

Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon

Cakrawati Sudjoko^{1*}

¹Departemen Ketahanan Energi, Universitas Pertahanan Indonesia, IPSC Area, Sentul

*Penulis Korespondensi

Email : cakrawati.sudjoko@gmail.com

Abstrak

Penggunaan kendaraan di Indonesia saat ini semakin meningkat, baik kendaraan roda dua maupun roda empat. Dalam mendukung ketahanan energi dalam sektor transportasi saat ini pemerintah mendukung perkembangan kendaraan listrik guna mendukung tercapainya energi yang bersih dan ramah lingkungan. Saat ini Kendaraan listrik dijadikan solusi alternatif yang sedang dikembangkan dalam mendukung energi yang lebih bersih dan ramah lingkungan dan mengurangi polusi dan emisi gas buang akibat penggunaan bahan bakar minyak pada kendaraan bermotor. Saat ini kendaraan listrik semakin banyak dikembangkan. Kendaraan listrik menjadi salah satu solusi dalam mengantisipasi dampak krisis energi. Dengan menggunakan mobil listrik tentunya juga akan mampu menciptakan teknologi yang ramah lingkungan karena polusi udara akan berkurang. Mendukung kebijakan paris agreements dan mengurangi emisi karbon di sektor transportasi, industri baterai dan mobil listrik di Indonesia sedang melakukan tahap percepatan dalam perkembangannya. Penulis mencoba membahas mengenai strategi yang berkaitan dengan rantai pasokan Mobil listrik dan analisis menggunakan penerapan Plan-Do-Check-Act (PDCA) terkait pengurangan emisi karbon melalui penggunaan mobil listrik. Salah satunya adalah analisis mengenai kebijakan pemerintah terhadap mobil listrik. Penelitian menunjukkan bahwa dengan penggunaan kendaraan listrik dapat mengurangi emisi karbon dan menjadi solusi yang ramah lingkungan dalam penggunaan energi di sektor transportasi.

Kata Kunci: Baterai; Emisi Karbon; Kendaraan Listrik; Strategi

PENDAHULUAN

Perubahan iklim telah menjadi permasalahan serius dan menjadi perhatian penting bagi beberapa negara. Penggunaan energi alternatif saat ini sangat diperlukan dalam mengurangi emisi karbon dan mendukung adanya ketahanan energi sekarang dan masa mendatang yang berbasis ramah lingkungan. Saat ini penggunaan energi yang terus menerus digunakan dapat memberikan berbagai macam ancaman salah satunya yaitu krisis energi dan pencemaran lingkungan berupa emisi karbon yang menjadi faktor penyebab dari perubahan iklim. Menurut laporan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) menyatakan bahwa kegiatan manusia menyebabkan percepat kenaikan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Akumulasi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan panas berlebih diserap oleh gas rumah kaca di atmosfer. Kelebihan panas yang terperangkap inilah yang kemudian menyebabkan temperatur bumi meningkat.

Perubahan iklim merujuk pada adanya perubahan pada iklim yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh kegiatan manusia yang mengubah komposisi atmosfer

global dan juga terhadap variabilitas iklim alami yang diamati selama periode waktu tertentu (IPCC, 2007). Penyebab utama Perubahan iklim adalah efek gas rumah kaca (*Greenhouse effect*). Kementerian Lingkungan Hidup (2012) menyatakan bahwa gas rumah kaca (GRK) dapat terdiri dari berbagai macam susunan gas diantaranya : CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆. Dari semua jenis gas tersebut, GRK utama ialah CO₂, CH₄, dan N₂O. Dari ketiga jenis gas ini, yang paling banyak kandungannya di atmosfer ialah CO₂ (karbondioksida) (Kementerian lingkungan hidup, 2012).

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. Berdasarkan total emisi CO₂ yang dilepaskan, terdapat 3 komponen yang paling berpengaruh terhadap tingginya emisi tersebut yaitu sektor listrik (42%), transportasi (23%), dan perumahan (6%). Saat ini pemerintah sedang 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 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. Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) adalah suatu langkah percepatan yang dilakukan guna mewujudkan implementasi kendaraan listrik di Indonesia sesuai dengan target yang sudah direncanakan. Dengan adanya KBLBB maka memberikan solusi dan dapat membantu pemerintah dalam melakukan penghematan biaya energi dan ketergantungan import BBM, sebagai alat transportasi yang bebas polusi dan ramah lingkungan, serta solusi alternatif dalam mendukung pengurangan Emisi di Indonesia.

Berkaitan dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) dengan salah satu tujuan Indonesia dalam memiliki prioritas strategi pembangunan terutama yang berkaitan dengan lingkungan yaitu energi bersih, dan upaya menangani perubahan iklim, komitmen Indonesia untuk menargetkan pengurangan emisi CO₂ 29% - 41% pada tahun 2030. Penggunaan mobil listrik dapat menjadi solusi terhadap isu permasalahan lingkungan saat ini dikarenakan penggunaan teknologi dan sumber yang ramah lingkungan. Selain itu, penggunaan kendaraan listrik dapat mengantisipasi timbulnya dampak dari krisis energi dan dapat mengurangi polusi udara. Sehingga dengan penggunaan mobil listrik dapat menjadi alternatif dalam sektor transportasi yang berkelanjutan dan mendukung program *Sustainable Development Goals* (SDGs) di Indonesia. Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis tertarik untuk menulis mengenai Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan sebagai Solusi untuk Mengurangi Emisi Karbon.

