutan, tetapi masing-masing berdiri sendiri, baik desain maupun konstruksinya, membutuhkan banyak baterai, suplay sistem pengisian belum optimal, kecepatan masih rendah, dan biaya produksi relatif mahal.

Penelitian kedua ini sama – sama meneliti tentang kendaraan listrik yang ramah lingkungan. Penulis jurnal ini lebih fokus pada pengembangan sepeda motor yang ramah lingkungan daripada perkembangan inovasi kendaraan listrik itu sendiri. Namun, jurnal ini tetap bisa dijadikan acuan bagi peneliti dalam hal tujuan dan upaya pengembangan kendaraan listrik.

Penelitian ketiga yang berhasil peneliti temukan adalah penelitian dari jurnal yang dilakukan oleh Achmad Wirabrata (2019) dengan judul "*Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik di Indonesia*". Tulisan ini bertujuan untuk memprediksi kebutuhan energi listrik bagi sektor transportasi untuk mendukung percepatan program KBL dan mengkaji kebijakan pengembangannya. Hasil penelitian menjelaskan bahwa keberhasilan percepatan program KBL harus didukung dengan pasokan energi listrik yang memadai. Percepatan konversi kendaraan konvensional ke KBL memerlukan dukungan pemerintah berupa pemberian insentif kepada industri KBL lokal dan peningkatan infrastruktur pengisian. Peran DPR dalam melaksanakan fungsi pengawasan diperlukan untuk memastikan insentif tepat sasaran dan kesiapan infrastruktur pendukung percepatan KBL. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sebagai percepatan program KBL, diperlukan dukungan semua pihak agar dapat mengurangi faktor penghambat yang menjadi pertimbangan preferensi konsumen dalam memilih KBL, yaitu harga, perawatan, dan daya tahan kendaraan serta kesiapan infrastruktur.

Sama seperti penelitian sebelumnya, bahwa penelitian ini memiliki persamaan dalam hal pembahasan mengenai inovasi kendaraan listrik, dimana peneliti

menjelaskan secara jelas kebijakan – kebijakan yang berlaku guna mempercepat penerapan kendaraan listrik di Indonesia. Penulis juga memberikan data dan gambar yang cukup jelas yang dapat digunakan peneliti untuk melakukan penelitian ini lebih lanjut.

Berdasarkan beberapa penelitian di atas, maka dapat diketahui bahwa telah ada beberapa penelitian terdahulu yang membahas tentang perkembangan inovasi kendaraan listrik di Indonesia.

### **3. METODOLOGI**

Metodologi penelitian ini adalah survei literatur dari Internet (secondary resources). Dalam studi survei yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR). Dalam proses pencariannya digunakan dua kata kunci. Kata kunci pertama adalah "Electrical Vehicle". Hasil yang muncul dalam pencarian kata kunci pertama mencapai lebih dari tiga juta buku, artikel atau jurnal. Selanjutnya kata kunci yang kedua adalah "Dukungan Pemerintah Indonesia Terhadap Mobil Listrik". Beberapa sumber yang didapatkan meliputi jurnal artikel dan buku mencapai 2,8 juta judul buku dan artikel jurnal. Sedangkan bila difokuskan hanya kepada file-file pdf, hanya mencapai 400 ribu judul. Kata kunci lain yang digunakan adalah "Perpres No. 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Berbasis Baterai untuk Transportasi Jalan".

Pencarian difokuskan pada artikel-artikel yang terbit di sejumlah jurnal ilmiah bereputasi. Namun selain itu, ada juga beberapa artikel pada situs-situs web yang dapat diandalkan. Dari hasil pencarian tersebut, selanjutnya akan dilakukan filtering untuk mendapatkan banyak sumber yang penting bahkan terpenting demi tuntasnya penelitian dan penulisan topik ini.

Studi ini berdasarkan ulasan dari berbagai sumber publikasi dan menggunakan data historis untuk membuat proyeksi pengembangan kendaraan listrik dengan menggunakan model energi. Berbagai instansi pemerintah dan BUMN sudah menyiapkan program pengembangan kendaraan listrik. Kementerian Perindustrian telah membuat rencana produksi dan penjualan kendaraan listrik dan ditunjukkan pada Tabel 1. Produksi mobil listrik diproyeksikan akan meningkat dari 150 ribu unit pada tahun 2020 menjadi 1,2 juta unit pada tahun 2035 atau meningkat rata-rata

sebesar 15% per tahun. Sedangkan produksi sepeda motor listrik akan meningkat dari 800 ribu unit pada tahun 2020 menjadi 4,5 juta unit pada tahun 2035 (meningkat rata-rata 12% per tahun).

