

ANALISIS SPESIFIKASI TEKNIS SISTEM PENGEMUDIAN ELEKTRIK PADA KENDARAAN LISTRIK BERBASIS BATERAI KOMERSIAL POPULER

Ahmad Luqyanto Syamaidzar¹, Christian Felix Putra Padang¹,
I Nyoman Satya Kumara², I Gusti Agung Putu Raka Agung²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Sel, Kabupaten Badung, Bali 80361
aluqyantos@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia telah meningkatkan dampak negatif terhadap lingkungan, baik dalam aspek pencemaran udara maupun pemanasan global. Menurut Kemhub, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 141,99 juta unit. Elektrifikasi kendaraan bermotor merupakan salah satu solusi untuk menurunkan emisi dari sektor kendaraan bermotor. Hal ini didukung dengan Peraturan Presiden No. 55/2019 untuk memacu pertumbuhan industri kendaraan listrik berbasis baterai (KLBB) nasional. Paper ini meninjau teknologi kendaraan listrik berbasis baterai (KLBB) komersial di dunia khususnya kendaraan roda empat yang memiliki populasi total yang tinggi. Penelitian dilakukan dengan melakukan survei daring selama tahun 2023 menggunakan sumber data internasional dan juga Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (GAIKINDO) yang menghasilkan database kendaraan listrik berbasis baterai sebanyak 33 buah. Dari basisdata tersebut, sebagian besar mobil listrik yang dibeli masyarakat adalah tipe *hatchback* dan *sport utility vehicle* (SUV). Dari sisi sistem pengemudian elektrik, rentang kapasitas daya motor listrik yang digunakan oleh KLBB tersebut adalah antara 20 - 150 kW untuk tipe *hatchback* dan 100 - 406 kW untuk tipe SUV. Jenis motor listrik yang digunakan sebagian besar atau sekitar 64% adalah mesin listrik PMSM. Teknologi baterai yang digunakan sebagian besar atau sekitar 70% adalah teknologi baterai *lithium-ion*. Data spesifikasi teknis mobil listrik populer ini, diharapkan mampu membantu pemangku kepentingan untuk mendapatkan gambaran cepat tentang spesifikasi teknis sistem pengemudian elektrik pada mobil listrik berbasis baterai sebagai *benchmark* perancangan mobil listrik yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Kata kunci: Elektrifikasi Transportasi, Kendaraan Listrik Berbasis Baterai, KLBB, Motor Listrik, Baterai Mobil

ABSTRACT

The increase in the number of motor vehicles in Indonesia has elevated the negative impact on the environment, both in terms of air pollution and global warming. According to the Ministry of Transportation (Kemhub), the number of motor vehicles in Indonesia reached 141.99 million units in 2021. The electrification of motor vehicles is one of the solutions to reduce emissions from the motor vehicle sector. This is supported by Presidential Regulation No. 55/2019 to stimulate the growth of the national battery-based electric vehicle (BEV) industry. This paper reviews battery-based electric vehicle (BEV) technology worldwide, especially four-wheeled vehicles with a high total population. The research was conducted through online surveys in 2023 using international data sources and the Association of Indonesian Automotive Industries (GAIKINDO), resulting in a database of 33 battery-based electric vehicles. From this database, it was found that the majority of electric cars purchased by the public are hatchback and sport utility vehicle (SUV) types. In terms of electric drive systems, the power capacity range of electric motors used by these vehicles is between 20 - 150 kW for hatchbacks and 100 - 406 kW for SUVs. The most commonly used electric motor type, constituting about 64%, is the Permanent Magnet

Synchronous Motor (PMSM). About 70% of these vehicles use lithium-ion battery technology. The technical specifications of these popular electric cars are expected to assist stakeholders in quickly understanding the technical specifications of electric drive systems in battery-based electric vehicles, serving as a benchmark for designing electric cars suitable to meet domestic needs.

Key Words : *Electrification of Transportation, Battery Electric Vehicle, BEV, Electric Motor, Automotive Battery*

1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia telah meningkatkan dampak negatif terhadap lingkungan, terutama dalam hal pencemaran udara. Dikutip dari data Kementerian Perhubungan, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 141,99 juta unit [1]. Selain itu, peningkatan jumlah kendaraan bermotor berkontribusi pada peningkatan kemacetan dan pencemaran udara. Dengan meningkatnya jumlah dan jenis kendaraan bermotor, terjadi peningkatan jumlah emisi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO), dan debu. Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak negatif ini, perlu dilakukan upaya besar, seperti membatasi usia kendaraan, mengontrol jumlah kendaraan pribadi, melakukan uji emisi rutin, serta beralih ke kendaraan yang lebih ramah lingkungan.

Berdasarkan Perpres Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan, pemerintah Indonesia mulai memperhatikan industri kendaraan listrik. Dalam perpres tersebut, mewajibkan kendaraan berbasis listrik untuk mengutamakan komponen dalam negeri dan memberikan insentif pajak untuk mendorong investasi dan menciptakan lebih banyak peluang kesempatan kerja. Rencana Aksi Daerah (RAD) Percepatan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai Provinsi Bali tahun 2022 hingga 2026 merupakan upaya Pemerintah Bali untuk mengurangi emisi karbon, khususnya di Pulau Bali. Rencana tindakan ini bertujuan untuk mengurangi emisi karbon sebanyak 41 ribu ton pada tahun 2026. Selanjutnya, RAD ini juga menargetkan penggunaan sepeda motor

listrik sebanyak 140 ribu, mobil listrik sebanyak 5.719, serta bus listrik sebanyak 50.

Di Indonesia, kendaraan listrik telah berkembang sejak tahun 1997 oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), tetapi sejak tahun 2013, pertumbuhannya menurun [2]. Pada tahun 2001, peneliti di LIPI, berhasil membuat prototipe kendaraan listrik yang kemudian disebut Marlip (Marmut Listrik LIPI). LIPI juga telah mengembangkan berbagai prototipe kendaraan ramah lingkungan dan hemat energi sejak 2005 salah satunya 'Hevina', yang tersedia dalam dua varian yaitu sedan dan bus [3]. Kendaraan listrik ini sangat penting dalam upaya transisi energi dari bahan bakar fosil ke energi terbarukan dan penggunaan sumber energi alternatif.

Pada tahun 2023, pemerintah Indonesia telah mengambil beberapa langkah penting untuk mendukung perkembangan kendaraan listrik di negara ini. Salah satu inisiatif utama adalah target pemerintah untuk memasang 1.030 Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) di seluruh Indonesia, hampir dua kali lipat dari tahun 2022 [4]. Selain itu, pemerintah juga telah menerbitkan Peraturan Menteri Keuangan (PMK) Nomor 38 Tahun 2023 tentang Pajak Pertambahan Nilai Atas Penyerahan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai Roda Empat Tertentu dan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai Bus Tertentu yang Ditanggung Pemerintah Tahun Anggaran 2023. Langkah-langkah ini menunjukkan komitmen kuat pemerintah Indonesia untuk mendukung transisi ke kendaraan listrik dan mencapai target *Net Zero Emission* pada tahun 2060 [5].