METODE

A. Material dan Instrumen

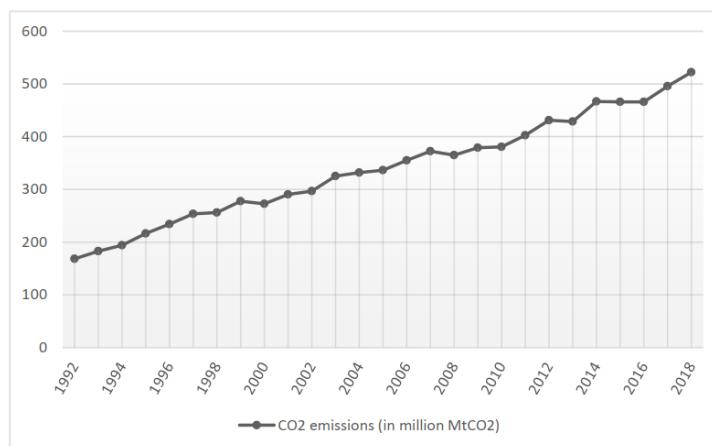
Penelitian ini akan dilakukan menggunakan metode Kualitatif. Teknik pengumpulan data menggunakan data sekunder yaitu berupa analisa deskriptif berbagai referensi jurnal, buku, laporan, internet dan lainnya. Dalam pembahasan penelitian mengkaji mengenai Material Baterai dan *supply chain* kendaraan listrik di Indonesia. Peneliti akan membahas dari sisi strategi pemanfaatan kendaraan listrik dalam rangka mengurangi emisi karbon menggunakan PDCA. PDCA adalah singkatan dari *Plan, Do, Check* dan *Act*, yaitu siklus peningkatan proses (*process improvement*). Suatu proses pemecahan masalah empat langkah yang umum digunakan dalam pengendalian kualitas adalah PDCA, singkatan dari "*Plan, Do, Check, Act*" (Rencanakan, Kerjakan, Pemeriksaan, Tindak lanjut). Lalu dikaitkan dengan kebijakan dan dukungan pemerintah dalam rencana mengembangkan kendaraan listrik sebagai langkah untuk mengurangi emisi karbon dimana nanti akan menghasilkan saran-saran yang dapat meningkatkan kualitas penggunaan kendaraan listrik yang ramah lingkungan

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Permasalahan Emisi Karbon terhadap Lingkungan

Kerusakan lingkungan yang semakin buruk merupakan dampak yang dihasilkan dari adanya limbah yang tidak ditanggulangi secara benar. Saat ini lingkungan sudah menjadi perhatian penting bagi setiap kalangan. Hal ini dikarenakan kelestarian lingkungan merupakan salah satu faktor terciptanya pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable*), dan tidak terkecuali dalam hal pengurangan emisi CO₂ yang menjadi salah satu penyebabnya. Namun pada kenyataannya, intensitas emisi CO₂ di Indonesia selalu meningkat di setiap tahunnya. Hal tersebut didukung oleh laporan Enerdata (2019) yang dapat dilihat pada Gambar 1 yang menunjukkan bahwa trend pertumbuhan emisi CO₂ di Indonesia terus meningkat, di mana di tahun 1992 emisi CO₂ hanya sebesar 168,32 juta Metrik ton, kemudian meningkat di tahun 2018 menjadi 522,23 juta Metrik ton. Lonjakan peningkatan emisi CO₂ ini tentunya dapat memicu terjadinya pemanasan global dan memperburuk keadaan lingkungan di Indonesia.

Berdasarkan grafik pada gambar 1, dapat dilihat bahwa tingginya emisi CO₂ jelas membuktikan bahwa sumber emisi CO₂ yang masih berasal dari sumber energi yang dominan berasal dari penggunaan bahan bakar fosil dapat memberikan kontribusi nyata terhadap kerusakan lingkungan. Menurut data kementerian lingkungan hidup terdapat berbagai faktor yang menyebabkan adanya emisi GRK salah satunya adalah dari sektor energi yang memberikan kontribusi besar pendukung adanya kenaikan emisi GRK, seperti dijelaskan pada tabel 1 mengenai jumlah emisi yang dihasilkan dari sektor energi.



Gambar 1. Intensitas Emisi CO₂ di Indonesia (Enerdata, 2019).

Tabel 1. Emisi GRK dari Sektor Energi tahun 2010-2017 (Gg CO₂e) (KLHK, 2009)

Sumber Emisi GRK di sektor energi	Jumlah Emisi (Gg CO ₂ e)							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tipe Bahan Bakar								
1. Bahan Bakar Cair	210,441	243,878	262,190	255,883	271,569	223,560	220,606	215,526
2. Bahan Bakar Padat	159,328	188,518	194,681	154,837	187,476	205,753	214,607	226,794
3. Bahan Bakar Gas	85,083	85,797	85,302	90,935	96,795	101,106	105,334	99,018
Total dari tipe bahan bakar	454,853	518,194	542,172	501,655	555,840	530,420	540,547	541,338
Jenis Sektor Energi								
1. Industri Energi	144,526	173,803	187,631	189,860	223,213	226,278	246,851	258,041
2. Pengolahan	133,062	149,044	142,597	92,072	96,422	108,201	87,933	87,932
3. Transportasi	108,264	117,570	139,271	143,243	141,520	129,187	136,405	147,230
4. Komersial	3,793	3,462	4,306	4,103	3,834	4,413	2,918	3,182
5. Perumahan	28,299	28,674	29,663	31,313	32,303	32,720	33,164	34,863
6. Tidak ditentukan	12505	11,848	14,670	13,501	12,443	14,258	8,853	9,095
7. Proses Pembakaran	430,449	484,401	518,139	474,092	509,734	515,056	516,124	540,342
8. Lainnya	22,786	22,955	22,280	21,938	21,408	21,250	21,901	21,901
Total Emisi	453,235	507,357	540,419	496,030	531,142	536,306	538,025	562,244