Pengembangan ini harus diikuti dengan pembangunan infrastruktur charging station untuk umum atau sering disebut stasiun pengisian kendaraan listrik umum (SPKLU). PLN mengemukakan bahwa kebutuhan SPKLU pada tahun 2030 mencapai 7.146 unit. Berdasarkan sumber dari PLN perbandingan antara jumlah mobil listrik dengan jumlah SPKLU sekitar 10,29. IEA juga merangkum perbandingan tersebut dan untuk tahun 2018 sebesar 9,46 dengan tipe SPKLU 73% slow charging station dan sisanya 27% fast charging station.

#### **4. PEMBAHASAN DAN DISKUSI**

Model energi yang digunakan untuk membuat proyeksi pengembangan kendaraan listrik adalah perangkat lunak Long-range Energy Alternative Planning (LEAP). LEAP sudah banyak digunakan untuk menganalisis keseluruhan sistem energi, mulai dari sumber daya energi, proses dan konversi sampai dengan pemanfaatannya. Analisis emisi dilakukan dengan membandingkan skenario baseline (BASE) dengan skenario kendaraan bermotor listrik (KBL). Pada skenario BASE belum ada penggunaan kendaraan listrik, sedangkan untuk skenario KBL penggunaan kendaraan listrik seperti rencana pengembangan dari Kementerian Perindustrian. Analisis hanya dilakukan untuk sub-sektor transportasi darat yang merupakan aktivitas dari kendaraan listrik.

Pada tahun 2018 penggunaan energi di sektor transportasi mencapai 352,9 juta SBM yang pangasanya mencapai 40% dari total kebutuhan energi. Sub-sektor transportasi darat diperkirakan mengkonsumsi 90% dari penggunaan energi di sektor transportasi. BBM terutama bensin dan minyak solar mendominasi penggunaan energi di sub-sektor ini. Penggunaan kendaraan bermotor mencapai 146.3 juta unit dengan perincian: mobil penumpang 16.5 juta unit, bus 2.5 juta unit, truk 7.8 juta unit dan sepeda motor 119.4 juta unit [14]. Mobil penumpang dan sepeda motor untuk jangka panjang mempunyai opsi untuk menggunakan kendaraan ICE ataupun kendaraan listrik.

## **Pengembangan Kendaraan Listrik dan SPKLU**

Pada skenario BASE jumlah mobil ICE akan meningkat dari 16,5 juta unit pada tahun 2018 menjadi 56,1 juta unit pada tahun 2050 atau meningkat sebesar 3,8% per tahun. Sedangkan untuk sepeda motor ICE meningkat dari 119,4 (2018) menjadi 226,8 juta unit (2050) atau meningkat sebesar 2,0% per tahun. Pada skenario KBL mulai tahun 2020 sudah ada penggunaan mobil listrik maupun sepeda motor listrik meskipun pangsaanya masih kecil. Pada tahun 2030 jumlah mobil listrik mencapai 4,0 juta unit dan menjadi 34,0 juta unit pada tahun 2050 atau meningkat rata-rata sebesar 11,3% per tahun sehingga akan mengurangi pangsa mobil ICE. Sedangkan jumlah sepeda motor listrik mencapai 18,4 juta unit (2030) dan menjadi 112,1 juta unit (2050) atau meningkat rata-rata 9,5% per tahun.

Proyeksi jumlah mobil dan sepeda motor untuk kedua skenario ditunjukkan pada Tabel 2. Pada akhir tahun 2019, PLN sudah membangun SPKLU di 10 tempat di wilayah Tangerang, Jakarta, Bandung dan Bali (Utama, 2019). BPPT juga sudah mengoperasikan 2 unit SPKLU di dua kantor BPPT yang berada Jakarta Pusat dan Tangerang Selatan. Untuk mendukung operasional mobil listrik dan sepeda motor listrik pada skenario KBL, jumlah SPKLU diperkirakan akan mencapai 430 ribu unit pada tahun 2030 dan meningkat menjadi 3,31 juta unit pada tahun 2050.

