

## PERKEMBANGAN BATERAI DAN CHARGER UNTUK MENDUKUNG PEMASYARAKATAN SEPEDA LISTRIK DI INDONESIA

N. M. A. Wijaya<sup>1</sup>, I. N. S. Kumara<sup>2</sup>, C. G. I. Partha<sup>3</sup>, Y. Divayana<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Jl Kampus Unud, Bukit Jimbaran, Bali, Indonesia 80361  
[nyomanmarthaady@gmail.com](mailto:nyomanmarthaady@gmail.com)<sup>1</sup>, [satya.kumara@unud.ac.id](mailto:satya.kumara@unud.ac.id)<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Dewasa ini kendaraan listrik mulai berkembang dan didukung oleh teknologi baterai yang semakin baik seperti berukuran kecil dan mampu menyimpan energi yang besar. Salah satu jenis kendaraan listrik sederhana adalah sepeda listrik. Tulisan ini meninjau ketersediaan baterai dan *battery charger* untuk sepeda listrik yang ada di Indonesia. Tinjauan meliputi telaah terhadap spesifikasi teknis, *manufacturer*, vendor dari baterai dan *battery charger*. Survei menghasilkan data sebanyak 117 buah baterai dan 54 buah data *charger* kemudian diolah untuk mendapatkan status ketersediaannya di dalam negeri. Informasi mengenai ketersediaan baterai dan *battery charger* untuk sepeda listrik ini diharapkan dapat dijadikan salah satu rujukan cepat bagi masyarakat dalam memilih baterai dan *battery charger* untuk sepeda listrik serta dapat memberikan gambaran kepada *stakeholder* tentang status baterai dan *charger* dalam melakukan riset dan pengembangan baterai dan peralatan *charging* untuk kendaraan listrik.

**Kata kunci** : Baterai, Daur Ulang Baterai, *Battery Charger*, Harmonisa, Sepeda Listrik

### ABSTRACT

*Nowadays electric vehicles begin to grow and are supported by improved battery technology such as smaller size and capable of storing large amounts of energy. One type of simple electric vehicle is an electric bicycle. This paper reviews the availability of batteries and battery chargers for electric bicycles in Indonesia. The review includes a discussion on the technical specifications, manufacturer, the vendor of the battery, and battery charger. The survey produced a data consists of 117 batteries and 54 chargers and then processed to obtain status on the availability in the domestic market. The information regarding the availability of batteries and battery chargers for electric bicycles is expected to be used as a quick reference for the community in choosing batteries and battery chargers for electric bicycles and can provide an overview to stakeholders about the status of batteries and chargers in conducting research and development of batteries and charging equipment for electric vehicles.*

**Key Words:** *Battery, Battery Recycle, Battery Charger, Harmonics, Electric Bicycle*

### 1. PENDAHULUAN

Target *Nationally Determined Contribution* (NDC) Indonesia adalah mengurangi emisi sebesar 29% dengan upaya sendiri dan menjadi 41% dengan dukungan kerja sama internasional pada tahun 2030. Berdasarkan data Kementerian ESDM pada 2016, sektor transportasi tercatat menghasilkan emisi sebanyak 1,28 juta ton CO<sub>2</sub> dengan rata-rata peningkatan 6,7% per tahun. Solusi yang dicanangkan pemerintah untuk mengurangi emisi adalah dengan meningkatkan penggunaan kendaraan listrik [1].

Pengembangan kendaraan listrik di Indonesia telah didukung oleh pemerintah melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) [2]. Pengembangan kendaraan listrik untuk Provinsi Bali telah didukung oleh pemerintah daerah dengan diterbitkannya Peraturan Gubernur Bali No. 48/2019 tentang Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai [3].

Pada tahun 1912 perkembangan kendaraan listrik paling pesat terjadi di

Amerika Serikat (AS). Perkembangan kendaraan listrik terhambat karena beberapa hal penting seperti penemuan cadangan minyak di negara bagian Texas menyebabkan harga bahan bakar minyak lebih terjangkau. Lima belas tahun hingga dua puluh tahun terakhir kendaraan listrik mulai dikembangkan kembali. Keterbatasan sumber energi konvensional dan dampak pemakaiannya terhadap lingkungan memicu pengembangan kendaraan listrik kembali [4].

Menteri Riset dan Teknologi (Menristek)/ Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Bambang Brodjonegoro menyatakan bahwa arah pengembangan kendaraan listrik berfokus pada sepeda motor listrik dan menargetkan Indonesia pada tahun 2025 mampu memproduksi dua juta sepeda motor listrik [5].

Sepeda motor dan skuter listrik adalah kendaraan dengan dua atau tiga roda yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak rodanya. Sepeda listrik adalah sepeda terintegrasi dengan motor listrik yang dapat digunakan sebagai alat bantu geraknya. Bagian utama sepeda listrik secara umum adalah motor listrik, rangkaian kontrol, dan baterai. Performa baterai akan berkurang seiring waktu sehingga baterai perlu diganti secara berkala.

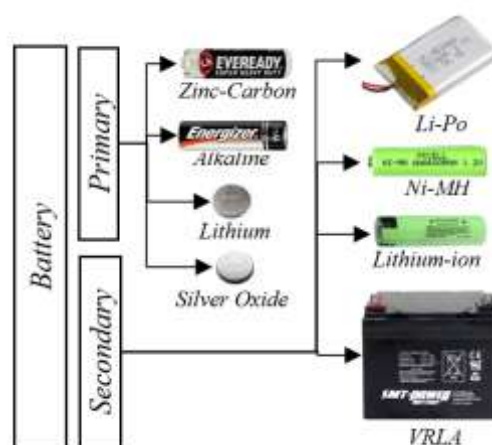
Proses *charging* menggunakan *battery charger* yang di dalamnya terdapat komponen *rectifier* yang tergolong beban *non-linear*. Beban *non-linear* menarik arus besar dan singkat yang menyebabkan kondisi arus tidak proposional terhadap tegangan. Beban ini membuat timbulnya distorsi harmonisa yang dapat merusak peralatan yang terhubung dengan sumber yang sama [6].