Dengan adanya Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan

Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) untuk Transportasi Jalan, pemerintah Indonesia telah menunjukkan dukungan yang kuat terhadap perkembangan kendaraan listrik di negara ini. Peraturan ini memberikan arah, landasan, dan kepastian hukum dalam pelaksanaan percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai. Di masa depan, kendaraan listrik berpotensi berkembang pesat di Indonesia. Penjualan, pemanfaatan, hingga pengembangan teknologi jenis kendaraan ini diprediksi akan meningkat. Dengan adanya dukungan pemerintah melalui berbagai regulasi, prospek perkembangan kendaraan listrik di Indonesia tampak cerah dan menjanjikan.

Dalam *paper* ini, penulis menganalisis perkembangan kendaraan listrik khususnya mobil listrik populer di dunia yang saat ini sudah dikomersilkan atau tersedia untuk publik. Penyajian informasi ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang berkepentingan, termasuk pemerintah pusat, pemerintah daerah, peneliti, mahasiswa, dan individu yang tertarik dalam mendukung perkembangan kendaraan listrik di Indonesia.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pengemudian Elektrik

Pengertian pengemudian elektrik adalah suatu sistem yang memuat pengaplikasian motor listrik sebagai sumber energi mekanik [6] [7]. Dalam sistem pengemudian elektrik mencakup acuan, konverter daya, motor listrik, sistem kontrol, dan umpan balik. Motor listrik merupakan sebuah alat yang digunakan untuk merubah energi listrik menjadi energi mekanik. Sistem kontrol berfungsi dalam pengaturan pengoperasian sehingga mencapai kondisi yang diinginkan oleh pengemudi, seperti kecepatan kendaraan, percepatan atau perlambatan, dan berhenti. Selanjutnya, baterai berperan sebagai sumber daya untuk menggerakkan kendaraan. Acuan merupakan kondisi operasi yang diinginkan pengguna. Sedangkan umpan balik merupakan informasi yang dibutuhkan sistem kontrol dalam proses *switching*,

informasi ini berasal dari *hall* sensor yang digunakan untuk mendeteksi tata letak rotor.

2.2 Baterai

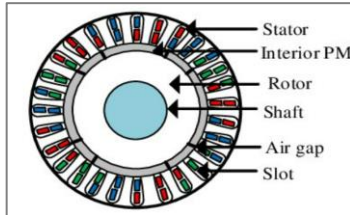
Baterai merupakan perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi kimia yang terdapat dalam bahan aktif penyusun komponen baterai menjadi energi listrik melalui proses elektrokimia reduksi dan oksidasi [8]. Proses reduksi terjadi ketika elektron dimasukkan, menghasilkan pengurangan angka oksidasi, sementara proses oksidasi terjadi ketika elektron dilepaskan, menyebabkan peningkatan angka oksidasi [8].

Salah satu tipe baterai sekunder yang umum dipakai adalah baterai *lithium-ion*. Baterai *lithium-ion* memiliki tingkat kepadatan energi atau densitas energi dan tegangan yang tinggi, serta siklus hidup yang panjang. Materi yang seringkali digunakan sebagai katoda dalam baterai *lithium-ion* adalah *lithium cobalt oxide* (LiCoO_2). Akan tetapi, komponen kobalt dalam *lithium cobalt oxide* merupakan logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan. Di lain sisi, materi ini mahal, bersifat reaktif, dan tidak stabil pada suhu tinggi sehingga meningkatkan risiko potensi kejadian ledakan [8]. Sebagai alternatif, *lithium iron phosphate* (LiFePO_4) dapat digunakan sebagai pengganti LiCoO_2 . LiFePO_4 telah dipakai sebagai material katoda dalam baterai *lithium-ion* sejak tahun 1997 karena kelebihanannya, seperti biaya yang lebih rendah, tidak bersifat reaktif, dan ramah lingkungan [8].

2.3 Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)

Permanent magnet synchronous motor (PMSM) merupakan salah satu jenis motor listrik sinkron yang menggunakan magnet permanen dan digunakan sebagai bagian rotor. Prinsip kerja motor ini didasarkan pada gaya tarik-menarik antar dua magnet dengan polaritas yang berbeda atau gaya tolak-menolak antar dua magnet dengan polaritas yang sama. Secara umum, bagian PMSM terdiri dari rotor, stator, dan *air-gap* seperti yang ditunjukkan pada

gambar 1. Selanjutnya, terdapat beberapa kelebihan PMSM, yaitu: efisiensi yang tinggi, masa operasi yang lebih lama, perawatan yang rendah, serta tingkat kebisingan yang rendah karena putarannya yang halus [9].



Gambar 1. Bagian PMSM[9]

2.4 Jenis Mobil

Berdasarkan jenisnya, mobil dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tipe, yaitu SUV, MPV, *liftback*, *hatchback*, sedan, dan *micro*. SUV (*sport utility vehicle*) memiliki kemampuan untuk melewati berbagai jenis medan, baik di jalur aspal maupun di *offroad*. Kedua, MPV merupakan mobil yang dilengkapi dengan tiga baris kursi, sehingga cocok digunakan sebagai mobil keluarga. Ketiga, *Hatchback* merupakan mobil yang berukuran kecil dengan ruang penumpang yang menyatu dengan bagasi. Karena ukurannya yang kecil *hatchback* merupakan jenis mobil yang cocok digunakan di area urban. Keempat, sedan merupakan yang memiliki fokus pada kenyamanan berkendara dan kestabilan, sehingga jenis mobil ini kurang sesuai jika digunakan untuk melintasi jalanan yang berlubang dan berliku. Kelima, *liftback* merupakan jenis mobil yang menggabungkan desain sedan dan *hatchback*, sehingga menyediakan fleksibilitas ruang penyimpanan lebih besar dan tampilan eksterior yang elegan. Terakhir, *micro* merupakan jenis mobil dengan kapasitas 2 penumpang dan cocok digunakan di area urban.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan awal yang dilakukan adalah survei daring terkait spesifikasi top 20 mobil listrik berdasarkan data cleantechnica dan *wholesales* GAIKINDO [10] [11]. Tahap kedua melakukan survei daring terkait spesifikasi mobil listrik baterai pada website produsen. Terakhir, menganalisis data yang didapat berupa negara produsen, tipe mobil,

jarak tempuh, kapasitas baterai, teknologi baterai, waktu pengisian baterai, kecepatan maksimal, jenis motor, torsi motor, daya motor, tegangan, jumlah penumpang, tipe transmisi, serta *wheels driven* yang digunakan. Data tersebut kemudian diolah dan dianalisis untuk menghasilkan analisis perkembangan spesifikasi teknis pengemudian elektrik pada KLBB populer yang ada di dunia.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah mengobservasi mobil listrik baterai yang populer di dunia. Survei daring dilakukan pada tahun 2023 dan menghasilkan *database* mobil listrik baterai populer di dunia sebanyak 33 buah. *Database* ini berisikan spesifikasi antara lain negara produsen, tipe mobil, jarak tempuh, kapasitas baterai, teknologi baterai, waktu pengisian baterai, kecepatan maksimal, jenis motor, torsi motor, daya motor, tegangan, jumlah penumpang, tipe transmisi, serta *wheels driven* yang digunakan.