## **Perbandingan Emisi Kendaraan**

Polusi udara yang dihasilkan oleh kendaraan ICE dapat dihitung berdasarkan parameter seperti: jumlah kendaraan, jarak tempuh, operasi efektif rata-rata dalam 1 tahun, dan faktor emisi. Penulis sudah membahas parameter tersebut, kecuali faktor emisi untuk kendaraan berbahan bakar gas (BBG). Faktor emisi kendaraan BBG diperoleh dari studi Ntziachristos dan Samaras (L. Ntziachristos, 2019). Berdasarkan data tersebut kemudian dikalibrasi ke tahun dasar 2018. Keseluruhan parameter untuk perhitungan emisi kendaraan ditunjukkan pada Tabel 3. Perbandingan emisi polutan untuk setiap skenario pada tahun 2030 dan 2050 ditunjukkan pada Tabel 4. Skenario KBL secara signifikan dapat mengurangi emisi polutan CO, NO<sub>x</sub>, HC, SO<sub>2</sub>, dan PM. Pada tahun 2030 untuk skenario

**Tabel 2.** Proyeksi Jumlah Kendaraan Listrik dan SPKLU

Juta Unit	2018	Skenario			
		2030		2050	
		BASE	KBL	BASE	KBL
Mobil ICE	16,5	25,0	21,0	56,1	22,1
Mobil Listrik	0,0	0,0	4,0	0,0	34,0
S. Motor ICE	119,4	163,3	144,9	226,8	114,7
S. Motor Listrik	0,0	0,0	18,4	0,0	112,1
Total Kendaraan	136,0	188,3	188,3	282,9	282,9
SPKLU	0,0	0,0	0,43	0,0	3,31

Keterangan: S. Motor - Sepeda Motor

**Tabel 3.** Parameter dan Koefisien Emisi Kendaraan

Parameter	Satuan	Mobil				Listrik	Sepeda Motor	
		Internal Combustion Engine (ICE)					ICE	Listrik
		Bensin	Solar	Biosolar	BBG			
Jarak Tempuh	km/tahun	14000	14000	14000	14000	14000	5000	5000
Konsumsi Energi Spesifik	km/liter	11.2	15	15	10.5	33.6	32	96
Operasi Efektif Tahunan	%	89.15	89.15	89.15	89.15	89.15	89.15	89.15
Faktor Emisi Polutan:								
CO	g/km	4.373	0.876	0.79	0.616	0	3.267	0
NOx	g/km	3.939	1.167	1.14	0.056	0	0.123	0
HC	g/km	0.448	0.121	0.06	0.035	0	0.733	0
SO <sub>2</sub>	g/km	0.06	0.86	0.688	0	0	0.03	0
PM	g/km	0	0.176	0.095	0.0011	0	0.059	0
Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	ton CO <sub>2</sub> /SBM	0.434327	0.443054	0.354443	0.342857	0*	0.434327	0*

Sumber: Diolah dari [16, 17], untuk kendaraan BBG dan listrik, konsumsi energi spesifik dalam km per lsp (liter setara premium), biosolar yang dipertimbangkan B20

**Tabel 4.** Perbandingan Emisi Polutan untuk Kedua Skenario

Emisi	Skenario	2030	2050
CO	BASE	3,689	6,241
	KBL	3,199	2,741
	% thd BASE	-13.3	-56.1
NOx	BASE	1,277	2,785
	KBL	1,067	1,042
	% thd BASE	-16.4	-62.6
HC	BASE	668	1,042
	KBL	585	484
	% thd BASE	-12.4	-53.5
SO <sub>2</sub>	BASE	51	96
	KBL	46	57
	% thd BASE	-10.3	-40.4
PM	BASE	45	64
	KBL	40	34
	% thd BASE	-10.7	-45.8