Penelitian ini mencoba menelaah ketersediaan baterai dan *battery charger* untuk sepeda listrik di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis-jenis baterai yang tersedia di Indonesia, standarisasi baterai, *battery charger* sepeda listrik, dan status ketersediaan baterai dan *battery charger* sepeda listrik di Indonesia. Informasi yang

disajikan dalam penelitian ini diharapkan dapat membantu *stakeholder* dalam melakukan riset dan pengembangan komponen kendaraan listrik khususnya untuk aplikasi sepeda listrik.

## 2. TEKNOLOGI BATERAI

Baterai digolongkan menjadi dua berdasarkan proses yang terjadi, yaitu *primary battery* dan *secondary battery*. Gambar 1 adalah penggolongan jenis baterai beserta contohnya.



Gambar 1. Penggolongan baterai[7]

*Primary battery* adalah baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja lalu dibuang seperti baterai *zinc-carbon*, *alkaline*, *silver oxide*, dll [7]. *Secondary battery* adalah baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali seperti *lithium-ion* (Li-ion atau LIB), *Lithium Polymer* (Li-Po), *Baterai Lead Acid* (Accu) dan *Nickel-Metal Hydride* (Ni-MH). Tabel 1 adalah tabel kelebihan dan kekurangan dari masing-masing jenis baterai [8].

Bahan elektroda baterai *lithium-ion* adalah senyawa litium interkalasi sedangkan pada baterai *Lithium Polymer* (Li-Po) menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk menyerupai lapisan plastik film tipis [9]. Baterai Ni-MH menyimpan energi menggunakan ion hidrogen [10]. Baterai *Lead Acid* menggunakan asam timbal (*Lead Acid*) sebagai bahan kimianya. Baterai *Lead Acid* menghasilkan listrik dengan mengubah pelat timbal menjadi timbal-

sulfur-oksida. Pada saat charging baterai, proses tersebut dibalik (*reverse*) [11].

Tabel 1. Kelebihan dan kekurangan jenis-jenis baterai

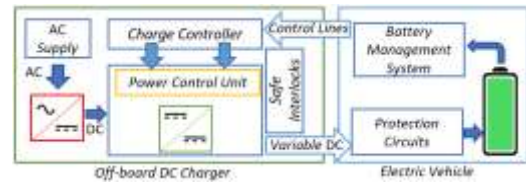
Jenis Baterai	Kelebihan	Kekurangan
Lithium-ion	Tanpa efek memori	Memiliki life time yang pendek dari 2 sampai 3 tahun dari tanggal pembuatan.
	Memiliki kepadatan energi yang sangat tinggi, sehingga banyak energi dapat disimpan di dalamnya.	Mengalami degradasi lebih cepat jika mereka terkena panas dibandingkan dengan paparan suhu normal.
	Kehilangan energi yang lambat saat tidak digunakan	Dapat mengalami penuaan, meskipun tidak digunakan
Li-Po	Empat kali kepadatan energi baterai <i>Nickel Cadmium</i> (Ni-Cad) atau <i>Nickel-metal Hydride</i> (Ni-MH).	Memiliki life time yang lebih pendek daripada baterai NiMH dengan rata-rata hanya 300-400 siklus jika dirawat dengan baik
	Baterai Li-Po sangat ringan dan lentur, dan dapat dibuat hampir dalam semua ukuran atau bentuk.	Jika mengalami <i>overcharge</i> atau <i>overheat</i> baterai akan terbakar.
	Baterai Li-Po lebih tahan benturan dibandingkan baterai lainnya.	Biaya pembuatan baterai Li-Po tinggi
Lead-Acid	Murah, andal, impedansi internal yang rendah Dapat dibiarkan dalam kondisi <i>trickle</i> atau <i>float charge</i> untuk waktu yang lama.	Ukurannya besar dan berat Efisiensi tipikal coulomb charge 70%
	Dapat mengalirkan arus listrik yang tinggi,	Memiliki bahaya <i>overheating</i> saat <i>charging</i> , tidak cocok untuk <i>fast charging</i>
Ni-MH	Kapasitas lebih tinggi 30-40 persen dibandingkan baterai Ni-Cd	Perlu <i>maintenance</i> rutin untuk mencegah kristalisasi
	Ramah lingkungan	Waktu <i>charging</i> lebih lama, karena menghasilkan panas saat <i>charging</i>
	Penyimpanan dan transportasi lebih mudah	<i>Self-discharge</i> yang tinggi, performa menurun jika ditempatkan di tempat yang bersuhu tinggi

Baterai yang tepat untuk kendaraan listrik sebaiknya memiliki karakteristik kepadatan energi yang tinggi, ringan, tahan terhadap suhu tinggi, efisiensi tinggi, *discharge rate* tinggi, dan aman. Dewasa ini baterai *lithium-ion* adalah baterai yang paling diminati untuk digunakan dalam kendaraan listrik. Sejumlah penelitian berusaha memperbaiki teknologi baterai *lithium-ion* tradisional, berfokus pada

pengembangan kepadatan energi, daya tahan, biaya, dan keselamatan intrinsik.

### 3. BATTERY CHARGER

*Battery charger* adalah alat yang digunakan untuk mengisi daya baterai isi ulang dari sumber listrik [12]. *Off-board battery charger* berada di luar kendaraan listrik yang dapat mengalirkan daya DC ke baterai kendaraan listrik [13].



Gambar 2. Blok diagram *battery charger* secara umum [13]

*Battery charger* secara umum memiliki bagian-bagian seperti pada Gambar 2. Sumber yang digunakan pada *battery charger* adalah listrik AC (*Alternating Current*). AC/DC Converter berfungsi untuk mengubah arus AC menjadi arus DC. DC/DC Converter berfungsi mengubah tegangan dan arus DC sesuai dengan kebutuhan baterai. *Charge Controller* berfungsi sebagai *feedback* untuk DC/DC Converter dengan input yang berasal dari BMS (*Battery Management System*) dan mengubah besar arus output sesuai dengan *feedback* yang diberikan.