Pertumbuhan ekonomi mendorong penggunaan energi dan sumber daya alam lainnya secara intensif dan sebagai hasilnya lebih banyak residu dan limbah yang dibuang ke alam yang dapat menyebabkan degradasi lingkungan. Karbon dioksida (CO₂) dianggap sebagai sumber utama efek rumah kaca dan telah menarik perhatian besar dalam beberapa tahun terakhir. Sebagian besar emisi CO₂ berasal dari konsumsi bahan bakar fosil seperti batu bara,

minyak dan gas, kekuatan utama sumber mobil dan industri yang secara langsung terkait dengan pertumbuhan ekonomi dan pengembangan (Hossain, 2012). Berdasarkan data dari *World Development Indicator*, jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan oleh Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan emisi CO₂ ini berbanding lurus dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia. Pada tahun 2018 berdasarkan data BPS jumlah kendaraan bermotor yang ada di Indonesia telah mencapai angka 146 juta unit. Sektor transportasi sangat bergantung pada energi. Sebagian besar produk otomotif yang digunakan di sektor transportasi menggunakan Bahan Bakar Minyak (BBM) sebagai sumber energi. Penggunaan bahan bakar sebagai sumber energi tidak lepas dari emisi CO₂ (Eldewisa dalam Dewita, 2021). Berdasarkan gambar diatas sektor transportasi saat ini masih banyak memberikan emisi CO₂ karena bahan bakar dan teknologi transportasi yang masih menggunakan system konvensional dianggap masih kurang ramah lingkungan. Hal ini menyebabkan berbagai peneliti mencari alternatif sumber energi lain dalam mendukung inovasi energy dan mengurangi emisi yang lebih ramah lingkungan.

B. Kebijakan dan Upaya Pemerintah dalam Menurunkan Emisi Karbon

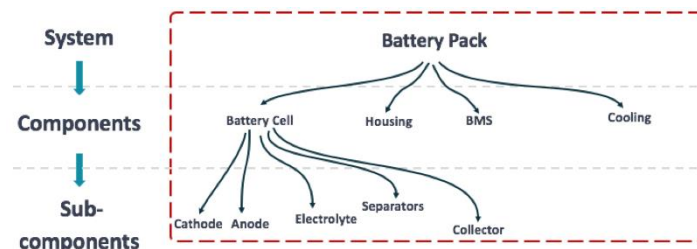
Indonesia saat ini juga berupaya dalam memerangi kondisi perubahan iklim. Berbagai upaya dilakukan dan salah satu langkah besar Indonesia dalam menjaga kondisi lingkungan dan melawan perubahan iklim adalah dengan meluncurkan Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RANGRK) pada tahun 2011 yang tertuang dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 dan Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API) yang dirilis pada tahun 2014. Dibalik langkah tersebut, sejatinya juga Indonesia memiliki misi nasional bersama dengan pihak internasional yang tertuang dalam *Kyoto Protocol* untuk menciptakan *greenhouse strategy* di bidang energi, termasuk di dalamnya adalah bidang energi listrik, dan melakukan pengoptimalan kendaraan listrik sebagai upaya mengurangi emisi karbon di sector transportasi

Target penurunan emisi yang dikontribusikan Indonesia pada saat KTT Perubahan Iklim di Paris tahun 2015 adalah penurunan emisi sebesar 29% dari business as usual. Dalam komitmen penurunan emisi GRK sampai tahun 2020, lebih dari 80% target penurunan emisi bertumpu pada sektor kehutanan dan lahan gambut. Sementara itu, pada komitmen 2030, penurunan emisi akan lebih mengandalkan pada kegiatan berbasis energi, yaitu pembangkitan energi, penggunaan energi baik di sektor transportasi, industri maupun penggunaan energi di tingkat rumah tangga. Target penurunan emisi di sektor berbasis lahan hanya mencapai sekitar 40% dan target penurunan emisi dari sektor berbasis energi menjadi sekitar 60%-nya. Langkah ini sejalan dengan perkiraan perkembangan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kesejahteraan masyarakat, sehingga perkiraan kebutuhan dan peningkatan penyediaan energi, transportasi masyarakat seiring dengan meningkatnya populasi dan mobilitas masyarakat dan perkembangan industri. Langkah penurunan emisi tersebut merupakan langkah yang berkesinambungan dan sudah tercantum dalam RPJMN 2015-2019. Capaian target penurunan emisi di berbagai bidang/sector pembangunan akan

berpeluang besar terjadi, terutama apabila didukung oleh keberhasilan dalam penerapan Ekonomi Hijau.

C. Nikel sebagai komponen bahan baku baterai Mobil Listrik

Baterai adalah salah satu komponen mobil listrik yang sangat penting, baterai digunakan sebagai sumber arus untuk seluruh sistem kelistrikan serta sebagai tempat untuk menyimpan energi. Baterai berfungsi untuk mensuplai arus listrik pada saat sistem starter agar mesin dapat dihidupkan, lampu-lampu dan komponen-komponen kelistrikan lainnya. (Indah, dkk., 2019). Baterai Lithium merupakan salah satu tipe baterai yang sering digunakan dalam media penyimpanan energi listrik. Tipe baterai ini memiliki kemampuan penyimpanan dengan kepadatan energi yang tinggi, tegangan potensial *open circuit* tinggi, pengisian energi cepat, *self discharge* rendah, dan ramah lingkungan. Salah satu contoh dari baterai tipe lithium adalah lithium polymer (Prasetyo, dkk., 2020). Dengan tingginya kebutuhan nikel baterai, posisi Indonesia dalam industri nikel global menjadi penting. Hal itu terlihat dari besarnya deposit nikel Indonesia sehingga membuat para produsen baterai kendaraan listrik berencana dan sedang membangun pabrik smelter di Indonesia. Kelangkaan sumber daya nikel sulfida ini membuat industri baterai harus lebih mengandalkan nikel laterit.

