

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baterai

Baterai adalah sebuah perangkat yang dapat menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia dan mengubahnya menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk menggerakkan perangkat elektronik. Baterai terdiri dari beberapa sel elektrokimia yang terhubung sdalam seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

Baterai memiliki dua terminal, yaitu terminal positif dan terminal negatif. Ketika baterai terhubung dengan beban listrik, arus listrik mengalir dari terminal positif ke terminal negatif, menghasilkan energi listrik yang dapat digunakan untuk menggerakkan perangkat elektronik. Selama penggunaan baterai, energi listrik dalam baterai akan terus berkurang dan baterai perlu diisi ulang atau diganti setelah energi listrik dalam baterai habis.



Gambar 2.1 Baterai pack

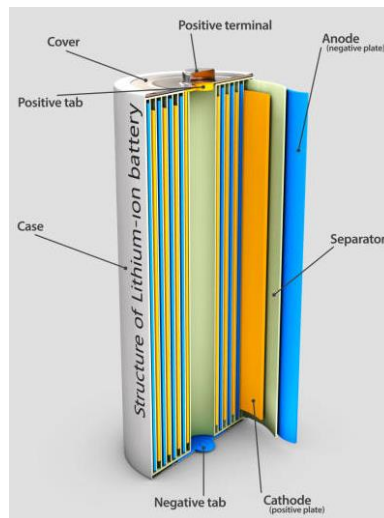
Baterai tersedia dalam berbagai jenis dan ukuran, termasuk baterai sekali pakai dan baterai isi ulang. Beberapa jenis baterai yang umum digunakan antara lain baterai alkaline, baterai nikel kadmium (NiCd), baterai nikel logam hidrida (NiMH), dan baterai lithium-ion (Li-ion). Setiap jenis baterai memiliki karakteristik dan parameter yang berbeda, seperti kapasitas, tegangan, arus maksimum, siklus hidup, suhu, dan efisiensi, yang perlu dipahami untuk memilih dan menggunakan baterai dengan benar.

2.2 Struktur Baterai

Baterai terdiri dari beberapa komponen yang bekerja bersama untuk menghasilkan listrik. Pada umumnya, struktur baterai terdiri dari dua elektroda (anoda dan katoda) yang dipisahkan oleh elektrolit dan ditempatkan di dalam sel. Anoda terbuat dari logam seperti grafit, sedangkan katoda terbuat dari senyawa kimia seperti lithium kobalt oksida (LiCoO_2), lithium

mangan oksida (LiMn_2O_4), atau lithium besi fosfat (LiFePO_4). Elektrolit biasanya terdiri dari larutan elektrolit organik atau elektrolit padat seperti polimer konduktif.

Baterai *lithium-ion* memiliki struktur yang mirip dengan baterai konvensional, namun menggunakan senyawa lithium pada elektroda dan elektrolit. Anoda pada baterai lithium-ion terbuat dari grafit yang diberi lapisan tipis dari senyawa lithium. Sementara itu, katoda terbuat dari senyawa lithium seperti LiCoO_2 , LiMn_2O_4 , atau LiFePO_4 .



Gambar 2. 2 Komponen baterai

Baterai lithium terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja sama untuk menghasilkan energi listrik. Berikut adalah penjelasan mengenai struktur baterai lithium secara umum:

1. *Anoda* pada baterai lithium terbuat dari logam lithium atau senyawa karbon seperti grafit. Anoda berfungsi sebagai elektroda negatif yang menerima *ion lithium* selama proses pengisian dan melepaskan ion lithium selama proses pengosongan baterai. Anoda juga bertindak sebagai penampung elektron selama proses pengisian baterai.
2. *Katoda* pada baterai *lithium* terbuat dari senyawa logam seperti kobalt, nikel, dan mangan. *Katoda* berfungsi sebagai elektroda positif yang melepaskan *ion lithium* selama proses pengosongan baterai dan menerima ion lithium selama proses pengisian baterai. *Katoda* juga memainkan peran penting dalam menentukan kapasitas, energi spesifik, dan stabilitas baterai.
3. *Elektrolit* pada baterai *lithium* dapat berupa elektrolit cair atau elektrolit padat. *Elektrolit* berfungsi sebagai media penghantar *ion* yang memungkinkan *ion lithium* berpindah dari *anoda* ke *katoda* selama proses pengisian dan dari *katoda* ke *anoda* selama proses pengosongan. Elektrolit juga bertindak sebagai *separator* antara *anoda* dan *katoda* untuk mencegah kontak langsung dan menghindari arus listrik yang tidak diinginkan.