*Lead Acid* dan *lithium-ion battery charger* beroperasi pada voltase dan arus konstan (CC-CV). Arus muatan konstan dan tegangan meningkat sampai batas yang ditentukan. Baterai saturasi saat tegangan mencapai batas dan arus turun hingga baterai tidak lagi dapat menerima pengisian daya dan proses *charging* selesai [14]. *Battery charger* memiliki proteksi seperti *output short circuit protection*, *reverse polarity protection*, *thermal shutdown*. *Battery charger* tergolong beban non-linear, sehingga diperlukan komponen filter harmonisa. *Battery charger* juga memiliki fitur tambahan seperti *display*, sensor suhu, *cooling system* seperti *heat sink* dan *exhaust fan*, dan sebuah data *logger* untuk memantau proses *charging* baterai.

Standar kelayakan suatu peralatan listrik diatur oleh suatu organisasi yang disebut *International Electrotechnical Commission* (IEC). IEC mengeluarkan standar yang mengatur batasan harmonisa pada beban kecil satu fasa atau tiga fasa, beban kecil terbagi atas empat kelas yaitu kelas A, B, C dan kelas D [15]. Batas harmonisa sesuai dengan standar IEC 61000 3-2 ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Batas harmonisa standar IEC 61000 3-2 [16]

Harmonics [n]	Class A [A]	Class B [A]	Class C [% of fund]	Class D [mA/W]
Odd Harmonics				
3	2.30	3.45	$30 \times \lambda$	3.4
5	1.14	1.71	10	1.9
7	0.77	1.155	7	1
9	0.4	0.6	5	0.5
11	0.33	0.495	3	0.35
13	0.21	0.315	3	3.85/13
$15 \leq n \leq 39$	$0.15 \times \frac{1}{15/n}$	$0.225 \times \frac{1}{15/n}$	3	$3.85/n$
Even Harmonics				
2	1.08	1.62	2	-
4	0.43	0.645	-	-
6	0.3	0.45	-	-
$8 \leq n \leq 40$	$0.23 \times \frac{1}{8/n}$	$0.345 \times \frac{1}{8/n}$	-	-

$\lambda$  is the circuit power factor

Kelas B ditujukan untuk *portable tools*, kelas C ditujukan untuk peralatan pencahayaan termasuk *dimmer*, kelas D ditujukan untuk *personal computer*, dll yang memiliki daya kurang atau sama dengan 600W, kelas A ditujukan untuk peralatan selain yang dimaksud dari kelas-kelas sebelumnya khususnya peralatan tiga fasa [16].

#### 4. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini meninjau perkembangan baterai dan *battery charger* khususnya untuk mendukung perkembangan kendaraan listrik di Indonesia. *Workflow* dari penelitian ini disajikan pada Gambar 3. Kegiatan dalam setiap tahapan dan hasilnya dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skematik penelitian

Tahap pertama dilakukan *review* terhadap standar baterai dan *battery charger*. Tahap kedua adalah *review* spesifikasi teknis baterai dengan mengumpulkan teknologi baterai yang ada. Tahap ketiga adalah melakukan survei jenis baterai dan *battery charger* yang ada di pasar Indonesia melalui web *e-commerce*. Tahap ke empat adalah mengumpulkan informasi baterai dan *battery charger* melalui data yang didapat dari distributor / *trader*. Tahap ke lima adalah mengumpulkan informasi mengenai baterai dan *battery charger* dengan sumber dari artikel ilmiah *conference* dan *report*. Tahap ke enam adalah tahap mengolah informasi yang didapat sesuai dengan kelompoknya selanjutnya dilakukan proses analisis dari masing-masing kelompok. Hasil dari tahapan ini adalah status dari perkembangan baterai dan *battery charger* di Indonesia.

Data yang digunakan pada penulisan ini adalah data ketersediaan jenis baterai, tegangan baterai, kapasitas baterai, bentuk baterai, *brand* baterai, besar tegangan *battery charger*, dan besar arus *battery charger*. Penelitian ini juga menggunakan data standar yang berlaku untuk masing-masing jenis baterai, *battery charger* dan harmonisa yang diijinkan. Sumber data yang digunakan untuk mendapatkan ketersediaan baterai dan *battery charger* adalah melalui web *e-commerce* Indonesia dan informasi distributor. Sumber data informasi standar adalah artikel ilmiah, *conference*, dan informasi dari situs Kementerian Perindustrian Indonesia, SNI, IEC, ANS dll.

#### 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah meninjau status baterai dan *battery charger* untuk sepeda listrik di Indonesia. Telaah ini menghasilkan *database* baterai sebanyak 117 buah dan *charger* sebanyak 54 buah data. Basis data ini disusun dalam bentuk tabel dan dapat diperoleh dengan menghubungi penulis.

##### 5.1 Baterai



Baterai *rechargeable* yang beredar di pasar Indonesia sebagian besar adalah jenis VLRA dan *lithium-ion*. Gambar 4 adalah *pie chart* dari jumlah baterai yang beredar di Indonesia berdasarkan teknologinya.



Gambar 4. Jenis baterai yang beredar di Indonesia

Pada Gambar 44 dapat dilihat jumlah baterai jenis VLRA sebanyak 60% dan baterai *lithium-ion* sebanyak 40%. Jumlah baterai VRLA lebih banyak disebabkan oleh penggunaannya sebagai aki pada mobil dan juga sepeda motor. Penggunaan baterai jenis VRLA banyak digunakan sebagai aki pada kendaraan karena murah, andal dan baterai VRLA memiliki umur lebih panjang jika mengalami *depth of discharge*  $\pm 30\%$  [17].