KBL dapat mengurangi emisi polutan berkisar antara 10,3% sampai 16,4% terhadap skenario BASE. Pada tahun 2050 pengurangan emisi dapat bertambah lagi menjadi sekitar 40,4% sampai 60,5% terhadap skenario BASE. Emisi GRK untuk kendaraan ICE dihitung berdasarkan bahan bakar yang digunakan dan faktor emisi. Faktor emisi GRK untuk kendaraan ICE mengacu pada faktor emisi lokal (Tier 2) hasil kajian dari Kementerian ESDM (KESDM, 2017). Emisi GRK untuk mobil listrik dan sepeda motor listrik dihitung berdasarkan metode WTW. Secara langsung menggunakan listrik tidak menghasilkan emisi GRK. Namun, listrik tersebut bila dibangkitkan dengan menggunakan energi fosil, di sisi pembangkit akan menghasilkan emisi GRK. Setiap tahun Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan mengeluarkan faktor emisi untuk jaringan listrik se Indonesia. Diasumsikan kendaraan listrik hanya digunakan di wilayah Jawa Bali. Perhitungan emisi menggunakan faktor emisi combine margin (50% build margin + 50% operating margin) untuk jaringan interkoneksi Jawa-Bali sebesar 1,11 ton CO<sub>2</sub>/MWh (Ditjen Gatrik, 2019).

Pengurangan emisi polutan dalam penggunaan kendaraan listrik ternyata tidak dibarengi dengan pengurangan emisi GRK. Skenario KBL berpotensi meningkatkan emisi GRK karena pembangkit listrik di jaringan interkoneksi Jawa-Bali masih didominasi penggunaan bahan bakar fosil. Penggunaan kendaraan listrik akan meningkatkan emisi GRK sebesar 7,0% pada tahun 2030 dan menjadi 27,1% pada tahun 2050 (Lihat Gambar 3). Program pengembangan kendaraan listrik harus diikuti dengan pengembangan pembangkit listrik yang berbasis energi terbarukan supaya dapat sejalan dengan pembangunan yang berkelanjutan.

### **Kebutuhan Energi pada Sektor Transportasi**

Energi yang digunakan untuk sektor transportasi saat ini menunjukkan kecenderungan yang rawan terhadap kelangkaan. Permintaan dan pertumbuhan permintaan energi untuk sektor transportasi di Indonesia hampir sama dengan industri. Namun permintaan jenis energi sektor transportasi masih bertumpu pada BBM sehingga membuat sektor ini sangat sensitif terhadap isu kelangkaan energi. Dengan memperhitungkan sumber energi biomassa tradisional, total konsumsi energi nasional diproyeksikan meningkat menjadi 298 juta tonnage of oil equivalent (TOE) atau setara ton minyak pada tahun 2025 dan 893 juta TOE pada tahun 2050, atau mengalami

kenaikan rata-rata sebesar 4,9% per tahun selama periode 2013. Sedangkan untuk skenario Kebijakan Energi Nasional (KEN), konsumsi pada tahun 2025 akan meningkat menjadi 253 juta TOE atau tumbuh sebesar 3,4% per tahun. Namun bila dibandingkan dengan pertumbuhan kebutuhan transportasi angka pertumbuhan tersebut tidaklah memadai (Wirabrata, 2019).

Sektor transportasi akan mengalami kelangkaan bila hanya bertumpu pada bahan bakar konvensional dan biomassa. Tidak seperti sektor pengguna lainnya, sektor transportasi sangat tergantung pada energi atau bahan tertentu, karakteristik kemanfaatan, dan karakteristik sistem. Pengguna mobil listrik telah berkembang pesat selama sepuluh tahun terakhir, dengan stok global mobil penumpang listrik melewati 5 juta pada tahun 2018, meningkat 63% dari tahun sebelumnya. Sekitar 45% dari mobil listrik di jalan pada tahun 2018 berada di Cina (total 2,3 juta) dibandingkan dengan 39% pada tahun 2017. Sebagai perbandingan, Eropa menyumbang 24% dari armada global, dan Amerika Serikat 22%. Konsumsi energi listrik untuk sektor transportasi akan melibatkan kebutuhan berbagai aspek daya listrik yang tersedia pada sistem jaringan, seperti keandalan pasokan, dukungan infrastruktur stasiun pengisian baterai, dan harga yang terjangkau untuk masyarakat luas. Gambar 1 menunjukkan gambaran data historis pasokan mobil listrik di dunia yang cenderung meningkat secara eksponensial dari tahun ke tahun. Kebijakan subsidi listrik juga telah dikurangi dengan tidak diberikannya lagi subsidi listrik terhadap 12 golongan tarif tenaga listrik sebagaimana diatur dalam Permen ESDM 31/2014. Kedua belas golongan tarif tenaga listrik tersebut mencakup untuk keperluan rumah tangga ( $\geq 1.300$  VA), bisnis ( $\geq 6.600$  VA), industri ( $\geq 200$  kVA), kantor pemerintah ( $\geq 6.600$  VA), penerangan jalan umum tegangan rendah, dan layanan khusus.