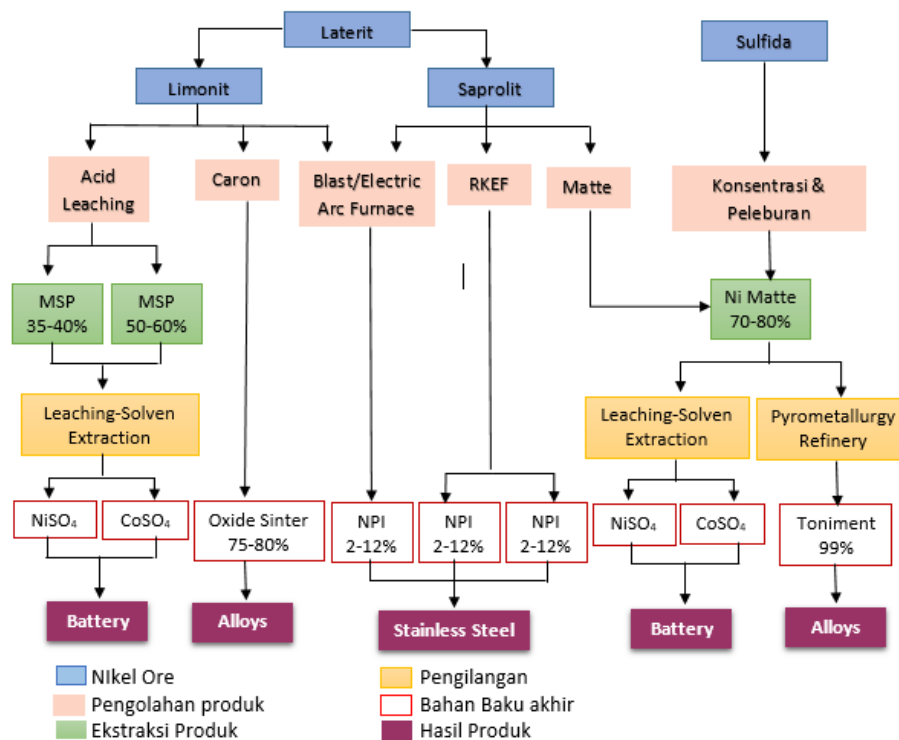


Gambar 1. Siklus pada *Battery Pack*

Produk yang dihasilkan oleh pabrik-pabrik komponen nikel baterai di Indonesia sejauh ini merupakan komponen katoda baterai kendaraan listrik (*Electric Vehicle*). Produk-produk ini harus melalui dua hingga tiga tahap pemrosesan di instalasi pembuat baterai sebelum menjadi baterai utuh. komponen baterai terdiri dari kombinasi menghubungkan sel-sel elektrokimia yang pada gilirannya terdiri dari tiga bagian utama; dua terminal (anoda, katoda) terbuat dari bahan aktif yang berbeda, dan elektrolit memisahkan kedua terminal. Bijih nikel laterit digolongkan menjadi dua jenis, yaitu saprolit yang berkadar nikel tinggi dan limonit yang berkadar nikel rendah. Perbedaan menonjol dari dua jenis bijih ini adalah kandungan Fe (besi) dan Mg (magnesium), bijih saprolit mempunyai kandungan Fe rendah dan Mg tinggi sedangkan limonit kandungan Fe tinggi dan Mg rendah (AEER, 2020). Seperti yang dijelaskan pada gambar 2.

Nikel memberikan peranan penting bagi pembuatan baterai-baterai lithium-ion (LIBs) yang digunakan untuk kendaraan listrik. LIBs memiliki beberapa jenis. Perbedaan utama di antara baterai-baterai tersebut terletak pada kimia katodanya. Dua dari berbagai tipe LIBs yang paling digunakan untuk baterai kendaraan listrik adalah *Lithium Nickel Cobalt*

Aluminium (LiNiCoAlO₂ atau NCA) dan *Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide* (LiNiMnCoO₂ atau NMC).

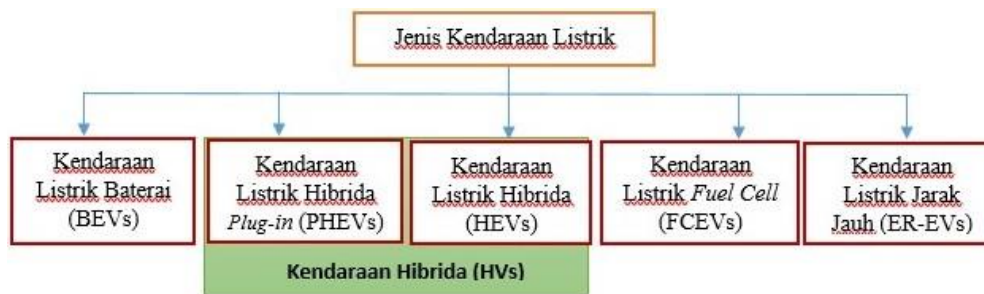


Gambar 2. Alur Produksi dari Nikel dan Kobalt Sulfat (BPPT, 2021)

Mobil listrik pada saat ini menjadi pembicaraan banyak orang dan sangat populer. Hal ini dikarenakan mobil listrik mempunyai beberapa keuntungan seperti efisiensi yang tinggi, tingkat pencemaran lingkungan yang rendah, tingkat kebisingan yang rendah, energinya tersedia dari berbagai sumber energi alternatif, mudah perawatannya, dan regeneratif. Mobil listrik lebih hemat energi dibandingkan dengan mobil berbahan bakar fosil konvensional. Untuk menjalankan Mobil Listrik diperlukan komponen utamanya yaitu baterai. (Mambak, dkk, 2017). Kebutuhan baterai litium-ion (*li-ion*) terus tumbuh dari basis produksi 19 Gigawatt hours (GWh) dengan kapasitas produksi 30 GWh pada 2010 menjadi 60 GWh dengan kapasitas produksi 285 GWh pada 2019. Baterai li-ion terdiri dari beberapa jenis seperti LTO (*lithium tithanate*), LFP (*lithium phosphate*), LMO (*Lithium Manganese*), NMC (*lithium nickel manganese cobalt*), LCO (*lithium cobalt oxide*), atau NCA (*lithium nickel aluminium oxide*).

D. Strategi Pengembangan Kendaraan Listrik menggunakan *Plan-Do-Check-Act* (PDCA)

Saat ini perkembangan mobil listrik dalam mendukung pengurangan emisi semakin ditingkatkan diberbagai negara termasuk di Indonesia. Terdapat beberapa jenis kendaraan listrik yang telah dikembangkan saat ini seperti pada gambar 4.