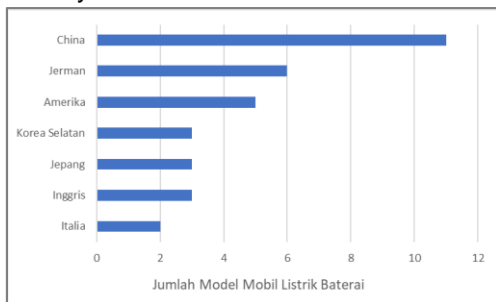
Database mobil listrik baterai yang populer ini diharapkan dapat membantu pemangku kepentingan untuk memahami kondisi sektor ini dan mendukung perkembangan KLBB, khususnya bagi pemerintah dan peneliti KLBB. Selain itu melalui data *wholesales* GAIKINDO 2022, perkembangan KLBB di Indonesia khususnya mobil listrik baterai masih pada tahap awal, sehingga peran pemangku kepentingan menjadi penting. Pemerintah pusat dan daerah diharapkan mendukung industri KLBB dengan menyiapkan kebijakan secara fiskal maupun nonfiskal untuk mempercepat elektrifikasi sektor transportasi. Selanjutnya, peneliti KLBB dapat meninjau bagaimana spesifikasi teknis mobil listrik baterai populer yang sudah dikembangkan dan dikomersilkan yang kemudian dapat dijadikan sebagai *benchmark* dalam merancang KLBB atau motor penggerak sehingga dapat memiliki kapasitas dan unjuk kerja yang sesuai dengan kebutuhan serta tetap ekonomis.

Basisdata mobil listrik baterai populer di dunia ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Berdasarkan Tabel 1 dan 2, terdapat beberapa terminologi yang digunakan, sebagai contoh AWD (*All-Wheel Drive*),

FWD (*Front-Wheel Drive*), dan RWD (*Rear-Wheel Drive*) merupakan penggambaran tata letak sistem penggerak roda pada mobil. Dalam bagian selanjutnya, pembahasan dan analisis akan didasarkan pada basisdata yang disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

4.1 Negara Produsen KLBB

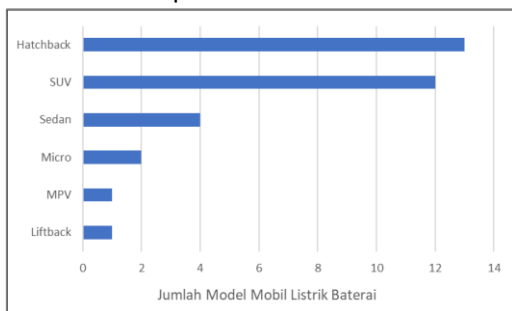
Berdasarkan basisdata KLBB pada Tabel 1 dan Tabel 2, negara yang sudah memproduksi mobil listrik berbasis baterai atau *battery electric vehicle* (BEV) ditunjukkan pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan negara produsen mobil dan jumlah model mobilnya. Dapat dilihat China merupakan negara yang memproduksi mobil listrik baterai paling banyak, yaitu sebanyak 33% atau 11 buah.



Gambar 2. Negara produsen KLBB

4.2 Tipe Mobil KLBB

Berdasarkan basisdata KLBB pada Tabel 1 dan Tabel 2, mobil penumpang dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, yaitu: sedan, *hatchback*, SUV, *micro*, MPV, dan *liftback*. Gambar 3 menunjukkan mobil listrik baterai populer berdasarkan tipe mobil.



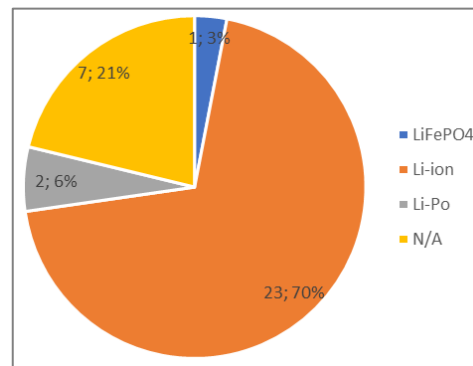
Gambar 3. Tipe mobil

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa mobil *hatchback* sebanyak 13 buah (39%), SUV sebanyak 12 buah (36%), sedan

sebanyak 4 buah (12%), mobil *micro* sebanyak 2 (6%), serta MPV dan *liftback* masing masing 1 buah (3%). Berdasarkan data tersebut *hatchback* merupakan tipe mobil terbanyak, diikuti SUV. Hal ini disebabkan karena harganya yang kompetitif, tampilan mobil yang meliputi ukuran bodi mobil menjadi preferensi konsumen terhadap mobil *hatchback* [67]. Di samping itu, kemudahan mobil kompak untuk diparkir dan dikemudikan di area urban atau perkotaan [67]. Bagasi tipe mobil *hatchback* dan SUV juga cukup luas untuk membawa barang bawaan konsumen.

4.3 Teknologi Baterai KLBB

Berdasarkan basisdata KLBB pada Tabel 1 dan Tabel 2, terdapat 3 teknologi baterai yang digunakan, yaitu: Li-ion, Li-Po, dan LiFePO4. Gambar 4 menunjukkan teknologi baterai yang digunakan pada KLBB.



Gambar 4. Teknologi baterai KLBB

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa penggunaan baterai Li-ion sebanyak 23 buah (70%), Li-Po sebanyak 2 buah (6%), LiFePO4 sebanyak 1 buah (3%), serta sebanyak 7 mobil (21%) tidak diketahui teknologi baterai yang digunakan. Berdasarkan data tersebut, penggunaan teknologi baterai terbanyak pada mobil listrik adalah baterai Li-ion. Beberapa faktor yang mempengaruhi adalah densitas energi yang tinggi, serta siklus hidup yang panjang [8]. Li-ion memiliki densitas energi yang tinggi, sehingga dapat menyimpan lebih banyak energi dalam volume yang sama jika dibandingkan dengan LiFePO4. Selain itu jika dibandingkan dengan Li-Po, resiko baterai terbakar pada Li-ion lebih rendah.