Penghapusan subsidi BBM dan listrik dapat digunakan untuk pembangunan infrastruktur dan sosial. Data historis konsumsi energi menunjukkan peningkatan dari 139 juta SBM pada tahun 2000 menjadi 256 juta SBM pada tahun 2010, atau meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 6,2% per tahun. Sedangkan Menurut data dari SKK Migas, proyeksi konsumsi energi sektor transportasi sampai dengan tahun 2030 mengalami peningkatan sekitar 4,3 kali lipat. Meskipun penggunaan BBG saat ini terus dikembangkan namun karena infrastruktur pasokannya belum memadai, maka sampai saat ini pengembangan BBG untuk

transportasi masih banyak mengalami kendala. Dari sisi penggunaan energi, mobil listrik juga lebih menguntungkan dengan kisaran efisiensi sebesar 90%. Namun karena faktor efisiensi pada pembangkit listrik hingga sampai ke pengguna berkisar sekitar 25–30%, maka total efisiensi energi pada mobil listrik berkisar antara 22,5–27%. Angka ini masih jauh lebih baik daripada kendaraan yang menggunakan mesin pembakaran dalam (internal combustion engine/ ICE) dengan efisiensi sekitar 20%. Untuk kendaraan listrik, faktor pengisian baterai adalah penting (Wirabrata, 2019).

Pengisian juga dapat terjadi dari pengereman regeneratif. Daya pengereman regeneratif dapat mencapai level daya ratusan watt hingga tingkat kilowatt pada kendaraan kecil. Batasan keselamatan juga penting diterapkan untuk menjamin pengoperasian baterai yang aman. Pengereman mekanis biasanya digunakan untuk membantu pengereman regeneratif pada EV, sebagai langkah pelengkap dan aman. Pengereman regeneratif juga merupakan upaya konservasi terhadap energi yang hilang. Ketergantungan terhadap bahan bakar minyak di sektor ini sangat tinggi. Pemanfaatan gas 21 dan bahan bakar nabati diharapkan dapat mengurangi ketergantungan dan subsidi sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan lain atau pembangunan infrastruktur.

Ada beberapa metode pengisian baterai, yaitu pertama, metode tegangan konstan, mengisi baterai pada voltase konstan. Metode ini cocok untuk semua jenis baterai dan memungkinkan untuk skema pengisian yang paling sederhana. Arus pengisian baterai bervariasi sepanjang proses pengisian. Arus pengisian dapat berukuran besar pada tahap awal dan secara bertahap turun menjadi nol saat baterai terisi penuh. Kekurangan dalam metode ini adalah persyaratan daya yang sangat tinggi pada tahap awal pengisian, yang tidak tersedia untuk sebagian besar struktur perumahan dan tempat parkir. Kedua, arus konstan pada pengisian, voltase pengisian daya pada baterai dikendalikan pada arus konstan. Bila voltase baterai mencapai titik ambang tertentu, pengisian akan berubah menjadi tegangan konstan. Biaya voltase konstan dapat digunakan untuk menjaga voltase baterai sesudahnya jika suplai pengisian direct current (DC) masih tersedia.