4. *Separator* pada baterai lithium berfungsi untuk memisahkan *elektroda* positif dan negatif dan mencegah kontak langsung yang dapat menyebabkan korsleting atau kerusakan baterai. *Separator* pada baterai *lithium* umumnya terbuat dari bahan berpori seperti *polimer* atau kertas berlubang.
5. Kepala sel dan penghubung kepala sel pada baterai lithium berfungsi untuk menghubungkan sel-sel elektrokimia dalam satu baterai dan menyalurkan arus listrik ke peralatan yang membutuhkan daya. Kepala sel pada baterai lithium dapat berupa terminal atau konektor yang terhubung ke *elektroda* positif dan negatif. Penghubung pada baterai *lithium* berfungsi untuk menghubungkan sel-sel elektrokimia dalam satu baterai dan mencegah kebocoran *elektrolit* dari sel baterai.

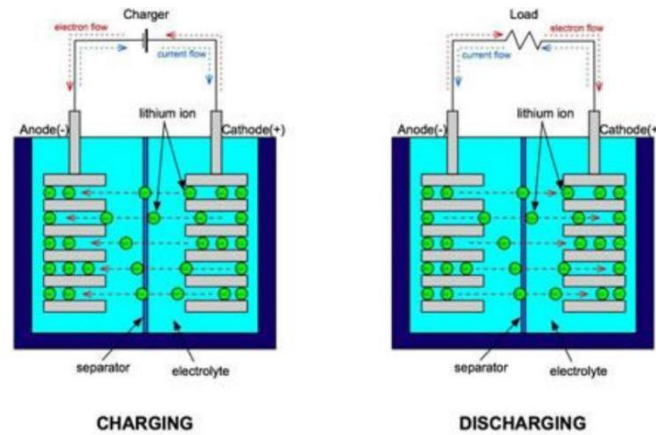
Dengan struktur yang kompleks dan berbagai komponen utama yang bekerja sama, baterai *lithium* dapat menghasilkan energi listrik yang lebih efisien dan ramah lingkungan dibandingkan baterai konvensional lainnya.

2.3 Mekanisme Pengisian dan Pengosongan Baterai

Mekanisme pengisian dan pengosongan baterai tergantung pada jenis baterai yang digunakan. Berikut adalah penjelasan umum mengenai mekanisme pengisian dan pengosongan baterai *lithium*, yang merupakan jenis baterai yang paling umum digunakan pada perangkat *elektronik* dan kendaraan listrik:

1. **Pengisian Baterai** Pengisian baterai lithium dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke anoda, sehingga ion lithium di anoda akan bergerak *ke elektrolit* dan kemudian menuju ke katoda. Selama proses ini, katoda akan menyerap ion *lithium* dan menyimpannya sebagai energi kimia. Pengisian baterai *lithium* biasanya dilakukan dengan arus listrik konstan hingga kapasitas baterai mencapai 80-90%, kemudian dilanjutkan dengan arus listrik berkurang hingga baterai mencapai kapasitas penuh.
2. **Pengosongan Baterai** Pengosongan baterai *lithium* dilakukan dengan mengalirkan arus listrik dari katoda ke anoda melalui perangkat elektronik atau kendaraan listrik yang menggunakan baterai tersebut. Selama proses ini, ion *lithium* akan bergerak dari katoda ke anoda melalui *elektrolit*, dan energi kimia pada *katoda* akan dilepaskan sebagai energi listrik. Pengosongan baterai *lithium* biasanya dilakukan hingga kapasitas baterai mencapai 20-30%, kemudian baterai perlu diisi ulang untuk menghindari kerusakan pada sel baterai dan memperpanjang umur baterai.
3. **Proteksi Baterai** Pada baterai *lithium*, terdapat sistem proteksi yang berfungsi untuk mencegah kerusakan baterai akibat pengisian atau pengosongan yang berlebihan atau

suhu yang terlalu tinggi. Sistem proteksi ini terdiri dari sensor suhu, sensor arus, dan sistem manajemen baterai yang akan memutuskan arus listrik saat kondisi baterai mencapai batas yang ditentukan untuk menghindari kerusakan pada baterai.