Besar tegangan baterai yang beredar di pasar Indonesia memiliki rentang tegangan 6 sampai 48 volt. Tegangan baterai 6 volt dan 8 volt biasanya digunakan untuk *power supply* lampu *emergency*, mainan mobil listrik. Baterai tegangan 12 volt digunakan untuk UPS, sepeda listrik, aki mobil, aki motor, dll. Baterai tegangan 24 volt digunakan untuk

baterai sepeda listrik, UPS, dll. Baterai tegangan 36 volt biasanya digunakan untuk sepeda listrik. Baterai bertegangan 48 volt umumnya digunakan pada sepeda listrik, *scooter* listrik, aki mobil. Gambar 5 adalah grafik ketersediaan baterai berdasarkan tegangan.



Gambar 5. Grafik ketersediaan baterai berdasarkan besar tegangan

Pada 5 terlihat bahwa saat ini baterai yang dijual di pasar Indonesia yang paling banyak adalah baterai dengan tegangan 12 volt sebanyak 49% diikuti tegangan 36 volt sebanyak 23% dan 24 volt sebanyak 11%. Baterai bertegangan 12 volt memiliki jumlah varian model terbanyak karena tegangan 12 volt banyak digunakan untuk aki kendaraan sepeda motor dan juga mobil.

Kapasitas baterai yang beredar di Indonesia mulai dari 2.3 Ah hingga 235 Ah. Gambar 6 adalah grafik dari besar kapasitas baterai yang beredar di Indonesia.



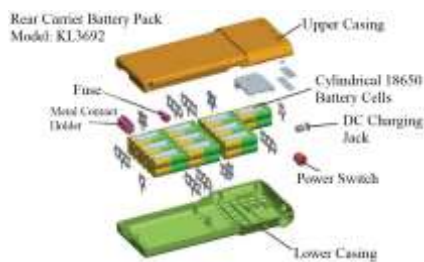
Gambar 6. Ketersediaan baterai berdasarkan besar kapasitas

Pada Gambar 6 dapat dilihat bagaimana ketersediaan baterai sepeda listrik berdasarkan kapasitas yang beredar di pasar Indonesia. Kapasitas baterai sepeda listrik yang paling banyak beredar adalah baterai dengan kapasitas 11.6 Ah sebanyak 18 buah (14.5%), karena baterai

dengan kapasitas ini banyak digunakan untuk sepeda listrik. Baterai dengan kapasitas 7 Ah memiliki ketersediaan sebanyak 11 buah (8%) karena disamping dipakai pada sepeda listrik juga digunakan sebagai *power supply* alat alarm kebakaran, CCTV, lampu darurat, dll.

Baterai dengan kapasitas yang besar membutuhkan *space* penyimpanan yang luas dan struktur rangka sepeda yang kuat untuk menahan berat dari baterai.

Baterai *lithium-ion* untuk sepeda listrik terdiri dari sel-sel baterai *lithium-ion* yang disusun secara seri dan paralel. Satu sel baterai *lithium-ion* memiliki tegangan kerja  $\pm 3.70$  V dan kapasitas  $\pm 2.4$  Ah. Sel baterai disusun secara seri untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan dan disusun paralel untuk mendapatkan kapasitas yang diinginkan. Gambar 7 adalah gambar dari penyusunan sel baterai pada sepeda listrik.



Gambar 7. Desain penyusunan baterai sepeda listrik [18]

Gambar 7 menunjukkan desain baterai KL3692 *Rear Carry*. Baterai ini terdiri dari 40 sel baterai dengan konfigurasi 10s4p. Sel baterai *lithium-ion* dengan brand Panasonic model NCR18650 memiliki tegangan 3.6 V, kapasitas 2900 mAh dan dimensi  $\varnothing 18.6 \times 65.2$  mm. Dengan sel ini dan konfigurasi 10s4p, maka besar tegangan *output* dari baterai ini adalah 36V dan kapasitas 11.6 Ah [18].

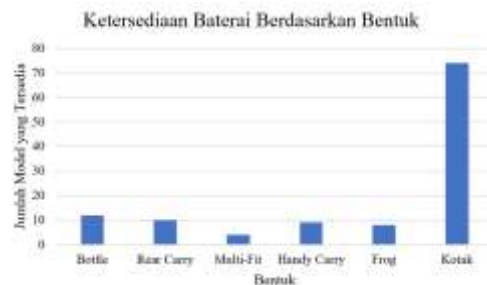
Baterai yang tersedia di Indonesia terdapat 6 bentuk yang dijual di pasar Indonesia yaitu bentuk *bottle*, *rear carry*, *multi-fit*, *handy carry*, *frog*, dan kotak. Tabel 3 adalah tabel bentuk baterai beserta contoh penempatannya pada bagian sepeda.

Pada Tabel 3, bentuk baterai *bottle* ditempatkan pada bagian tengah rangka bawah sepeda. Baterai bentuk *rear carry* diletakkan di bagian belakang sepeda. Bentuk baterai *multi-fit* dan *handy carry* diletakkan di bagian tengah sepeda dekat roda belakang. Bentuk baterai tipe *frog* diletakkan pada rangka bagian bawah *saddle* sepeda. Bentuk baterai tipe kotak umumnya diletakkan menggantung pada sisi kanan dan kiri roda belakang sepeda. Gambar 8 adalah grafik ketersediaan

baterai di Indonesia berdasarkan bentuknya.

Tabel 3. Bentuk baterai dan penempatannya pada rangka sepeda

Bentuk	Gambar
Bottle	 (www.PortaPower.com, 2020)
Rear Carry	 (www.PortaPower.com, 2020)
Multi-Fit	 (www.PortaPower.com, 2020)
Handy Carry	 (www.PortaPower.com, 2020)
Frog	 (www.PortaPower.com, 2020)
Kotak	 (www.Amazon.com, 2020)



Gambar 8. Grafik ketersediaan bentuk case baterai

Berdasarkan Gambar 8, dapat diketahui bentuk dari case baterai yang dijual di pasar Indonesia yang terbanyak adalah bentuk kotak sebanyak 63%. Hal ini disebabkan oleh baterai jenis VRLA yang memiliki bentuk kotak. Bentuk kotak dari VRLA berfungsi untuk memperbanyak permukaan lempeng yang terkena elektrolit. Baterai *lithium-ion* untuk 1 selnya memiliki bentuk tabung berukuran  $\varnothing 18.6 \times 65.2$  mm sehingga dapat disusun dalam bentuk case yang beragam.