Tabel 1 Basisdata Spesifikasi Teknis Sistem Pengemudian Elektrik pada beberapa KLBB tahun 2023

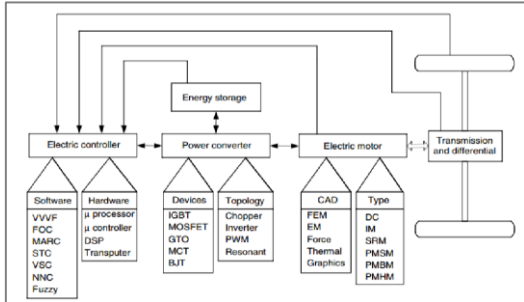
No	Kendaraan Listrik Berbasis Baterai (KLBB)	Jenis Motor Listrik	Daya Motor (KW)	Torsi Motor (Nm)	Tegangan (V)	Penggerak Roda	Tipe transmisi	Jumlah Penumpang	Sumber
1	Audi Q4 e-tron 40	PMSM	150	310	N/A	RWD	Gear Transmission	5	[13], [14]
2	Baojun E300	N/A	40	150	N/A	RWD	Gear Transmission	4	[15]
3	BMW i3	PMSM	125	250	352	RWD	Gear Transmission	4	[16]
4	BYD Qin EV	N/A	120	280	N/A	FWD	Gear Transmission	5	[17]
5	BYD Tang EV	PMSM	380	680	800	AWD	N/A	7	[18], [19]
6	Chery eQ1	PMSM	30	120	N/A	RWD	N/A	4	[20], [21]
7	Chevrolet Bolt EV	PMSM	150	360	N/A	FWD	Gear Transmission	5	[22], [23]
8	DFSK Mini EV	PMSM	18.4	100	N/A	AWD	Gear Transmission	4	[24]
9	Fiat 500	PMSM	87	220	N/A	FWD	Gear Transmission	4	[25]
10	Ford Mustang Mach-E SR RWD	PMSM	198	430	N/A	RWD	Gear Transmission	5	[26], [27]
11	GAC Aion S	N/A	135	300	N/A	FWD	Gear Transmission	5	[28]
12	Geely 帝豪 Gse	PMSM	130	270	N/A	FWD	N/A	5	[29]
13	GWM Ora Black Cat	N/A	35	125	N/A	FWD	Gear Transmission	4	[30]
14	Hyundai Ioniq 5 Standart	PMSM	125	350	N/A	RWD	Gear Transmission	5	[31], [32]
15	Hyundai Kona Electric	PMSM	100	395	N/A	FWD	Gear Transmission	5	[33], [34]
16	Kia Niro EV	PMSM	150	255	358	FWD	Gear Transmission	5	[35], [36]
17	Lexus UX 300e	PMSM	150	300	N/A	FWD	Gear Transmission	5	[37], [38]
18	Mercedes-Benz EQC Sport	Motor Induksi	300	760	N/A	AWD	Gear Transmission	5	[39], [40]
19	Microfino urban edition	N/A	12.5	89	N/A	N/A	Direct Drive	2	[41]
20	Mini Electric	PMSM	135	270	N/A	FWD	N/A	4	[42], [43]
21	NIO ES6	PMSM	406	725	N/A	FWD	N/A	5	[44]
22	Nissan Leaf	PMSM	110	320	350	FWD	Gear Transmission	5	[45], [46]
23	Renault Zoe E-Tech	PMSM	100	245	400	FWD	Gear Transmission	5	[47]
24	Saic mg zs ev	PMSM	105	353	N/A	FWD	Gear Transmission	7	[48], [49]
25	Tesla Model 3 Mid Range RWD	PMSM	192	416	355	RWD	Gear Transmission	5	[50], [51], [52]
26	Tesla Model S	PMSM	246	430	407	AWD	Gear Transmission	5	[53], [54], [55]
27	Tesla Model Y RWD	PMSM	150	350	345	RWD	Gear Transmission	5	[56], [57]
28	Toyota C+pod	PMSM	9.2	56	N/A	N/A	N/A	2	[58]
29	Volkswagen e-golf	PMSM	100	290	N/A	FWD	Gear Transmission	5	[59]
30	Volkswagen ID.3 style	PMSM	150	310	400	RWD	Gear Transmission	5	[60], [61]
31	Volkswagen ID.4 Life	PMSM	150	545	400	RWD	Gear Transmission	5	[62], [63]
32	Wuling Air Ev Standart	N/A	30	110	115	RWD	Gear Transmission	4	[64], [65]
33	Wuling Hongguang Mini EV	N/A	20	85	N/A	RWD	Gear Transmission	4	[66]

Tabel 2 Basisdata Spesifikasi Teknis Baterai pada beberapa KLBB tahun 2023

No	Kendaraan Listrik Berbasis Baterai (KLBB)	Negara Produsen	Tipe Mobil	Jenis Baterai	Kapasitas kWh	Charging Baterai (jam)	Jarak Tempuh (Km)	Kecepatan Maksimal (Kmpj)	Sumber
1	Audi Q4 e-tron 40	Jerman	SUV	Li-ion	82	N/A	390	180	[13], [14]
2	Baojun E300	China	Hatchback	N/A	31.9	5	305	100	[15]
3	BMW i3	Jerman	Hatchback	Li-ion	37.9	N/A	359	150	[16]
4	BYD Qin EV	China	Sedan	N/A	56.4	N/A	500	N/A	[17]
5	BYD Tang EV	China	SUV	Li-ion	86.4	13	400	180	[18], [19]
6	Chery eQ1	China	Hatchback	Li-ion	30.6	8	301	100	[20], [21]
7	Chevrolet Bolt EV	Amerika	Hatchback	Li-ion	65	7	416	146	[22], [23]
8	DFSK Mini EV	China	MPV	Li-ion	9.18	5	300	150	[24]
9	Fiat 500	Italia	Hatchback	Li-ion	42	12	320	150	[25]
10	Ford Mustang Mach-E SR RWD	Amerika	SUV	Li-ion	70	N/A	398	179	[26], [27]
11	GAC Aion S	China	Sedan	N/A	58.8	8 - 9.5	510	156	[28]
12	Geely 帝豪 Gse	China	Liftback	N/A	61.9	17	450	140	[29]
13	GWM Ora Black Cat	China	Hatchback	N/A	30.7	N/A	310	102	[30]
14	Hyundai Ioniq 5 Standart	Korea Selatan	SUV	Li-ion	58	4 - 5	384	185	[31], [32]
15	Hyundai Kona Electric	Korea Selatan	SUV	Li-Po	39.2	6	305	155	[33], [34]
16	Kia Niro EV	Korea Selatan	SUV	Li-Po	64.8	N/A	407	167	[35], [36]
17	Lexus UX 300e	Jepang	SUV	Li-ion	54.3	6 - 8	300	160	[37], [38]
18	Mercedes-Benz EQC Sport	Jerman	SUV	Li-ion	80	N/A	462	180	[39], [40]
19	Microfino urban edition	Italia	Micro	Li-ion	14	N/A	230	90	[41]
20	Mini Electric	Inggris	Hatchback	N/A	32.6	2.5	270	150	[42], [43]
21	NIO ES6	China	SUV	Li-ion	84	10	490	200	[44]
22	Nissan Leaf	Jepang	Hatchback	Li-ion	40	1 - 12	311	155	[45], [46]
23	Renault Zoe E-Tech	Inggris	Hatchback	Li-ion	52	3 - 32	385	145	[47]
24	Saic mg zs ev	Inggris	SUV	CATL	44.5	7.5	335	140	[48], [49]
25	Tesla Model 3 Mid Range RWD	Amerika	Sedan	Li-ion	75	N/A	567	260	[50], [51], [52]
26	Tesla Model S	Amerika	Sedan	Li-ion	70	N/A	386	225	[53], [54], [55]
27	Tesla Model Y RWD	Amerika	SUV	LiFePO4	75	N/A	488	241	[56], [57]
28	Toyota C+pod	Jepang	Micro	Li-ion	9	5	150	60	[58]
29	Volkswagen e-golf	Jerman	Hatchback	N/A	35.8	1 - 17	232	150	[59]
30	Volkswagen ID.3 style	Jerman	Hatchback	Li-ion	45	7.5	348	160	[60], [61]
31	Volkswagen ID.4 Life	Jerman	SUV	Li-ion	52	N/A	341	160	[62], [63]
32	Wuling Air Ev Standart	China	Hatchback	LiFePO4	17.3	8.5	200	100	[64], [65]
33	Wuling Hongguang Mini EV	China	Hatchback	Li-ion	9.3	N/A	120	100	[66]