### **Kebijakan Pengembangan KBL**

Menurut hasil survei yang dilakukan oleh Kamar Dagang dan Industri (Kadin), beberapa faktor yang menjadi preferensi konsumen untuk beralih dari



kendaraan konvensional ke KBL antara lain: (a) harga; (b) perawatan; (c) daya tahan kendaraan; dan (d) kesiapan infrastruktur pendukung. Menurut GM Toyota Astra Motor, Fransiscus Soerjopranoto, selisih harga antara kendaraan konvensional (mesin pembakaran dalam) dan KBL relatif sama. Apabila harga keduanya relatif sama, maka pertimbangan ramah lingkungan dan irit bahan bakar tidak menjadi faktor pertimbangan bagi konsumen dalam memilih KBL. Oleh karena itu dalam percepatan konversi kendaraan konvensional ke KBL, perlu dukungan dari pemerintah berupa pemberian insentif kepada masyarakat dan industri KBL lokal. Menurut Plt. Dirut PT. PLN, Sripeni Inten Cahyani, kesiapan PLN dalam mendukung KBL dilakukan dengan penyiapan infrastruktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU).

Pemerintah melalui PLN memberikan insentif kepada masyarakat berupa diskon tambah daya listrik sebesar 75% bagi pemilik motor listrik dan diskon 100% atau gratis bagi pemilik mobil listrik, agar pemilik kendaraan listrik bisa menggunakan station charging di rumahnya masing-masing tanpa kendala daya listrik. Sebagai upaya sosialisasi KBL, Kementerian Perhubungan berencana menyewa sekitar 100 unit yang akan dipergunakan pada internal kementerian, yang akan diikuti oleh kementerian lain. Sebagai komparasi kebijakan KBL di negara lain, menurut Menteri Perdagangan Airlangga Hartarto, Pemerintah China telah memberikan insentif berupa subsidi harga atas kendaraan-kendaraan tanpa emisi. Besarnya subsidi yang dikeluarkan oleh pemerintah sebesar Rp133 juta per unit. Selain insentif harga, Pemerintah China membebaskan PPN dan registrasi.

## **5. PENUTUP**

Kendaraan listrik dapat membantu untuk mengatasi masalah polusi udara di perkotaan. Pengembangan mobil listrik dan sepeda motor listrik memiliki potensi menurunkan emisi polutan (CO, NO<sub>x</sub>, HC, SO<sub>2</sub>, dan PM) yang cukup signifikan. Skenario KBL dapat mengurangi emisi polutan berkisar antara 10,3% sampai 16,4% pada tahun 2030 dan meningkat menjadi sekitar 40,4% sampai 60,5% pada tahun 2050 terhadap skenario BASE. Pengurangan emisi dapat bertambah lagi terhadap skenario BASE. Pengembangan kendaraan listrik belum berperan dalam mengurangi emisi GRK di masa depan. Penggunaan mobil listrik dan sepeda motor listrik akan meningkatkan emisi GRK sebesar 7,0% pada tahun 2030 dan meningkat menjadi

27,1% pada tahun 2050. Emisi GRK dari kendaraan listrik tergantung dari pembangkit listrik yang digunakan. Bila pembangkit listrik menggunakan energi terbarukan maka kendaraan listrik dapat secara signifikan mengurangi emisi GRK.

Dengan terbitnya Perpres No. 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Berbasis Baterai untuk Transportasi Jalan, pemerintah berkomitmen dalam pengembangan sistem energi transportasi yang mengarah pada kebijakan kendaraan berbasis listrik (KBL). Yang mendasari komitmen pemerintah untuk peralihan kendaraan konvensional ke KBL disebabkan oleh teknologi baru atas energi transportasi untuk mengantisipasi proyeksi permintaan bahan bakar minyak yang semakin besar. Dampak utama dari peralihan massal transportasi jalan raya ke mobil listrik adalah terjadinya peningkatan kebutuhan energi listrik dalam skala besar.