### 5.2 Brand Baterai

Pemerintah Indonesia sedang membangun pabrik bahan baku baterai bersama dengan PT QMB *New Energy Materials* yang berlokasi di kawasan Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP), Sulawesi Tengah [19]. Pemerintah Indonesia juga sedang dalam proses pembangunan pabrik baterai bersama dengan perusahaan asal Jepang dan China. Pabrik baterai ini berlokasi di Morowali (Sulawesi Tengah), Weda dan Obi (Maluku Utara), serta Pomalaa (Sulawesi Selatan) [20]. Brand baterai yang beredar di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Brand* baterai di Indonesia

<i>Brand</i> Baterai	
Chilwee	Panasonic
Consent	PortaPower
Gpower	Power Plus
Incoe	Prolink
Kijo	SMT-Power Battery
Maxion	Solana
Maxstrom	VOZ
MotorcycleFit	Xiaomi
Nagoya	Yuasa
ND	Zanetta
Noble Power	Zeus

### 5.3 Standar Baterai

Terdapat beberapa lembaga independen Internasional yang mengeluarkan standar/sertifikasi tentang baterai seperti IEC, ANSI, BS, UL, GB, EN dan IEEE. Standar baterai internasional secara umum dapat dilihat pada Tabel 5 [21].

Tabel 4. *General battery standard*

Standard Number	Title
IEC 60050	International electro technical vocabulary. Chapter 486: Secondary cells and batteries.
IEC 60086-1, BS 387	Primary Batteries - General
IEC 60086-2, BS	Batteries - General
ANSI C18.1M	Portable Primary Cells and Batteries with Aqueous Electrolyte - General and Specifications
ANSI C18.2M	Portable Rechargeable Cells and Batteries - General and Specifications
ANSI C18.3M	Portable Lithium Primary Cells and Batteries - General and Specifications
UL 2054	Safety of Commercial and Household Battery Packs - Testing
IEEE 1625	Standard for Rechargeable Batteries for Mobile Computers
USNEC Article 480	Storage Batteries

Standar internasional baterai *lithium-ion* dapat dilihat pada Tabel 6 [21].

Tabel 5. *Lithium-ion battery standard*

Standard Number	Title
BS 2G 239:1992	Specification for primary active lithium batteries for use in aircraft
BS EN 60086-4:2000, IEC 60086-4:2000	Primary batteries. Safety standard for lithium batteries
BS EN 61960-1:2001, IEC 61960-1:2000	Secondary lithium cells and batteries for portable applications. Secondary lithium cells
BS EN 61960-2:2002, IEC 61960-2:2001	Secondary lithium cells and batteries for portable applications. Secondary lithium batteries
02/208497 DC	IEC 61960. Ed.1. Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Secondary lithium cells and batteries for portable applications
02/209100 DC	IEC 62281. Ed.1. Safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport
BS G 239:1987	Specification for primary active lithium batteries for use in aircraft
BS EN 60086-4:1996, IEC 60086-4:1996	Primary batteries. Safety standard for lithium batteries
UL 1642	Safety of Lithium-Ion Batteries - Testing
GB /T18287-2000	Chinese National Standard for Lithium Ion batteries for mobile phones
ST/SG/AC.10/27/	United Nations recommendations on the transport of dangerous goods

Standar internasional baterai *Lead Acid* dapat dilihat pada Tabel 7 [22].

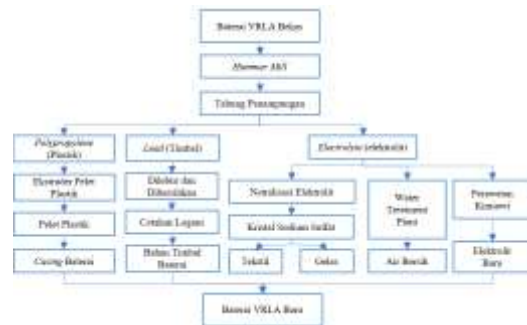
Tabel 6. *Lead-acid battery standard*

Standard Number	Title
IEC 60095-1:2006	General requirements and methods of test
IEC 60095-2:2009	Dimensions of batteries and dimensions and marking of terminals
IEC 60095-4:2008, EN 50342-4:2009	Dimensions of batteries for heavy vehicles
IEC TS 61430:1997	Secondary cells and batteries - Test methods for checking the performance of devices designed
IEC 62485-1:2015	Safety requirements for secondary batteries and battery installations - Part 1: General safety information
EN 61429:1996/A11:1998	Marking of secondary cells and batteries with the international recycling symbol ISO 7000-1135
EN 50272-1:2010	Safety requirements for secondary batteries and battery installations e Part 1: General safety information
EN 50342-1:2015, JIS D 5303-1:2004	General requirements and methods of test
EN 50342-5:2010/AC:2011	Properties of battery housings and handles
EN 50342-7:2015	General requirements and methods of tests for motorcycle batteries
J1495_201302	Test Procedure for Battery Flame Retardant Venting System
J2185_201202	Life Test for Heavy-Duty Storage Batteries (Lead-acid Type only)
J3060_201604	Automotive and Heavy-Duty/Off-Road Battery Vibration Test Method
GB/T 22199-2008	Sealed lead-acid battery used for moped
GB/T 23638-2009, JIS D 5302:2004	Lead-acid batteries for motorcycles
SBA S 1221 2012	Valve-regulated lead-acid batteries for electric vehicles