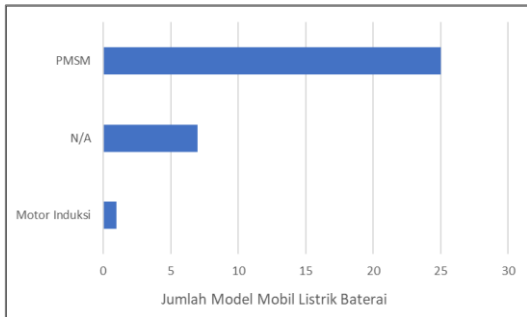
4.4 Jenis Pengemudian Elektrik KLBB

Secara umum, jenis motor listrik yang digunakan pada mobil listrik baterai adalah PMSM, motor induksi, motor DC, dan *switched reluctance motor*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram sistem pengemudian elektrik [12]

Berdasarkan jenis penggerak elektrik yang digunakan pada KLBB atau mobil listrik baterai populer di dunia, ditunjukkan pada Gambar 6.



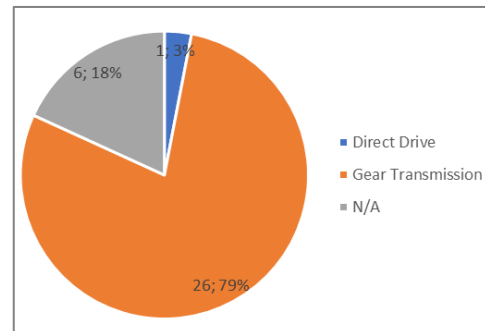
Gambar 6. Jenis penggerak KLBB

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa penggunaan PMSM sebagai penggerak sebanyak 25 buah (76%), motor induksi sebanyak 1 buah (3%), serta sebanyak 7 mobil (21%) tidak diketahui jenis motor yang digunakan. Berdasarkan data tersebut PMSM merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan, hal ini dikarenakan beberapa faktor seperti efisiensi yang tinggi, ukuran yang kompak, dan torsi besar [12].

4.5 Tipe Transmisi KLBB

Berdasarkan data mobil listrik baterai populer di dunia pada Tabel 1 dan Tabel 2, terdapat 2 tipe transmisi yang digunakan yaitu *direct drive* dan *gear transmission*. *Direct drive* yaitu sistem transmisi dimana motor listrik menggerakkan roda secara langsung, sedangkan *gear transmission* membutuhkan

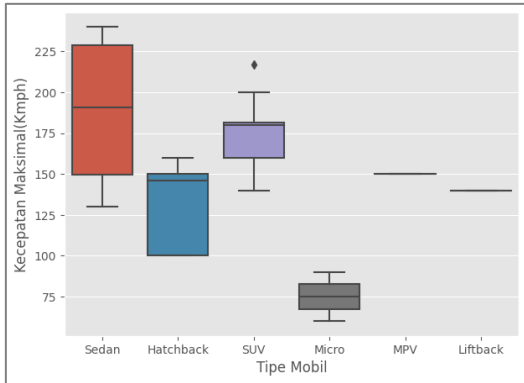
gear dalam mentransmisikan energi mekanik yang dihasilkan motor listrik [68]. Tipe transmisi yang digunakan pada mobil listrik baterai tersebut sebagian besar menggunakan *gear transmission* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 7, dapat dilihat bahwa mobil listrik yang menggunakan *gear transmission* sebesar 26 buah (79%), 6 buah tidak diketahui (18%), dan *direct drive* sebesar 1 buah (3%). Hal ini disebabkan, *gear transmission* memiliki rentang kecepatan yang lebih panjang. Jika dibandingkan dengan *gear transmission*, *direct drive* memiliki efisiensi yang cenderung lebih tinggi karena tidak adanya rugi transmisi. Namun, *direct drive* memiliki massa yang lebih tinggi pada bagian roda yang disebabkan tata letak motor di bagian roda. Selain itu, jika dibandingkan *gear transmission*, motor pada *direct drive* memerlukan ukuran yang lebih besar untuk menghasilkan tenaga yang sama [68].



Gambar 7. Tipe transmisi KLBB

4.6 Kecepatan, Daya dan Torsi KLBB

Berdasarkan basisdata KLBB pada Tabel 1 dan Tabel 2, dapat dilihat kecepatan maksimum KLBB bervariasi dan dapat dikelompokkan berdasarkan tipe mobil. *Boxplot* pada Gambar 8 menunjukkan rentang kecepatan maksimal mobil berdasarkan tipenya. Kecepatan maksimal dari mobil sedan cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan tipe mobil lain, dengan nilai maksimal sebesar 240 km/jam. Tipe mobil sedan juga memiliki nilai minimum sebesar 130 km/jam, dengan nilai median di angka 190.5 km/jam.



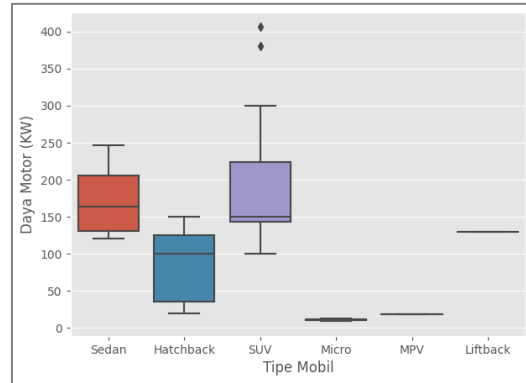
Gambar 8. Kecepatan maksimal KLBB

Daya dan torsi motor pada mobil listrik baterai populer juga bervariasi dan dapat dikelompokkan berdasarkan tipe mobil. *Boxplot* pada Gambar 9 menunjukkan rentang daya motor berdasarkan tipe mobil, sedangkan Gambar 10 menunjukkan rentang torsi motor berdasarkan tipe mobil.