Pengembangan kendaraan listrik harus disertai dengan peningkatan pembangkit berbasis energi terbarukan sesuai dengan komitmen pemerintah Indonesia dalam menurunkan target emisi GRK di masa depan. Hal ini dapat diterapkan dengan memasang modul surya sebagai sumber daya listrik pada suatu SPKLU, sehingga akan mengurangi faktor emisi yang disebabkan jaringan pembangkit. Pengembangan ini diharapkan dapat disertai dengan tumbuhnya industri dalam negeri yang dapat mengolah sumber daya alam, seperti: nikel, kobalt, dan material lainnya untuk komponen kendaraan listrik produksi dalam negeri. Indonesia diharapkan dapat berperan aktif dalam rantai pasokan kendaraan listrik yang berdampak positif terhadap perekonomian nasional.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, M., Oda, T., & Kashiwagi, T. (2015). Extended Utilization of Electric Vehicles and their Re-used Batteries to Support the Building Energy Management System. *Energy Procedia*, 75(August 2015), 1938–1943. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.226>
- Aziz, M., Oda, T., Mitani, T., Watanabe, Y., & Kashiwagi, T. (2015). Utilization of electric vehicles and their used batteries for peak-load shifting. *Energies*, 8(5), 3720–3738. <https://doi.org/10.3390/en8053720>
- Burhan, F. A. (2020). *Resmi Beroperasi, Mobil Listrik Grab Baru Layani Bandara Soetta*. Katadata.co.id. <https://katadata.co.id/ameidyonasution/digital/5e9a498f166f2/resmi-beroperasi->

mobil-listrik-grab-baru-layani-bandara-soetta#:~:text=Grab hari Senin (27%2F1,(HMI) yakni GrabCar Electric.

- Climate Action Tracker. (2019). *Scaling up climate action—Key opportunities for transitioning to a zero emissions society—Indonesia Full Report*. Indonesia. <https://climateactiontracker.org/publications/scalingupindonesia/>
- CNN. (2019). *PLN Sebut Populasi Mobil Listrik di Jakarta Cuma Puluhan Unit*. CNN Indonesia. <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20191010185723-384-438526/pln-sebut-populasi-mobil-listrik-di-jakarta-cuma-puluhan-unit>
- Ditjen Gatrik. (2019). *Nilai Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan Tahun 2018*.
- Elias, S. a. (2017). Climate change and energy. In *Encyclopedia of the Anthropocene* (Vols. 1–5, Issue December). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.10515-4>
- KESDM. (2017). *Kajian Penggunaan Faktor Emisi Lokal (Tier 2) dalam Inventarisasi GRK Sektor Energi*.
- KLHK. (2019). *Indeks Kualitas Lingkungan Hidup 2018*.
- Kumara, N. S. (2008). Tinjauan Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang. *Transmisi*, 10(2), 89–96 – 96. <https://doi.org/10.12777/transmisi.10.2.89-96>
- L. Ntziachristos, Z. S. (2019). *Air pollutant emission inventory guidebook*.
- Li, W., Stanula, P., Egede, P., Kara, S., & Herrmann, C. (2016). Determining the Main Factors Influencing the Energy Consumption of Electric Vehicles in the Usage Phase. *Procedia CIRP*, 48, 352–357. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.014>
- Mitani, T., Aziz, M., Oda, T., Uetsuji, A., Watanabe, Y., & Kashiwagi, T. (2017). Annual assessment of large-scale introduction of renewable energy: Modeling of unit commitment schedule for thermal power generators and pumped storages. *Energies*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/en10060738>
- Nurhadi, N., & Malang, P. N. (2018). *Pengembangan Sepeda Motor Listrik Sebagai Sarana Transportasi*. January.
- R. Iskana. (2019). *Kualitas Udara Buruk, Jakarta Peringkat Ketiga Kota Terpolusi di Dunia*. Katadata.co.id.
- Republic of Indonesia. (2016). *First Nationally Determined Contribution Submitted to UNFCCC. November 2016*. [https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Indonesia First/First NDC Indonesia\\_submitted to UNFCCC Set\\_November 2016.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Indonesia%20First/First%20NDC%20Indonesia_submitted%20to%20UNFCCC%20Set_November%202016.pdf)

Setiawan, I. C., Indarto, & Deendarlianto. (2019). Reducing CO2 Emissions from Land Transport Sector in Indonesia: Case Study Automobiles Sector. *Journal of Physics: Conference Series*, 1167(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1167/1/012008>

UCLG. (2018). *Tujuan Pembangunan Berkelanjutan yang Perlu Diketahui Pemerintah Daerah*.

Utama, W. (2019). *PLN Klaim Sudah Bangun 10 Titik SPKLU di Indonesia*. <https://otomotif.tempo.co/read/1268767/pln-klaim-sudah-bangun-10-titik-spklu-di-indonesia/full&view=ok>

Wirabrata, A. (2019). Percepatan Program Kendaraan. *Bidang Ekonomi Dan Kebijakan Publik.y*