Gambar 2.3 Pengisian dan pengosongan baterai

Pengisian dan pengosongan baterai yang dilakukan dengan benar dapat memperpanjang umur baterai dan meningkatkan efisiensi energi. Oleh karena itu, penting untuk mengikuti petunjuk penggunaan yang disarankan oleh produsen baterai dan menghindari pengisian atau pengosongan baterai yang berlebihan atau suhu lingkungan yang terlalu tinggi.

2.4 Karakteristik dan Parameter Baterai

Baterai memiliki karakteristik dan parameter yang perlu dipahami untuk memahami performa dan keandalan baterai. Berikut adalah penjelasan singkat mengenai karakteristik dan parameter baterai:

1. Kapasitas baterai adalah jumlah energi listrik yang dapat disimpan oleh baterai dalam satuan watt-hour (Wh) atau ampere-hour (Ah). Semakin tinggi kapasitas baterai, semakin lama baterai dapat digunakan sebelum perlu diisi ulang.
2. Tegangan baterai adalah perbedaan potensial listrik antara *katoda* dan *anoda* baterai. Tegangan baterai dipengaruhi oleh material *katoda* dan *anoda*, serta kondisi pengisian dan pengosongan baterai.
3. Arus Maksimum Arus maksimum adalah jumlah arus listrik maksimum yang dapat dikeluarkan oleh baterai tanpa menyebabkan kerusakan pada baterai. Arus maksimum dipengaruhi oleh ukuran dan konstruksi baterai, serta kondisi penggunaan baterai.
4. Siklus Hidup adalah jumlah siklus pengisian dan pengosongan baterai yang dapat dilakukan sebelum kapasitas baterai menurun menjadi di bawah batas yang

ditentukan. Siklus hidup dipengaruhi oleh kualitas baterai, kondisi penggunaan baterai, serta metode pengisian dan pengosongan baterai.

5. Suhu baterai mempengaruhi performa dan umur baterai. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan kerusakan pada baterai dan memperpendek umur baterai. Oleh karena itu, penting untuk menjaga suhu baterai pada rentang yang ditentukan oleh produsen baterai.
6. Efisiensi baterai adalah rasio antara energi listrik yang dapat dikeluarkan oleh baterai dan energi listrik yang digunakan untuk mengisi baterai. Semakin tinggi efisiensi baterai, semakin sedikit energi listrik yang terbuang saat proses pengisian dan pengosongan baterai.

Memahami karakteristik dan parameter baterai dapat membantu pengguna untuk memilih baterai yang sesuai dengan kebutuhan mereka, serta merawat dan menggunakan baterai dengan benar untuk memperpanjang umur baterai dan meningkatkan efisiensi energi.

2.5 Jenis Baterai

Ada beberapa jenis baterai yang umum digunakan, di antaranya:

1. Baterai Timbal-Asam (Lead-Acid Battery)



Gambar 2.4 Baterai aki

Baterai ini merupakan jenis baterai yang paling banyak digunakan dan paling terjangkau. Baterai timbal-asam umumnya digunakan pada kendaraan seperti mobil, motor, dan kapal. Baterai aki umumnya memiliki tegangan sekitar 12 volt. Tegangan ini penting karena baterai aki digunakan untuk memberikan daya ke berbagai sistem kendaraan, seperti sistem pengapian, lampu, audio, dan lainnya. Kapasitas baterai aki umumnya berkisar antara 30 Ah hingga 100 Ah, tergantung pada ukuran dan jenis kendaraan. Baterai ini memiliki kelebihan berupa harga yang terjangkau, namun memiliki kekurangan yaitu berat, ukuran besar, dan waktu pengisian yang lama.