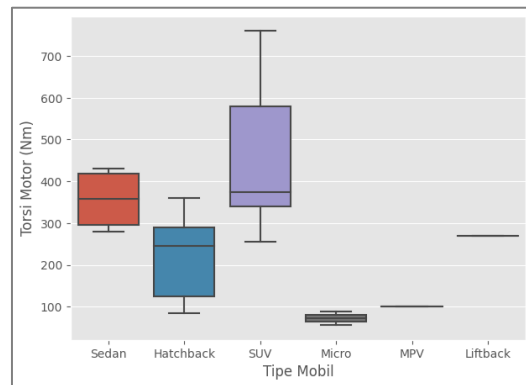
Berdasarkan Gambar 9 dan 10, SUV memiliki rentang daya dan torsi motor yang lebih panjang dengan nilai maksimum yang lebih tinggi dibandingkan tipe mobil lain. Hal ini disebabkan SUV umumnya diperuntukkan untuk kegiatan *offroad* yang baik yang membutuhkan tenaga lebih jika dibandingkan kegiatan urban, sehingga SUV memiliki daya yang cenderung lebih tinggi.

Selanjutnya sedan memiliki rentang daya sedikit dibawah SUV dengan nilai median yang mirip, hal ini disebabkan kebutuhan sedan akan kestabilan dan kenyamanan berkendara pada kecepatan tinggi dan tidak membutuhkan torsi sebesar SUV. Sehingga dengan rentang daya yang tidak berbeda jauh dengan SUV, sedan mampu menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

Terakhir *hatchback*, memiliki rentang daya dan torsi dibawah sedan maupun SUV. Hal ini disebabkan peruntukan *hatchback* yang cocok di area urban serta tidak membutuhkan kecepatan maksimal setinggi SUV dan sedan, sehingga daya motor dan torsi pada mobil listrik baterai tipe *hatchback* memiliki rentang dibawah SUV dan sedan.



Gambar 9. Daya motor KLBB



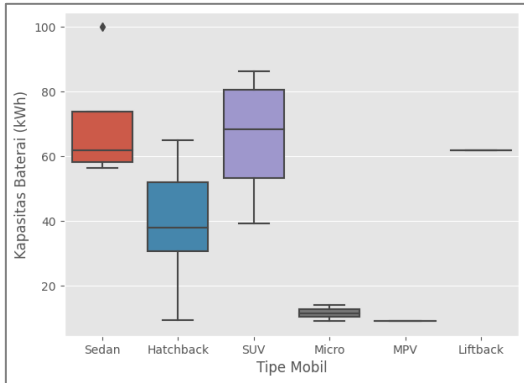
Gambar 10. Torsi motor KLBB

4.7 Baterai dan Jarak Tempuh KLBB

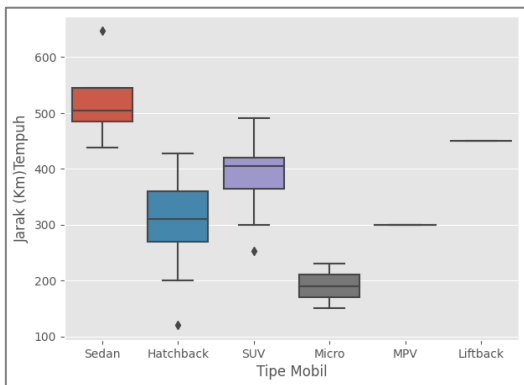
Kapasitas baterai dan jarak tempuh pada mobil listrik baterai populer juga bervariasi dan dapat dikelompokkan berdasarkan tipe mobil. *Boxplot* pada Gambar 11 menunjukkan rentang kapasitas baterai berdasarkan tipe mobil, sedangkan Gambar 12 menunjukkan rentang jarak tempuh berdasarkan tipe mobil.

Berdasarkan Gambar 11 dan 12, SUV dan sedan memiliki rentang kapasitas baterai yang mirip. Akan tetapi, rentang jarak tempuh sedan lebih tinggi jika dibandingkan dengan SUV. Hal ini disebabkan kebutuhan daya SUV yang cenderung lebih tinggi sehingga dengan rentang kapasitas baterai yang sama, jarak tempuh SUV lebih rendah jika dibandingkan sedan.

Selanjutnya *hatchback*, memiliki rentang kapasitas baterai dan jarak tempuh dibawah sedan maupun SUV. Hal ini disebabkan peruntukan *hatchback* yang cocok di area urban, sehingga tidak membutuhkan jarak tempuh dan kapasitas baterai setinggi sedan maupun SUV.



Gambar 11. Kapasitas baterai KLBB



Gambar 12. Jarak tempuh KLBB

5. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengobservasi secara sistematis spesifikasi teknis sistem pengemudian elektrik pada mobil listrik baterai atau KLBB komersial populer. Survei daring yang dilakukan pada tahun 2023 menghasilkan basisdata mobil listrik baterai sebanyak 33 buah.

Berdasarkan basisdata mobil listrik baterai atau KLBB populer di dunia yang berhasil disusun, PMSM merupakan tipe motor listrik yang paling banyak digunakan dengan jumlah sebanyak 76%. Hal ini disebabkan PMSM memiliki efisiensi yang tinggi, ukuran yang kompak, dan torsi besar. Selanjutnya, teknologi baterai yang sebagian besar digunakan adalah Li-Ion sebesar 70%. Ketiga, berdasarkan preferensi konsumen, *hatchback* dan SUV merupakan tipe mobil terbanyak. Keempat, China merupakan produsen mobil listrik baterai terbesar. Kelima, *gear transmission* lebih umum digunakan dibandingkan dengan *direct drive*. Keenam, sedan memiliki rentang kecepatan maksimal yang

lebih tinggi dibandingkan tipe mobil lain sedangkan SUV memiliki rentang torsi dan daya yang lebih tinggi dibandingkan tipe mobil lain. Terakhir, jarak tempuh sedan memiliki rentang yang lebih tinggi dibandingkan tipe mobil lainnya.