**5.4 Daur Ulang Baterai**

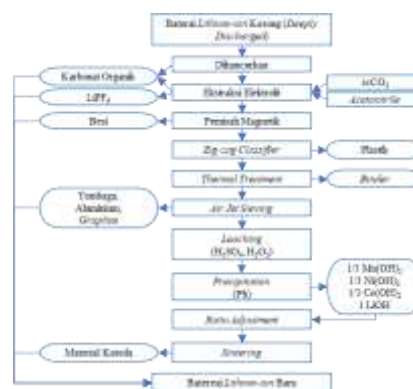
Limbah B3 salahsatunya adalah baterai bekas karena memiliki kandungan logam berat yang berbahaya bagi lingkungan. baterai yang sudah tidak terpakai sebaiknya tidak dibuang ke tempat pembuangan sampah umum karena menyebabkan pencemaran lingkungan. Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.12/2020 tentang Penyimpanan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

Setiap teknologi baterai akan memiliki daur ulang berbeda-beda. Gambar 9 adalah gambar daur ulang baterai *Lead Acid*.



Gambar 9. Siklus daur ulang baterai *lead acid* [23]

Daur ulang *Lead Acid battery* dimulai dengan menghancurkan baterai menjadi bagian kecil kemudian ditempatkan ke dalam tabung, di mana timah dan logam berat jatuh ke dasar dan plastik mengapung. Potongan *polypropylene* diambil dan diolah menjadi pelet plastik kecil. Pelet dikirim kembali ke manufaktur casing baterai. *Lead grid*, *lead oxide* dan bagian timbal lainnya dibersihkan dan dilebur menjadi logam keping yang selanjutnya dikirim ke produsen baterai, untuk kembali digunakan dalam produksi baterai baru. Asam baterai bekas dapat ditangani dengan dua cara dikonversi menjadi deterjen, gelas dan industri tekstil, atau netralisasi menjadi air. Air tersebut kemudian diolah, dibersihkan, diuji di pabrik pengolahan air limbah untuk memastikan memenuhi standar air bersih [23].



Gambar 10. Siklus daur ulang baterai *lithium-ion* [24]

Baterai *lithium-ion* yang sudah kosong (*deeply discharged*) dibongkar dan sel baterai dihancurkan. Elektrolit yang terdiri dari campuran karbonat *linear and cyclic* dan garam konduktif ( $LiPF_6$ ) yang menguap



pada tahap ini dikondensasikan dan dikumpulkan. Selanjutnya ekstraksi elektrolit dengan menggunakan ( $\text{scCO}_2$ ) dan menghasilkan  $\text{LiPF}_6$ . Tahap zig-zag *classifier* untuk memisahkan plastik dari proses daur ulang. Tahap *thermal treatment* berfungsi menghilangkan binder. Tahap *air jet sieving* menghasilkan tembaga, aluminium dan *graphite*. Tahap *leaching* dengan menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dilanjutkan dengan tahap *Precipitation* dengan menyesuaikan Ph, hasil dari tahap *Precipitation* kemudian dilakukan *ratio adjustment* dilanjutkan dengan tahap *sintering*, hasil dari tahap ini adalah material katoda baterai. Karbonat organik,  $\text{LiPF}_6$ , besi, tembaga, aluminium, *graphite* dan material katoda digunakan sebagai bahan untuk membuat baterai *lithium-ion* baru [24].

Daur ulang baterai di Indonesia masih belum banyak dipublikasikan atau jika hal ini sudah dilakukan tapi sosialisasinya masih minimal. Kegiatan terkait daur ulang baterai sudah mulai dilakukan seperti adanya program kemitraan BPPT bersama dengan *Western Michigan University* di bidang teknologi R&D pengolahan material dari limbah baterai *lithium-ion*. Kegiatan ini bertujuan untuk membangun kerja sama antara BPPT dengan *Western Michigan University* [25].

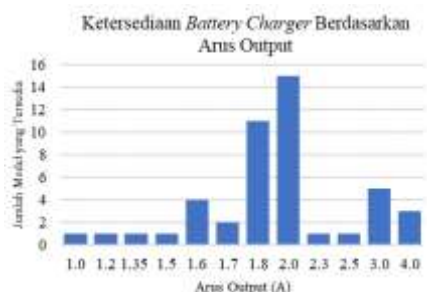
### 5.5 Battery Charger untuk Sepeda Listrik

*Battery charger* untuk sepeda listrik digunakan untuk mengisi daya baterai sepeda listrik. Dari survei yang telah dilakukan, produk *charger* yang beredar di Indonesia merupakan hasil impor dari China dan Jepang. Rentang tegangan *output* dari *charger* yang ditinjau adalah 24-72 volt DC dengan rentang arus 1.0-5.0 ampere. Teknologi baterai yang dapat diisi oleh baterai *charger* yang telah ditinjau adalah baterai *lithium-ion* dan VLRA dengan kapasitas 12-40 Ah. Berikut adalah grafik spesifikasi tegangan dan arus output *charger* yang tersedia di pasar Indonesia.



Gambar 11. Grafik *battery charger* berdasarkan besar tegangan output

Pada Gambar 11 dapat dilihat besar tegangan *battery charger* yang beredar di pasar Indonesia 24-29.5 volt berjumlah 11 buah (20%), 36 volt 9 buah (16%), dan 48 volt sebanyak 11 buah (20%). Tegangan baterai yang digunakan untuk sepeda listrik saat ini sebesar 24, 36, 48 volt. Tegangan *charging* maksimal untuk tiap brand baterai *lithium-ion* berbeda-beda, secara umum tegangan charge maksimal sebesar  $\pm 4.20$  volt/sel. Jenis sel yang berbeda menyebabkan tegangan *charging* berbeda untuk setiap *brand* baterai *packs lithium-ion*. Grafik *battery charger* berdasarkan besar arus outputnya dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik *battery charger* berdasarkan besar arus output

Pada Gambar 12 dapat dilihat output *battery charger* yang banyak tersedia adalah dengan nilai 2.0 ampere sebanyak 32% dan 1.8 ampere sebanyak 24%. Arus *charging* 1.8-2.0 ampere memiliki jumlah model terbanyak karena kapasitas baterai dari sepeda listrik saat ini secara umum sebesar 10 Ah. Kecepatan *charging* yang direkomendasikan oleh pabrikan adalah kurang dari 0.8C untuk mencegah kerusakan baterai dan memperpanjang usia dari baterai. Penggunaan *battery*

charger dengan besar arus 1.8-2.0 ampere untuk mengisi baterai yang memiliki kapasitas 10 Ah, maka *charge rate* dari *battery charger* adalah 1.8C-2C sehingga tidak merusak baterai.