Gambar 3. Klasifikasi kendaraan listrik menurut teknologi dan pengaturan mesinnya (Sanguesa dkk., 2021)

Pada saat ini, EV dibedakan menjadi lima jenis sesuai dengan teknologi mesinnya yaitu dapat dilihat pada (Gambar 4) :

1. Kendaraan Listrik Baterai (BEVs): kendaraan 100% digerakkan oleh tenaga listrik. BEV tidak memiliki mesin pembakaran dalam dan tidak menggunakan bahan bakar cair apapun. BEV biasanya menggunakan paket baterai yang besar untuk memberikan kendaraan yang dapat diterima otonomi. BEV tipikal akan mencapai 160 hingga 250 km, meskipun beberapa di antaranya dapat menempuh jarak sejauh 500 km hanya dengan sekali pengisian daya. Contoh kendaraan jenis ini adalah Nissan Leaf, yang 100% listrik dan saat ini menyediakan baterai 62 kWh yang memungkinkan pengguna memiliki otonomi 360 km.
2. Kendaraan Listrik Hibrida *Plug-In* (PHEV): kendaraan hibrida didorong oleh mesin konvensional yang mudah terbakar dan mesin listrik yang diisi oleh eksternal yang dapat dicolokkan sumber listrik. PHEV dapat menyimpan listrik yang cukup dari jaringan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar secara signifikan dalam kondisi mengemudi biasa. Mitsubishi Outlander PHEV menyediakan baterai 12 kWh, yang memungkinkannya berkendara sejauh 50 km hanya dengan mesin listrik. Namun, perlu diperhatikan juga bahwa konsumsi bahan bakar PHEVs lebih tinggi dari yang ditunjukkan oleh produsen mobil.
3. Kendaraan Listrik Hibrida (HEV): kendaraan hibrida didorong oleh kombinasi mesin pembakaran dalam konvensional dan mesin listrik. Bedanya dengan sehubungan dengan PHEV adalah bahwa HEV tidak dapat dicolokkan ke jaringan. Bahkan, baterai yang memberikan energi ke mesin listrik yang diisi berkat daya yang dihasilkan oleh mesin pembakaran kendaraan. Dalam model modern, baterai juga dapat diisi berkat energi yang dihasilkan saat pengereman, mengubah energi kinetik menjadi listrik energi. Toyota Prius, dalam model hibridanya (generasi ke-4), menyediakan 1,3 kWh baterai yang secara teoritis memungkinkannya otonomi sejauh 25 km dalam semua-listriknya modus.
4. Kendaraan Listrik *Fuel Cell* (FCEVs): kendaraan ini dilengkapi dengan mesin listrik yang menggunakan campuran hidrogen dan oksigen terkompresi yang diperoleh dari udara, memiliki air sebagai satu-satunya limbah yang dihasilkan dari proses ini. Meskipun kendaraan jenis ini dianggap menyajikan “emisi nol”, perlu digarisbawahi

bahwa, meskipun ada hidrogen hijau, sebagian besar hidrogen yang digunakan diekstraksi dari gas alam. Hyundai Nexo FCEV adalah contoh dari jenis kendaraan ini, yang dapat menempuh jarak 650 km tanpa mengisi bahan bakar.

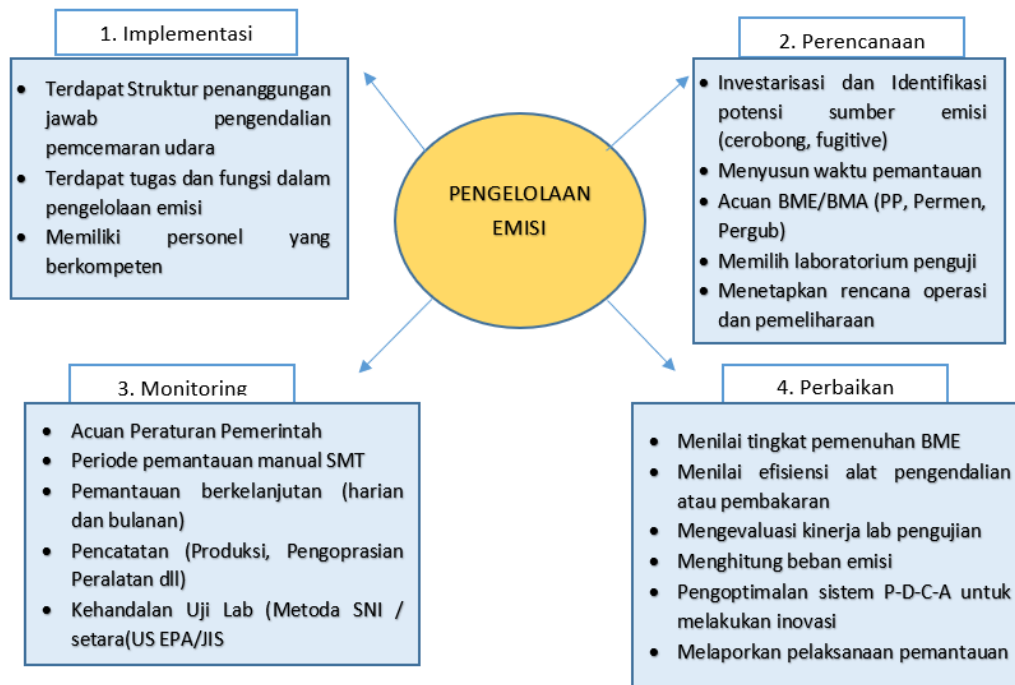
5. Kendaraan Listrik Jarak Jauh (ER-EVs): kendaraan ini sangat mirip dengan yang ada di BEV kategori. Namun, ER-EV juga dilengkapi dengan pembakaran tambahan mesin, yang mengisi baterai kendaraan jika diperlukan. Jenis mesin ini, tidak seperti yang disediakan oleh PHEV dan HEV, hanya digunakan untuk pengisian daya, sehingga tidak dihubungkan dengan roda kendaraan. Contoh kendaraan jenis ini adalah BMW i3, yang memiliki baterai 42,2 kWh yang menghasilkan otonomi listrik sejauh 260 km mode, dan pengguna dapat memperoleh manfaat tambahan 130 km dari mode jarak jauh.