Paper ini diharapkan dapat menjadi acuan cepat untuk memahami perkembangan mobil listrik baterai dan sekaligus berfungsi sebagai pembanding spesifikasi teknis sistem pengemudian elektrik dan unjuk kerja mobil listrik baterai atau KLBB bagi para peneliti dan inventor kendaraan listrik di tanah air.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sadya, S. 2022. Jumlah Kendaraan di Indonesia Capai 141,99 Juta Unit pada 2021. Tersedia di: <https://dataindonesia.id/otomotif-transportasi/detail/jumlah-kendaraan-di-indonesia-capai-14199-juta-unit-pada-2021> [Diakses 28 Des. 2023].
- [2] Adi, I.P., Kumara, I.S. dan Agung, I., 2021. "Status Perkembangan Sepeda Listrik Dan Motor Listrik Di Indonesia". *Jurnal SPEKTRUM*, 8(4), pp.8-19.
- [3] E. T. Hayon, "Bus listrik: Lipi Uji Coba Hevina di Yogyakarta," *Bisnis.com*, <https://otomotif.bisnis.com/read/20130520/46/140028/bus-listrik-lipi-uji-coba-hevina-di-yogyakarta> [Diakses Oct. 19, 2023].
- [4] Hidranto, F. 2023. Kolaborasi Pembangunan infrastruktur Kendaraan Listrik, Laman Resmi Republik Indonesia Portal Informasi Indonesia. Tersedia di: <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/6892/kolaborasi-pembangunan-infrastruktur-kendaraan-listrik?lang=1> [Diakses: 19 October 2023].
- [5] Pribadi, A. 2023. Pemerintah Terus Gencarkan Sosialisasi Program Konversi Motor Listrik, *esdm*. Tersedia di: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pemerintah-terus-gencarkan-sosialisasi-program-konversi-motor-listrik> [Diakses: 19 October 2023].
- [6] Kumara, S, Nyoman. 2008. *Pengemudian Elektrik Sebagai Tenaga Penggerak:Sistem Dengan Motor Nano-*

- Scale Sampai Megawatt. Teknologi Elektro.07:2.
- [7] Kumara, N.S., 2008. Konverter Daya Untuk Pengemudian Elektrik: Discrete Atau Module. Teknologi Elektro, 101.
- [8] Satriady, A., Alamsyah, W., Saad, A.H. and Hidayat, S., 2016. Pengujian pengaruh luas elektroda terhadap karakteristik baterai LiFePO₄. Jurnal Material dan Energi Indonesia, 6(02), pp.43-48..
- [9] Norhisam, M., Nazifah, A., Aris, I., Wakiwaka, H. and Nirei, M., 2010. *Effect of magnet size on torque characteristic of three phase permanent magnet brushless DC motor. In 2010 IEEE student conference on research and development (SCORed)* (pp. 293-296). IEEE.
- [10] Pontes, J. 2021. *Global Electric Vehicle Top 20 - EV sales report*, CleanTechnica. Tersedia di: <https://cleantechnica.com/2021/02/04/global-electric-vehicle-top-20-ev-sales-report/> [Diakses: 21 November 2023].
- [11] Gaikindo. 2022. *Gaikindo Wholesales Data*, Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia, Gaikindo, p.1. Tersedia di: <https://www.gaikindo.or.id/indonesian-automobile-industry-data/> [Diakses 21 Jun. 2023].
- [12] Sadek, S.M., 2016. Power Electronic Converter Topologies used in Electric Vehicles. *Doctor of Philosophy, Faculty of Engineering, Shams University*
- [13] Audi. 2023. *Audi Q4 e-tron*. Tersedia di: https://www.audiusa.com/us/web/en/models/q4/q4-e-tron/2024/overview.html#layer=/us/web/en/models/q4/q4-e-tron/2024/overview.summary_layer_tech_data.html [Diakses 27 Des. 2023].
- [14] EV Compare. 2021. *Audi Q4 e-tron*. Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/audi/audi-q4-e-tron-40/> [Diakses 27 Des. 2023].
- [15] China Mobil. 2020. *Baojun E300*. Tersedia di: <https://www.chinamobil.ru/eng/saic/baojun/e300> [Diakses 27 Des. 2023].
- [16] BMW. 2018. *Technical specifications BMW i3 (120 Ah)*. Tersedia di: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/attachment/T0284828EN/415571> [Diakses 27 Des. 2023].
- [17] China Mobil. 2016. *BYD Qin EV*. Tersedia di: <https://www.chinamobil.ru/eng/byd/qin-ev300> [Diakses 27 Des. 2023].
- [18] BYD. 2023. *BYD TANG*. Tersedia di: <https://www.byd.com/eu/car/tang> [Diakses 27 Des. 2023].
- [19] EV Database. 2022. *BYD TANG*. Tersedia di: <https://ev-database.org/car/1783/BYD-TANG> [Diakses 27 Des. 2023].
- [20] EV Compare. 2017. *Chery eQ1*. [online] Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/chery/chery-eq1/> [Diakses 27 Des. 2023].
- [21] Kurniawan, R. dan Kurniawan, A. 2022. *Spesifikasi Chery EQ1, Mobil Listrik Mungil di IIMS 2022*. Tersedia di: <https://otomotif.kompas.com/read/2022/04/01/130200415/spesifikasi-chery-eq1-mobil-listrik-mungil-di-iims-2022> [Diakses 27 Des. 2023].
- [22] Chevrolet. 2023. *CHEVROLET BOLT EV - 2023*. Tersedia di: <https://media.chevrolet.com/media/us/en/chevrolet/vehicles/bolt-ev/2023.html> [Diakses 27 Des. 2023].
- [23] EV Compare. 2021. *Chevrolet Bolt EV*. Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/chevrolet/chevrolet-bolt-ev-65-kwh/> [Diakses 27 Des. 2023].
- [24] AutoFun. 2023. *DFSK Mini EV 2023 | Autofun*. Tersedia di: <https://www.autofun.co.id/mobil/dfsk/mini-ev/spesifikasi> [Diakses 27 Des. 2023].
- [25] EV Compare. 2020. *Fiat 500*. Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/fiat/fiat-500-42-kwh/> [Diakses 27 Des. 2023].
- [26] Ford. 2023. *2023 FORD MUSTANG MACH-E*. Tersedia di: <https://media.ford.com/content/dam/ford-media/North%20America/US/2023/05/0>

