

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
TEKNOLOGI BAHAN DAN BARANG TEKNIK
2020

**“TEKNOLOGI PENYIMPAN ENERGI UNTUK MENDUKUNG PEMBANGUNAN
INDUSTRI KENDARAAN LISTRIK NASIONAL”**

DEWAN PENGARAH, MITRA BESTARI, DEWAN PENYUNTING DAN KOMITE

DEWAN PENGARAH

Ir. Enuh Rosdeni, M.Eng (Ketua)
Ir. Dudung (Anggota)
Ir. Kosasih (Anggota)
Elis Sofianti, S.Si., MT. (Anggota)
Ni Made Parmiasih, ST., MT. (Anggota)
Azis Yuniarto, SE., M.SE. (Anggota)

MITRA BESTARI

Afriyanti Sumboja, Ph.D (Institut Teknologi Bandung)
Umar Ali Ahmad, Ph.D (Universitas Telkom)
Gunawan Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

DEWAN PENYUNTING

Mas’ud Adhi Saputra, ST., MT. (Ketua)
Devic Oktora, ST. (Sekretaris)
Najmuddin Yahya, ST. (Anggota)
Irawan Saptanu Adji, S.Kom (Anggota)

KOMITE

Dr. Sih Wuri Andayani (Ketua)
Rian Trijayana, S.Kom (Wakil Ketua)
Jumail Soba, ST., MT. (Sekretaris)
Harry Setyo Wibowo, M.T. (Sekretaris)
Galih Ginanjar, S.Si., MT. (Anggota)
Alfiz Muhammad Qizwini, ST. (Anggota)
Febrian Dwi Surya, ST. (Anggota)
Teguh Iryanto, ST. (Anggota)
Cecep Ahmad Zein Firdaus (Anggota)
Alia Dinda Lestari, S.E. (Anggota)
Toni Agung Priambodo, ST. (Anggota)
Drs. Tatto Bustomi, MT. (Anggota)
Ir. Budi Tjahjohartoto (Anggota)
Gaos Abdul Karim, S.Si., M.Si. (Anggota)

DITERBITKAN OLEH :

**BALAI BESAR BAHAN DAN BARANG TEKNIK
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA**

Jl. Sangkuriang No. 14 Bandung
Telp/Fax: 022-2504088 / 2502027
Website: seminar.b4t.go.id / Email : seminar@b4t.go.id

ISBN 978-623-92491-1-3

PENGEMBANGAN KENDARAAN LISTRIK BATERAI DAN INFRASTRUKTUR *CHARGING STATION* DI INDONESIA: PERAN DALAM MENGURANGI EMISI

BATTERY ELECTRIC VEHICLE AND CHARGING STATION INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN INDONESIA: THE ROLE IN REDUCING EMISSIONS

Ira Fitriana^{1)*}, Agus Sugiyono¹⁾, Adiarso¹⁾, dan Kholid Akhmad²⁾

¹⁾ Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi

²⁾ Balai Besar Teknologi Konversi Energi

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Kluster Inovasi dan Bisnis Teknologi, Gedung 720, Puspiptek, Tangerang Selatan

*Email: ira.fitriana@bppt.go.id.

ABSTRAK

Pemerintah mendorong pengembangan kendaraan listrik dan infrastruktur *charging station* melalui Peraturan Presiden No. 55/2019. Kendaraan listrik baterai mempunyai kelebihan dibandingkan dengan kendaraan berbasis *internal combustion engine* (ICE) dalam mengurangi polusi udara dan emisi GRK. Kendaraan ICE yang menggunakan energi fosil akan menghasilkan polusi udara akibat emisi gas buang, seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidro karbon (HC), sulfur dioksida (SO₂), dan *particulate matter* (PM₁₀) yang berdampak lokal serta emisi GRK yang berupa karbon dioksida (CO₂) yang berdampak global. Kendaraan listrik cocok untuk mengatasi masalah polusi udara, terutama di daerah perkotaan. Untuk perhitungan emisi GRK tidak cukup dari sisi emisi mobil listrik saja karena berdampak global, tetapi harus diperhitungkan untuk seluruh mata rantai energi termasuk produksi listrik. Metode perhitungan emisi yang relevan untuk keperluan tersebut adalah *analysis well to wheel* (WTW). Peran kendaraan listrik dalam mengurangi polusi udara dan emisi GRK dapat dianalisis berdasarkan skenario pengembangan kendaraan listrik untuk jangka panjang. Kendaraan listrik dapat mengurangi emisi polutan (CO, NO_x, HC SO₂, dan PM) berkisar antara 40,4% sampai 60,5% pada tahun 2050, namun akan meningkatkan emisi GRK sebesar 27,1%. Peran kendaraan listrik dalam mengurangi emisi GRK tergantung dari tingkat emisi GRK dari pembangkit listrik yang digunakan.

Kata Kunci: kendaraan listrik, *charging station*, emisi.