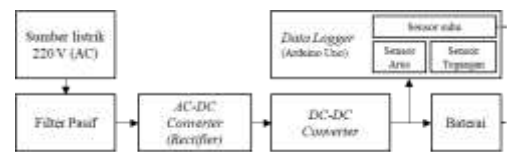
**5.6 Standar Battery Charger**

Sertifikasi pada produk elektronik berfungsi untuk memastikan bahwa kualitas produk tersebut memenuhi standar, menjamin keamanan pengguna, serta memastikan produk sudah memenuhi ketentuan hukum yang berlaku di negara-negara tempat produk tersebut diproduksi. Jenis standar yang digunakan disesuaikan dengan negara tempat produk tersebut mendapatkan hak paten. Sertifikasi produk elektronik yang biasa digunakan yaitu, IEC, UL, SNI, dll.

**5.7 Rencana Penelitian**

Penulis sedang merencanakan perancangan *battery charger* dengan kapasitas yang sesuai untuk aplikasi sepeda listrik yang bertujuan untuk mendukung pengembangan kendaraan listrik di Indonesia khususnya *Light Electric Vehicle* (LEV) seperti sepeda listrik.

Pada perancangan *battery charger* untuk sepeda listrik terdapat komponen utama seperti sumber listrik AC, AC-DC converter, DC-DC converter, dan baterai. Pada Gambar 13 dapat dilihat diagram blok dari *battery charger* yang akan dirancang.



Gambar 13. Diagram blok *battery charger*

*Battery charger* ini mampu melakukan *charging* baterai lithium dengan besar *output* 29.6 V dengan arus 3 ampere DC yang dilengkapi sistem *data logger*. Komponen AC-DC converter dengan menggunakan *Switched-mode Power Supply* dengan *output* 32 volt 3 ampere DC, karena ukurannya kecil, ringan, tidak panas dan memiliki efisiensi tinggi. DC-DC converter yang dapat digunakan salah satu contohnya adalah XL4015 PWM *buck step-down dc-dc converter* dengan frekuensi 180 kHz konstan, modul ini dapat memberikan arus hingga 5 ampere konstan, *output* tegangan yang dapat disesuaikan 1.25-32 volt, efisiensi hingga 96%, fungsi proteksi *thermal shutdown*, dan proteksi *output short* [26].

**6. KESIMPULAN**

Artikel ini telah meninjau status baterai dan *battery charger* untuk sepeda listrik di Indonesia. Telaah ini menghasilkan *database* baterai sebanyak 117 buah dan *charger* sebanyak 54 buah data. Baterai yang paling banyak tersedia adalah baterai VRLA 60% dan *lithium-ion* 40%. Tegangan baterai berkisar dari 6 hingga 48 volt dan yang paling banyak tersedia adalah tegangan 12 volt sebanyak 49%. Dari segi kapasitas, baterai tersedia dari 2.3 Ah hingga 235 Ah dan yang paling banyak

Tabel 7. Standar nasional SNI terkait kendaraan listrik, baterai dan *battery charger*

SNI Number	Title
SNI ISO TR 8713:2017	Kendaraan berpengerak (propulsi) listrik - Kosakata
SNI IEC 62660-2:2017	Sel ion Lithium sekunder untuk penggerak kendaraan listrik Bagian 1 : Pengujian Performa
SNI IEC 62660-2:2017	Sel ion-lithium sekunder untuk penggerak kendaraan listrik – Bagian 2: Pengujian keandalan dan penyalahgunaan
SNI ISO/TR 13062:2018	Sepeda motor dan mopeds elektrik - Terminologi dan klasifikasi
SNI ISO 13063:2018	Sepeda motor dan mopeds elektrik - Spesifikasi keselamatan
SNI ISO 13064-1:2018	Kinerja - Moped dan Sepeda Motor Baterai-Listrik - Bagian 1 : Konsumsi dan jangkauan energi acuan
SNI ISO 13064-2:2018	Kinerja – Moped dan sepeda motor Baterai-listrik Bagian 2 : Karakteristik pengoperasian jalan
SNI 0038:2009	<i>Lead-Acid Batteries for Four Wheels Vehicle or More</i>
SNI 4326:2013	<i>Lead-Acid Batteries for Vehicle L Vehicle or More</i>
SNI 04-2051.1-2004	<i>Primary Batteries – Part 1: General</i>
SNI 04-2051.2-2004	<i>Primary Batteries – Part 2: Physical and Electrical Specifications</i>
SNI 04-6392-2000	<i>Cell and Secondary Battery for Use of Individual Photovoltaic Power Generation Systems – General Requirements and Testing Methods</i>

adalah baterai dengan kapasitas 11.6 Ah sebanyak 14.5%. Tegangan *battery charger* yang tersedia berkisar dari 12 hingga 72 volt dengan yang paling banyak tersedia adalah jenis tegangan 24 hingga 29.5 volt sebanyak 20%. Dari segi arus *output*, *battery charger* tersedia dari 1.0 hingga 4 ampere dan yang paling banyak adalah *battery charger* dengan arus *output* 2 ampere yaitu sebanyak 24%. Baterai dan *battery charger* di Indonesia sudah cukup siap untuk mendukung perkembangan sepeda listrik jika dilihat dari aspek keragaman spesifikasi teknis.