- 2/2023%20Mustang%20Mach-E%20Tech%20Specs.pdf [Diakses 27 Des. 2023].
- [27] EV Compare. 2022. *Ford Mustang Mach-E*. Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/ford/ford-mustang-mach-e-sr-rwd/> [Diakses 27 Des. 2023].
- [28] China Mobil. 2019. *GAC Aion S*. Tersedia di: <https://www.chinamobil.ru/eng/gac/aion-s> [Diakses 27 Des. 2023].
- [29] EV Compare. 2019. *Geely Gse 600*. Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/geely/geely-%E5%B8%9D%E8%B1%AA-gse-600/> [Diakses 27 Des. 2023].
- [30] China Mobil. 2018. *Ora Black Cat*. Tersedia di: <https://chinamobil.ru/eng/great-wall/ora/r1> [Diakses 27 Des. 2023].
- [31] Hyundai. 2022. *IONIQ 5*. Tersedia di: <https://hyundaimobil.co.id/vehicle/assets/files/e-brochure-ioniq-5.pdf> [Diakses 27 Des. 2023].
- [32] EV Compare. 2021. *Hyundai Ioniq 5*. Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/hyundai/hyundai-ioniq-5-standard-range-2wd/> [Diakses 27 Des. 2023].
- [33] Hyundai. 2023. *Hyundai KONA Electric Specification*. Tersedia di: <https://www.hyundai.com/in/en/find-a-car/kona-electric/specification> [Diakses 26 Des. 2023].
- [34] EV Compare. 2021. *Hyundai Kona Electric*. Tersedia di: https://evcompare.io/cars/hyundai/hyundai_kona_electric_standard-range_2018/ [Diakses 26 Des. 2023].
- [35] Kia. 2023. *2024 Kia Niro EV*. Tersedia di: <https://www.kia.com/us/en/vehicles/niro-ev/2024/specs.Wind> [Diakses 27 Des. 2023].
- [36] EV Compare. 2020. *Kia Niro EV*. Tersedia di: https://evcompare.io/cars/kia/kia_niro_ev_long-range_2018/ [Diakses 27 Des. 2023].
- [37] Lexus. 2023. *Lexus UX 300e*. Tersedia di: <https://www.lexus.co.id/en/models/ux/ux-300e.html#overview> [Diakses 27 Des. 2023].
- [38] Oto. 2023. *Lexus UX 2024 300e*. Tersedia di: <https://www.oto.com/en/mobil-baru/lexus/ux/300e> [Diakses 27 Des. 2023].
- [39] Mercedes. 2022. *Mercedes-Benz EQC*. Tersedia di: <https://www.mercedes-benzsouthwest.co.uk/eqc> [Diakses 27 Des. 2023].
- [40] EV Compare. 2019. *Mercedes EQC*. Tersedia di: https://evcompare.io/cars/mercedes/mercedes_eqc_2019/ [Diakses 27 Des. 2023].
- [41] Microlino. 2023. *Microlino car*. Tersedia di: <https://microlino-car.com/en/microlino> [Diakses 27 Des. 2023].
- [42] MINI. 2023. *MINI ELECTRIC*. Tersedia di: https://www.mini.co.id/en_ID/home/range/electric/models-and-options.html [Diakses 27 Des. 2023].
- [43] EV Compare. 2023. *Mini Cooper SE*. Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/mini/mini-cooper-se/> [Diakses 27 Des. 2023].
- [44] EV Compare. 2019. *NIO ES6*. Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/nio/nio-es6-510km-version/> [Diakses 27 Des. 2023].
- [45] Nissan. 2023. *Nissan Leaf*. Tersedia di: <https://nissan.com.my/wp-content/uploads/2023/03/New-Nissan-LEAF-2023-Digital-Brochure.pdf> [Diakses 27 Des. 2023].
- [46] EV Compare. 2022. *Nissan Leaf*. Tersedia di: https://evcompare.io/cars/nissan/nissan_leaf_40kwh/ [Diakses 27 Des. 2023].
- [47] Renault. 2023. *New Renault ZOE*. Tersedia di: <https://www.renault.co.uk/electric-vehicles/zoe.html> [Diakses 26 Des. 2023].
- [48] MG. 2022. *MG ZS EV SUV*. Tersedia di: [Ahmad Luqyanto Syamaidzar, dkk](https://mg.com.sg/wp-</p>
</div>
<div data-bbox=)

- content/uploads/MG-ZS-EV-Jul-2022.pdf [Diakses 27 Des. 2023].
- [49] EV Compare. 2020. *MG ZS EV*. Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/mg/mg-zs-ev-excite/> [Diakses 27 Des. 2023].
- [50] Tesla. 2022. *Tesla Model 3*. Tersedia di: <https://www.tesla.com/model3> [Diakses 26 Des. 2023].
- [51] Tesla. 2023. *Model 3 Owner's Manual*. Tersedia di: https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/en_us/ [Diakses 26 Des. 2023].
- [52] EV Compare. 2018. *All Electric Passenger Cars*. Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/tesla/tesla-model-3-mid-range-rwd/> [Diakses 26 Des. 2023].
- [53] Tesla. 2021. *Tesla Model S*. Tersedia di: <https://www.tesla.com/models> [Diakses 27 Des. 2023].
- [54] Tesla. 2023. *Model S Owner's Manual*. Tersedia di: https://www.tesla.com/ownersmanual/models/en_us/GUID-E414862C-CFA1-4A0B-9548-BE21C32CAA58.html [Diakses 27 Des. 2023].
- [55] Oto. 2023. *Tesla Model S 2024*. Tersedia di: <https://www.oto.com/en/mobil-baru/tesla/model-s/spesifikasi#sec-variants> [Diakses 27 Des. 2023].
- [56] Tesla. 2019. *Model Y Tesla*. Tersedia di: <https://www.tesla.com/modely> [Diakses 26 Des. 2023].
- [57] EV Compare. 2023. *All Electric Passenger Cars*. Tersedia di: <https://evcompare.io/cars/tesla/tesla-model-y-standard-range/> [Diakses 26 Des. 2023].
- [58] Tunas Toyota. 2021. *Spesifikasi Toyota C+pod*. Tersedia di: <https://www.tunastoyota.com/post/toyota-c-pod-mobil-listrik-toyota-rp200-jutaan> [Diakses 27 Des. 2023].
- [59] EV Compare. 2017. *VW e-Golf*. Tersedia di: https://evcompare.io/cars/volkswagen/vw_e-golf_2018/ [Diakses 27 Des. 2023].
- [60] Volkswagen. 2023. *Volkswagen ID.3*. Tersedia di: <https://www.volkswagen.co.uk/en/electric-and-hybrid/electric-cars/id3.html> [Diakses 27 Des. 2023].
- [61] EV Database. 2023. *Volkswagen ID.3 Pro*. Tersedia di: <https://ev-database.org/car/1831/Volkswagen-ID3-Pro> [Diakses 27 Des. 2023].
- [62] Volkswagen. 2021. *ID.4*. Tersedia di: https://www.volkswagen.co.uk/idhub/content/dam/onehub_pkw/importers/gb/downloads/brochures/used-cars/id-4/id4-brochure-pricelist-april-21.pdf [Diakses 27 Des. 2023].
- [63] EV Database. 2023. *Volkswagen ID.4 Pro*. Tersedia di: <https://ev-database.org/car/2028/Volkswagen-ID4-Pro> [Diakses 27 Des. 2023].
- [64] Wuling. 2022. *Wuling Air ev*. Tersedia di: <https://wuling.id/id/air-ev#specification> [Diakses 27 Des. 2023].
- [65] AutoFun. 2023. *Wuling Air EV 2023*. Tersedia di: <https://www.autofun.co.id/mobil/wuling/air-ev/spesifikasi> [Diakses 27 Des. 2023].
- [66] China Mobil. 2020. *Wuling MINI EV - Specifications*. Tersedia di: <https://www.chinamobil.ru/eng/saic/wuling/mini-ev> [Diakses 26 Des. 2023].
- [67] Kusuma, F.A. and Sharif, O.O., 2019. *Analisis customer value index dalam memilih mobil hatchback di Indonesia*. eProceedings of Management, 6(3).
- [68] Cai, S., Kirtley, J. L. J. & Lee, C. H. T. 2022. *Critical review of direct-drive electrical machine systems for electric and hybrid electric vehicles*. IEEE Transactions On Energy Conversion, 37(4), 2657-2668.