ABSTRACT

The government is encouraging the development of electric vehicles and charging station infrastructure through Presidential Regulation No. 55/2019. Battery electric vehicles have advantages compared to internal combustion engines (ICE) based vehicles on reducing air pollution and GHG emissions. ICE vehicles that use fossil energy will produce air pollution due to exhaust gas emissions, such as carbon monoxide (CO), nitrogen oxide (NO_x), hydrocarbon (HC), sulfur dioxide (SO₂), and *particulate matter* (PM₁₀) which have local impacts and GHG emissions in the form of carbon dioxide (CO₂) which have global impacts. Electric vehicles are suitable for overcoming the problem of air pollution, especially in urban areas. For the calculation of GHG emissions it is not enough in terms of electric car emissions alone because it has a global impact, but must be taken into account for the entire energy chain including electricity production. The method of calculating emissions that is relevant for this purpose is the *well to wheel* (WTW) analysis. The role of electric vehicles in reducing air pollution and GHG emissions can be analyzed based on the scenario of developing electric vehicles for the long term. Electric vehicles can reduce pollutant emissions (CO, NO_x, HC SO₂, and PM) ranging from 40.4% to 60.5% in 2050, but will increase GHG emissions by 27.1%. The role of electric vehicles in reducing GHG emissions depends on the level of GHG emissions from the power plant used.

Keywords: electric vehicle, *charging station*, emission.

PENDAHULUAN

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 [1]. 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 (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂)

dari hasil pengukuran kualitas udara ambien. Sebanyak 32 provinsi mengalami penurunan IKU, dengan Provinsi Banten dan DKI Jakarta yang mempunyai predikat IKU kurang baik [2]. 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 [3]. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta, sumber polusi yang terbesar berasal dari transportasi darat (75%) dan sisanya dari pembangkit listrik serta industri [4]. 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 [5][6]. Pada Januari 2020 Grab meluncurkan 20 mobil listrik hasil kerja sama dengan Hyundai Motor Indonesia [7]. 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.

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
			(Ribu Unit)	150	400	750	1.200
		LCGC*	(%)	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*

METODOLOGI

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) [8]. 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 [9]. Berdasarkan sumber dari PLN perbandingan antara jumlah mobil listrik dengan jumlah SPKLU sekitar 10,29. IEA [10] juga merangkum perbandingan tersebut dan untuk tahun 2018 sebesar 9,46 dengan tipe SPKLU 73% *slow charging station* dan sisanya 27% *fast charging station*. Untuk jangka panjang perbandingan tersebut diperkirakan semakin besar karena menggunakan teknologi SPKLU yang lebih maju. Saat ini Pemerintah sudah mengembangkan beberapa SPKLU dengan tipe AC Charger untuk mengakomodir perkembangan Kendaraan Berbasis Baterai, yang terpasang di beberapa Instansi Pemerintah dan Bangunan Komersial (Mall).

Bahan bakar yang digunakan untuk kendaraan bermotor saat ini masih didominasi oleh bahan bakar fosil. Pembakaran bahan bakar fosil akan menghasilkan polusi udara akibat emisi gas buang, seperti: karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidro karbon (HC), SO₂, dan *particulate matter* (PM) yang berdampak lokal dan menghasilkan emisi GRK yang berupa karbon dioksida (CO₂) yang berdampak global. Kendaraan listrik menghasilkan polusi udara yang jauh lebih sedikit dan dapat dikatakan mendekati nol bila dibandingkan dengan kendaraan berbasis *internal combustion engine* (ICE). Kendaraan listrik cocok untuk mengatasi masalah polusi udara, terutama di daerah perkotaan.

Perhitungan emisi GRK tidak cukup dilihat

dari sisi emisi mobil listrik saja karena bersifat global. Emisi GRK harus dihitung dari keseluruhan mata rantai energi untuk memproduksi listrik [11]. Metode untuk perhitungan emisi yang relevan untuk keperluan tersebut adalah *well to wheel* (WTW). Analisis emisi dengan metode WTW berbeda dari *life cycle analysis* yang memerlukan data yang sangat lengkap dan sulit diperoleh. WTW terdiri atas dua tahap yaitu analisis *well to tank* (WTT) dan *tank to wheel* (TTW) seperti ditunjukkan pada Gambar 1. WTW sudah mempertimbangkan keseluruhan emisi sepanjang mata rantai produksi listrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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 [12]. 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 [8]. 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 pangsanya mencapai 40% dari total kebutuhan energi [13]. 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 [15]. 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.

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)					Listrik	ICE	Listrik
		Bensin	Solar	Biosolar	BBG			Bensin	
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 ₂	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 ₂	ton CO ₂ /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

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. Wirawan [16] sudah membahas parameter tersebut, kecuali faktor emisi untuk kendaraan berbahan bakar gas (BBG). Faktor emisi kendaraan BBG diperoleh dari studi Ntziachristos dan Samaras [17]. Berdasarkan data tersebut kemudian dikalibrasi ke tahun dasar 2018. Keseluruhan parameter untuk perhitungan emisi kendaraan ditunjukkan pada Tabel 3.