Metode *plan do check action* (PDCA) dikenalkan oleh W. Edwards Deming (1982) dan sering juga disebut siklus deming (*Deming Cycle*). Metode PDCA adalah proses perbaikan yang secara terus-menerus dilakukan perbaikannya. Siklus PDCA biasanya digunakan menguji dan menerapkan perubahan-perubahan untuk memperbaiki kinerja produk, proses, atau suatu system yang berdampak pada kesuksesan di masa depan. Dalam konteks pengelolaan energi, pendekatan PDCA dapat diuraikan sbb :

1. Merencanakan: melakukan tinjauan energi dan menetapkan indikator kinerja, *Energy Performance Indicators* (EnPIs), sasaran, target dan rencana aksi yang diperlukan untuk memberikan hasil yang akan meningkatkan kinerja energi sesuai dengan kebijakan energi organisasi;
2. Melakukan: menerapkan rencana aksi pengelolaan energi;
3. Memeriksa: memantau dan mengukur proses dan karakteristik utama operasi yang menentukan kinerja energi terhadap kebijakan dan tujuan energi, dan melaporkan hasilnya;
4. Bertindak: mengambil tindakan untuk terus meningkatkan kinerja energi dan EnMS

Energi dan perubahan iklim terkait produksi dan penggunaan mencapai lebih dari 75% emisi gas rumah kaca, dengan bagian terbesar dari emisi yang berasal dari pasokan energi dan transportasi. Mengatasi ancaman perubahan iklim membutuhkan pergeseran mendasar dari saat ini, berbasis bahan bakar fosil sistem energi ke sistem energi rendah karbon, terutama berbasis energi terbarukan dan peningkatan drastis lebih lanjut dalam Efisiensi Energi di semua sektor. Dengan meningkatnya jumlah pengguna kendaraan, tingkat pencemaran udara di lingkungan perkotaan semakin kotor dan tercemar polutan seperti nitrogen oksida (NO_x), CO, sulfur dioksida (SO₂), dll. Menurut laporan Uni Eropa, sektor transportasi bertanggung jawab atas hampir 28% dari total emisi karbon dioksida (CO₂), sementara transportasi jalan bertanggung jawab atas lebih dari 70% emisi sektor transportasi. Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain di bidang transportasi untuk mendukung pengurangan emisi karbon. Kontribusi subsektor transportasi penting dalam mendukung zero emission di Indonesia. Selain itu, subsektor ini dapat dijadikan sebagai pertimbangan perencanaan yang penting bagi Pemerintah Indonesia dalam jangka panjang. Penggunaan

kendaraan listrik menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan kendaraan konvensional yang menggunakan bahan bakar fosil. Dengan memanfaatkan energi, kendaraan listrik bisa 3-5 kali lebih hemat dibandingkan kendaraan konvensional.



Gambar 4. Sistem Manajemen Pengelolaan Emisi Industri (KLHK, 2020)

Peningkatan mobilitas di semua bidang sektor transportasi emisi GRK masih meningkat. Oleh karena itu, kebutuhan untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi menjadi prioritas utama, yang akan dicapai dengan mendorong mobilitas elektro dan meningkatkan jumlah kendaraan listrik ke jalan. Litium baterai ion adalah teknologi kunci untuk mobilitas elektro. Skenario Pengembangan Kendaraan Listrik Berkelanjutan (SDS) bertumpu pada tiga pilar: memastikan akses energi universal untuk semua pada tahun 2030; menghasilkan pengurangan tajam dalam emisi polutan udara; dan memenuhi tujuan iklim global yang sejalan dengan Perjanjian Paris. Skenario Pembangunan Berkelanjutan (SDS) mencapai nol emisi bersih pada tahun 2070 dan kenaikan suhu global tetap di bawah 1,7-1,8°C dengan probabilitas 66%, sejalan dengan ambisi suhu Perjanjian Paris yang lebih tinggi. Siklus hidup total emisi gas rumah kaca dari kendaraan listrik sekitar setengah dari emisi internal mobil mesin pembakaran rata-rata, dengan potensi lebih lanjut Pengurangan 25% dengan listrik rendah karbon. Sedangkan transisi energi mineral memiliki intensitas emisi yang relatif tinggi, variasi yang besar dalam jejak emisi dari produsen yang berbeda menunjukkan bahwa ada cara untuk meminimalkan emisi ini melalui peralihan bahan bakar, rendah karbon listrik dan peningkatan efisiensi. Kendaraan Listrik dan penyimpanan baterai menyumbang sekitar setengah dari permintaan mineral pertumbuhan dari teknologi energi bersih selama dua dekade berikutnya, didorong oleh lonjakan permintaan untuk bahan

baterai. Permintaan mineral dari pembangkit listrik rendah karbon tumbuh pesat mencapai tiga kali lipat ditahun 2040, sehingga dengan hal ini dapat mendukung pengurangan target emisi karbon.

Penjualan mobil listrik di seluruh dunia naik 40% pada tahun 2020 menjadi sekitar 3 juta, mencapai pangsa pasar lebih dari 4% (IEA, 2021). Selain itu, pada April 2021 lebih dari 20 negara dan 70 pemerintah daerah dan kota telah mengumumkan 100% target kendaraan tanpa emisi atau penghentian pembakaran *Internal Combustion Engine* (ICE) sebelum tahun 2050 (Cui dkk., 2020; Hall dkk., 2020; IEA, 2021; Wappelhorst & Cui, 2020). Oleh karena itu, kebutuhan untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi menjadi prioritas utama. Pada table dibawah ini adalah rancangan penulis yang membahas mengenai strategi perkembangan mobil listrik yang disusun menggunakan metode P-D-C-A melalui kebijakan-kebijakan dan rancangan yang ada saat ini, guna mendukung mobil listrik dan target dalam mengurangi emisi karbon di Indonesia.