Sosialisasi mengenai daur ulang baterai di Indonesia masih sangat minim. Indonesia mulai menuju ke arah daur ulang baterai namun perlu dipercepat agar limbah baterai dapat dikelola tanpa merusak lingkungan.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ministry of Energy and Resources. 2017. *Kajian Penggunaan Faktor Emisi Lokal ( Tier 2 ) dalam Kajian Inventarisasi GRK Sektor Energi*.
- [2] L. S. Djaman. 2019. "Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2019,"
- [3] I. B. G. Sudarsana. 2019. "Peraturan Gubernur Bali Nomor 48 Tahun 2019,"
- [4] N. S. Kumara. 2012. "Tinjauan Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang," *Transmisi*, vol. 10, no. 2, pp. 89–96,
- [5] A. Pingit. 2019. "Bukan Mobil Listrik, Pemerintah Akan Fokus Riset Motor Listrik,"
- [6] M. Andrejevic-Stosovic, M. Dimitrijevic, S. Bojanic, O. Nieto-Taladriz, and V. Litovski. 2016. "Characterization of nonlinear loads in power distribution grid," *Facta Univ. - Ser. Electron. Energ.*, vol. 29, no. 2, pp. 159–175,
- [7] M. Thowil Afif and I. Ayu Putri Pratiwi. 2015. "Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95–99,
- [8] B. Isidor. 2020. "Learn About Batteries." [Online]. Available: <https://batteryuniversity.com/learn/>. [Accessed: 29-Aug-2020].
- [9] R. A. Simmons. 2010. "The Advantages & Limitations of Lithium Polymer Batteries," [Online]. Available: <https://www.cedtechnologies.com/advantages-a-limitations-of-lithium-polymer-batteries/>.
- [10] B. Isidor. 2017. "The Nickel-Metal Hydride (NiMH) battery Research," [Online]. Available: [https://batteryuniversity.com/learn/archive/whats\\_the\\_best\\_battery](https://batteryuniversity.com/learn/archive/whats_the_best_battery).
- [11] H. Sandra. 2014. "Valve Regulated Lead Acid ( VRLA ) Batteries," [Online]. Available: <https://www.upsbatterycenter.com/blog/valve-regulated-lead-acid-vrla-batteries/>.
- [12] C. Dictionary. 2016. "Definition of recharger," [Online]. Available: <http://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/recharger> 17.
- [13] D. Ronanki, A. Kelkar, and S. S. Williamson. 2019. "Extreme fast charging technology—prospects to enhance sustainable electric transportation," *Energies*, vol. 12, no. 19, pp. 1–17,
- [14] B. Isidor. 2020. "All About Battery Chargers," [Online]. Available: [https://batteryuniversity.com/learn/article/all\\_about\\_chargers](https://batteryuniversity.com/learn/article/all_about_chargers). [Accessed: 20-Jul-2020].
- [15] V. Juniva and R. Hasibuan. 2015. "Pengukuran Tingkat Harmonisa Pada Beberapa Merk Juicer (Dengan Standar Iec 61000 3-2)," *Singuda ENSIKOM*, vol. 13, no. 35, pp. 1–6,
- [16] K. Armstrong, "A Practical Guide for EN 61000-3-2 - Limits for harmonic current emissions."
- [17] B. Isidor. 2020. "How does Lead Acid Battery Work." [Online]. Available: [https://batteryuniversity.com/learn/article/The\\_optimum\\_operating\\_temperature\\_for\\_cuts\\_battery\\_life\\_in\\_half](https://batteryuniversity.com/learn/article/The_optimum_operating_temperature_for_cuts_battery_life_in_half). [Accessed: 20-Aug-2020].
- [18] PortaPower, "e-Bike Battery." [Online]. Available: <https://www.portapower.com/files/pdf/e-Bike-Battery.pdf>. [Accessed: 25-Aug-2020].
- [19] A. Aszhari. 2019. "Resmi, Indonesia Punya Pabrik Bahan Baku Baterai Mobil Listrik di Morowali,"
- [20] L. Anshori, "Hore, Akhir 2020 Indonesia Bakal Punya Pabrik Cell Battery Mobil Listrik," Jul-2020.
- [21] K. Paradise, "Battery Standards," *Battery Reference Book*. [Online].

- Available:  
<https://www.epectec.com/batteries/battery-standards.html>.
- [22] T. Hildebrandt, A. Osada, S. Peng, and T. J. Moyer. 2017. *Standards and tests for lead-acid batteries in automotive applications*. Elsevier B.V.,
- [23] R. Lizotte, "Data Center VRLA Battery End-of-Life Recycling Procedures." [Online]. Available: <https://download.schneider-electric.com>. [Accessed: 24-Aug-2020].
- [24] S. Nowak and M. Winter. 2018. "Recycling of Lithium Ion Batteries," [Online]. Available: <https://analyticalscience.wiley.com/do/10.1002/gitlab.15680/full/>. [Accessed: 24-Aug-2020].
- [25] A. U. Hapsari, "LITHIUM-ION BATTERY RECYCLING R&D." [Online]. Available: [http://b2tke.bppt.go.id/images/Gallery\\_Zona\\_Integritas/Evidence\\_ZI/Sistem\\_Manajemen\\_SDM/A.III.3.e\\_Realisasi\\_\(Laporan\\_Kegiatan\\_Riset-Pro\).pdf](http://b2tke.bppt.go.id/images/Gallery_Zona_Integritas/Evidence_ZI/Sistem_Manajemen_SDM/A.III.3.e_Realisasi_(Laporan_Kegiatan_Riset-Pro).pdf). [Accessed: 01-Sep-2020].
- [26] XLSEMI, "General Description Datasheet 4A 180KHz 36V Buck DC to DC Converter." [Online]. Available: [http://www.xlsemi.com/datasheet/XL4015\\_datasheet.pdf](http://www.xlsemi.com/datasheet/XL4015_datasheet.pdf).