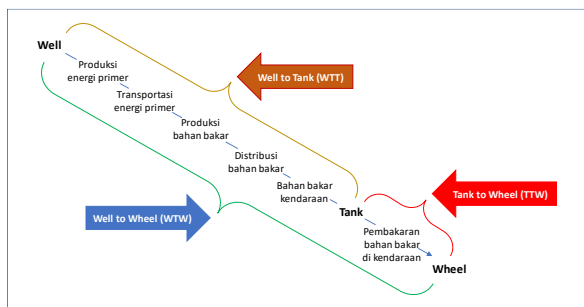
Tabel 4. Perbandingan Emisi Polutan untuk Kedua Skenario

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 ₂	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

Perbandingan emisi polutan untuk setiap skenario pada tahun 2030 dan 2050 ditunjukkan pada Tabel 4. Skenario KBL secara signifikan dapat mengurangi emisi polutan CO, NOx, HC, SO₂, dan PM. Pada tahun 2030 untuk skenario

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 [18]. 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 CO₂/MWh [19].



Gambar 1. Emisi GRK untuk Kedua Skenario

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.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

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_x, HC, SO₂, 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.

Saran

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.

KONTRIBUSI PENULIS

Semua penulis berkontribusi sama dalam penulisan naskah ini. Semua penulis mendiskusikan data, hasil dan implikasinya serta memberikan komentar pada semua tahapan penulisan naskah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] UCLG, *Tujuan Pembangunan Berkelanjutan yang Perlu Diketahui*

- Pemerintah Daerah, United Cities and Local Governments*, 2018.
- [2] KLHK, *Indeks Kualitas Lingkungan Hidup 2018*, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta, 2019.
- [3] R. Iskana, Kualitas Udara Buruk, Jakarta Peringkat Ketiga Kota Terpolusi di Dunia, [Online]. Available: *katadata.co.id*, diakses 08 September 2019.
- [4] A. B. Sarasa, Buruknya Kualitas Udara Jakarta Disebabkan oleh Banyak Faktor, [Online]. Available: *Sindo News, jabar.sindonews.com*, diakses 17 Agustus 2019.
- [5] CNN, PLN Sebut Populasi Mobil Listrik di Jakarta Cuma Puluhan Unit. CNN Indonesia, [Online]. Available: *cnnindonesia.com*, diakses 10 Oktober 2019.
- [6] Kompas, Sudah Bebas Pajak, Jumlah Kendaraan Listrik di Jakarta Belum Banyak, [Online]. Available: *otomotif.kompas.com*, diakses 03 Februari 2020.
- [7] F.A. Burhan, Resmi Beroperasi, Mobil Listrik Grab Baru Layani Bandara Soetta, [Online]. Available: *katadata.co.id*, diakses 27 Januari 2020.
- [8] Kemenperin, Harmonisasi Program LCEV Terhadap Perkembangan Teknologi Power Train di Dunia, Dipresentasikan dalam *Seminar Future Train Technology Scenario*, GIIAS, 25 Juli 2019.
- [9] D. Andi, Sepanjang tahun ini PLN menargetkan dapat membangun 168 SPKLU di Indonesia, [Online]. Available: *industri.kontan.co.id*, diakses Jumat, 31 Januari 2020.
- [10] IEA, *Global EV Outlook 2019: Scaling-up the transition to electric mobility*, International Energy Agency, Paris, May 2019.
- [11] EU, Well-to-Wheels Analysis, *ec.europa.eu/jrc/en/jec/activities/wtw*, European Union Science Hub, access June, 6, 2020,
- [12] N.H. Mirjat, M.A. Uqaili, K. Harijan, G.D. Walasai, M.A.H. Mondal, H. Sahin, *Long-Term Electricity Demand Forecast and Supply Side Scenarios for Pakistan (2015-2050): A LEAP Model Application for Policy Analysis*, Energy, Vol. 165, Part B, p. 512-526, 15 December 2018.
- [13] MEMR, *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2018*, Final Edition, Ministry of Energy and Mineral Resources, 2018, Jakarta.
- [14] BPS, *Statistik Indonesia 2019*, Badan Pusat Statistik, 2019.
- [15] W. Utama, PLN Klaim Sudah Bangun 10 Titik SPKLU di Indonesia, [Online]. Available: *Tempo*, diakses 6 November 2019.
- [16] S.S. Wirawan, "External Cost Analysis of Biodiesel Utilization for Transportation Sector: Case Study Jakarta", Dissertation, Bogor Agricultural University, 2009.
- [17] L. Ntziachristos, Z. Samaras, *Air pollutant emission inventory guidebook*, European Environmental Agency, 2019.
- [18] KESDM, *Kajian Penggunaan Faktor Emisi Lokal (Tier 2) dalam Inventarisasi GRK Sektor Energi*, Kementerian ESDM, Jakarta, 2017.
- [19] Ditjen Gatrik, *Nilai Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan Tahun 2018*, Direktorat Jenderal Ketengalistrikan, 2019.