Tabel 2. Sistem P-D-C-A dalam mendukung Perkembangan Mobil Listrik

<i>Plan-Do-Check-Act</i> Mobil Listrik	
Peraturan Mengenai Kendaraan Listrik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perpres No. 55/2019 2. Permendagri No. 8/2020 3. Permen ESDM No. 13/2020 4. Permen Perhubungan No. 65/2020 5. Pergub Jakarta No. 3/2020
Perencanaan Kendaraan Listrik (Plan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menetapkan dasar pengenaan pajak dan bea balik nama kendaraan listrik 2. Mengatur standardisasi soket pengisian daya, skema bisnis, insentif, dan tarif listrik untuk operator SPKLU dan SPBKL 3. Melegalkan konversi motor konvensional ke motor listrik pada bengkel umum resmi yang ditetapkan pemerintah 4. Kendaraan listrik dibebaskan dari BBNKB
Implementasi (Do)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP) di Sulawesi Tengah dan Indonesia Weda Industrial Park (IWIP) di Maluku Utara adalah dua kawasan industri utama produksi nikel-sulfat dan kobalt-sulfat sebagai komponen pada baterai. 2. PT International Chemical Industry berencana memproduksi sel baterai di tahun 2021 dengan kapasitas 256 MWh/tahun 3. Telah terdapat industry Holding baterai, Konsorsium BUMN: MIND ID, Antam, Pertamina, dan PLN menargetkan produksi sel baterai 33 GWh/tahun 4. Telah diterapkannya SPKLU di beberapa lokasi 5. Investasi yang diberikan oleh negara asing dalam mendukung perkembangan mobil listrik di Indonesia 6. Telah banyak dilakukan penelitian dan analisis di berbagai negara untuk perkembangan mobil listrik, sehingga membantu dalam mengurangi emisi karbon di dunia

Plan-Do-Check-Act Mobil Listrik

Monitoring dan Evaluasi (Check)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemerintah perlu memberikan tambahan pembebasan pajak yaitu PPN, PPh, dan bea impor 2. Pemerintah perlu memberikan insentif finansial kepada pengembang SPKLU dan mempermudah proses perizinan 3. Pemerintah perlu lebih banyak melakukan kampanye dan sosialisasi terkait peraturan dan manfaat kendaraan listrik 4. Pemerintah daerah perlu menetapkan lebih banyak insentif non-fiskal dan insentif finansial 5. Perlu adanya pabrik daur ulang baterai di Indonesia untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang ditimbulkan dari baterai bekas. 6. Peninjauan kembali terhadap Implementasi roadmap baterai dan mobil listrik
Perbaikan dan Penyesuaian (Action)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemerintah dan Industri perlu menargetkan produksi, penjualan dan pembelian mobil listrik 2. Melakukan percepatan industry baterai, dan material lain yang mendukung perkembangan mobil listrik 3. Melakukan penyesuaian harga, sebagai daya tarik masyarakat untuk transisi transportasi dari Mobil Konvensional ke mobil berbahan bakar listrik 4. Rasio perkembangan produksi mobil listrik dan SPKLU harus sejalan, dan diharapkan dapat mencapai target. 5. Perlu adanya dukungan dari berbagai pihak dalam mendukung perkembangan mobil listrik dalam negeri mulai dari hulu sampai hilir.

Kontribusi sub sektor transportasi menjadi hal penting dalam mendukung *zero emission* di Indonesia. Selain itu Sub sektor ini dapat dijadikan pertimbangan perencanaan yang penting juga bagi Pemerintah Indonesia dalam jangka waktu panjang. Penggunaan kendaraan listrik melepaskan emisi yang lebih rendah dibanding kendaraan konvensional yang memakai bahan bakar fosil. Berdasarkan table di atas mengenai strategi yang di kaitkan dengan perkembangan mobil listrik. Di harapkan dapat membantu dan mendukung percepatan kendaraan listrik, sehingga dapat tercapainya pengurangan emisi karbon dari sector transportasi. Sektor transportasi menyumbang 28% dari total emisi GRK di sektor energi pada 2018, yang sumber utamanya berasal dari transportasi jalan (Climate Transparency, 2019). Indonesia telah memberikan komitmen penurunan emisi GRK sebesar 29% dengan usaha sendiri dan dapat ditingkatkan menjadi 41% dengan bantuan internasional pada 2030, sebagaimana yang dituangkan dalam *Nationally Determined Contribution* (NDC). Menurut *Climate Action Tracker* (CAT) menyarankan untuk mencapai target penurunan emisi GRK yang sesuai dengan *Paris Agreement* maka Indonesia harus meningkatkan ambisi aksi perubahan iklim di sektor kelistrikan dan transportasi. Di sektor transportasi, peningkatan penggunaan kendaraan listrik untuk kendaraan dan kereta dapat menurunkan emisi GRK sebesar 69 MtCO₂e (Climate Action Tracker, 2019b).

Menurut IESR, Penggunaan kendaraan listrik dapat mendukung upaya penurunan emisi GRK Indonesia dari sektor transportasi. Dengan memperhitungkan hanya emisi dari pembakaran bahan bakar untuk operasional kendaraan, penetrasi kendaraan listrik dalam

skenario ambisius dapat menekan emisi sebesar 8,4 juta ton CO₂ pada 2030 dan 49,5 juta ton CO₂ pada 2050. Penurunan emisi ini berkontribusi sekitar 10% dan 34% dari target penurunan emisi sektor transportasi di 2030 dan 2050 pada skenario 1,5 °C menurut CAT. Untuk memaksimalkan penurunan emisi GRK pada 2050, perlu dilakukan pelarangan penjualan kendaraan konvensional setidaknya sejak 2035. Selain itu, Penggunaan kendaraan listrik dapat mengurangi konsumsi bahan bakar minyak (BBM) secara signifikan. Simulasi dengan skenario ambisius memproyeksikan akan terjadi penurunan permintaan BBM sebesar 36 juta setara barel minyak (SBM) pada 2030 dan 166 juta SBM pada 2050. Dibandingkan dengan proyeksi impor minyak dalam RUEN, penghematan ini dapat mengurangi impor minyak sebanyak 5% pada 2030 dan 11% pada 2050. Bahkan penghematan BBM dari penggunaan mobil dan sepeda motor listrik dapat mengimbangi penambahan konsumsi BBM. Selain itu penurunan konsumsi BBM dapat memperbaiki tingkat kualitas udara.

KESIMPULAN

Lingkungan telah menjadi perhatian penting bagi setiap orang. Hal ini karena kelestarian lingkungan merupakan salah satu faktor terciptanya pembangunan yang berkelanjutan, tidak terkecuali dalam hal pengurangan emisi CO₂ yang menjadi salah satu penyebabnya. Kendaraan listrik dapat membantu mengatasi masalah pencemaran udara di perkotaan. Berdasarkan total emisi CO₂ yang dikeluarkan, terdapat 3 komponen yang paling berpengaruh terhadap tingginya emisi, yaitu sektor kelistrikan (42%), transportasi (23%), dan perumahan (6%). Saat ini, pemerintah sedang mendorong pengembangan infrastruktur kendaraan listrik dan stasiun pengisian daya melalui Peraturan Presiden No. 55/2019. Kendaraan listrik baterai memiliki keunggulan dibandingkan kendaraan berbasis mesin pembakaran internal (ICE) dalam mengurangi polusi udara dan emisi GRK. Kendaraan listrik menghasilkan polusi udara yang jauh lebih sedikit dan dapat dikatakan mendekati nol jika dibandingkan dengan kendaraan berbasis mesin pembakaran internal (ICE). Kendaraan listrik cocok untuk menanggulangi masalah pencemaran udara terutama di perkotaan. Penggunaan kendaraan listrik dapat mendukung upaya penurunan emisi GRK Indonesia dari sektor transportasi. Sebagai saran dalam mensuplai pasokan listrik untuk baterai dapat menggunakan Energi nuklir yang lebih ramah lingkungan dan pasokannya yang banyak tersedia di Indonesia bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan listrik dan baterai mobil listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksi Ekologi & Emansipasi Rakyat. (2020). *Rangkaian Pasok Nikel Baterai dari Indonesia dan Persoalan Sosial Ekologi*. Diakses dari <http://aeer.info/>.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2021). *Outlook Energi Indonesia 2021: Perspektif Teknologi Energi Indonesia: Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi Charging Station*. Tangerang: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE).

- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2011). *Pedoman Pelaksanaan Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca*. Jakarta: Buku Referensi Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Dewita, A. (2021). *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Emisi CO₂ di Indonesia Periode 1971-2018*. Skripsi Jurusan Ekonomi Pembangunan. Fakultas Ekonomi dan Bisnis. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Enerdata. (2019). *Electricity Final Consumption*. Diakses dari <https://eneroutlook.enerdata.net/>.
- Hossain, S. (2012). An Econometric Analysis for CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, Foreign Trade and Urbanization of Japan. *Low Carbon Economy*, 3(3), 92–105.
- Indah., Rumiasih., Carlos., Firmansyah. (2019). Analysis of Determining Battery Capacity and Charging in Electric Cars. *Elektra Journal*, 4 (2), 29 – 37.
- Institute for Essential Services Reform. (2018). *The Future of Transport, Welcoming the Era of Electric Vehicles*. Diakses dari www.iesr.or.id.
- Institute for Essential Services Reform. (2020). *Dekarbonasi Sektor Transportasi, Peluang dan Tantangan*. Diakses dari www.iesr.or.id.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate Change 2007, Synthesis Report*. ISBN 92-9169-122-4. Diakses dari <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>.
- International Energy Agency. (2015). *CO₂ Emissions from Fuel Combustion Highlights. Paris: International Energy Agency*. Diakses dari <https://www.iea.org/>.
- International Energy Agency. (2019). *Global EV Outlook 2019. "China's CATL starts mass production of high-nickel batteries: chairman"*. Diakses dari <https://www.iea.org/>.
- International Energy Agency. (2021). *Global EV Outlook 2021. "Accelerating ambitions despite the pandemic"*. Terbit April 2021. Diakses dari <https://www.iea.org/>.
- Julio A. Sanguesa dkk. (2021). A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges. *Smart Cities 2021*, 4, 372–404.
- Kartini., Sudaryanto., Honggowiranto. (2018). Indonesian consortium of lithium ion battery for solar street lamp. IOP Publishing. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 432, 012063.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2021). Kebijakan dan Program Pengembangan Battery, Electric Vehicle, dan PLTS Atap di Indonesia. *Webinar EBTKE*. Jakarta. Mei 2021.
- Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman & Investasi. (2020). Strategi Percepatan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai / KBLBB (BEV). *Webinar B2TKE-BPPT*. Jakarta. Desember 2020.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2019). Statistik Tahun 2018 Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim. *Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim*. <http://ditjenppi.menlhk.go.id>.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Rencana Strategis Tahun 2020-2024. *Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan*. Diakses pada <https://www.menlhk.go.id/>.

- Kristina, E. (2020). Inventing The Sustainable Batteries of The Future, Research Needs and Future Actions. *Battery 2030+Roadmap*. Research and Innovation Programme, *The European Union's Horizon*.
- Mambak & Bambang. (2017). Forecasting Lead Acid Battery Capacity in Electric Cars Based on Levenberg Marquardt Neural Network. *Scientific Technology 2017 scale*, 2: 112-117.
- Matarru. (2020). Analysis of Fast Charging System Development for Electric Vehicle Implementation. *Journal of Defense University*. June 2020.
- Naomi J. Boxalla, *dkk*. (2018). Urban mining of lithium-ion batteries in Australia: Current state and future trends. *Minerals Engineering* Vol. 128, 45-55
- Nyoman., Sukerayasa. (2009). Overview of the Development of the World's Electric Vehicles Until Now. *Journal of Electrical Technology*. 8 (1).
- Peraturan Presiden No. 55 tahun 2019. (2019). *Tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan*.
- Prasetyo. (2020). State of charge estimation of lithium polymer battery using back propagation neural network. *Integration Journal*, 12 (2), 144-149
- Tulus Victor. (2020). A study of the development of electric vehicles in Indonesia: prospects and constraints. *Journal of Paradigm Economics*, 15 (1)