2. Baterai Nikel-Kadmium (NiCd)



Gambar 2.5 Baterai nikel - kadmium

Baterai *NiCd* banyak digunakan pada perangkat elektronik, seperti kamera, telepon genggam, dan laptop. Baterai *NiCd* biasanya memiliki tegangan sekitar 1,2 volt per sel. Baterai *NiCd* sering tersedia dalam konfigurasi dengan beberapa sel yang dihubungkan secara seri untuk menghasilkan tegangan yang lebih tinggi, seperti 2,4V, 4,8V, atau 9,6V, tergantung pada kebutuhan aplikasi. Baterai *NiCd* umumnya memiliki kapasitas yang lebih rendah dibandingkan dengan teknologi baterai yang lebih baru, seperti baterai lithium-ion. Kelebihan baterai ini adalah mampu menyimpan energi dengan baik dan tahan lama, namun memiliki kelemahan pada kandungan kadmiumnya yang berbahaya bagi lingkungan.

3. Baterai Nikel-Metal Hidrida (NiMH)



Gambar 2.6 Baterai Nikel-Metal Hidrida (NiMH)

Baterai *NiMH* memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan baterai *NiCd*, sehingga lebih cocok digunakan pada perangkat elektronik yang membutuhkan daya yang lebih besar, seperti peralatan medis dan mobil listrik. Baterai *NiMH* umumnya memiliki tegangan sekitar 1,2 volt per sel, sama dengan baterai nikel kadmium (NiCd). Kelebihan baterai ini adalah ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan beracun seperti *kadmium*, namun kelemahannya adalah harganya lebih mahal daripada baterai *NiCd*.

4. Baterai Lithium-Ion (Li-ion)



Gambar 2.7 Baterai lithium - Ion

Baterai *Li-ion* menjadi populer karena memiliki kapasitas yang besar dan ukuran yang lebih kecil dibandingkan baterai lainnya. Baterai *Li-ion* banyak digunakan pada perangkat elektronik, seperti smartphone, laptop, dan tablet. Baterai *Li-ion* umumnya memiliki tegangan sel tunggal sekitar 3,7 volt. Namun, beberapa baterai *Li-ion* dapat memiliki tegangan yang lebih tinggi, seperti 3,8V atau 3,85V, tergantung pada desain dan aplikasi tertentu. Kelebihan baterai ini adalah ringan, ukuran kecil, memiliki kapasitas yang besar, dan waktu pengisian yang cepat. Suhu maksimum umumnya antara 60-70 derajat *Celsius*. Namun, baterai *Li-ion* juga memiliki kelemahan yaitu harga yang relatif mahal dan rentan terhadap kerusakan jika tidak digunakan dengan benar.

5. Baterai Lithium Polymer (LiPo)



Gambar 2.8 Baterai lithium polymer

Baterai *LiPo* memiliki kemiripan dengan baterai *Li-ion*, namun memiliki bentuk yang lebih fleksibel dan tipis. Baterai ini biasanya digunakan pada perangkat elektronik dengan bentuk yang lebih tipis seperti smartphone, smartwatch, dan drone. Baterai *LiPo* memiliki tegangan sel tunggal sekitar 3,7 volt. Namun, baterai *LiPo* sering kali tersedia dalam konfigurasi dengan beberapa sel yang dihubungkan secara seri untuk menghasilkan tegangan yang lebih tinggi, seperti 7,4V, 11,1V, atau 14,8V, tergantung pada kebutuhan aplikasi. Kelebihan baterai *LiPo* adalah ukuran yang tipis dan fleksibel, namun kelemahannya adalah harga yang lebih mahal daripada baterai *Li-ion*.

Berikut dijelaskan tentang perbandingan jenis baterai :

	NiCd	NiMH	Lead-Acid	Li-ion	Reuseable Alkaline
Energy Density (Wh/kg)	45-80	60-120	30-50	110-160	80
Cycle Life	1500	200-300	200-300	500-1000	50
Overcharge Tolerance	moderate	low	high	very low	moderate
Self Discharge/Bulan	20%	30%	5%	10%	0.3%
Operating Temperature	-40 - 60 °C	-20 - 60 °C	-20 - 60 °C	-20 - 60 °C	0 - 60 °C
Harga Umum	\$ 50	\$ 60	\$ 25	\$ 100	\$ 5
Harga per-cycle	\$ 0.04	\$ 0.12	\$ 0.10	\$ 0.14	\$ 0.10 - \$ 0.50

Gambar 2.9 Perbandingan jenis baterai

2.6 Istilah-Istilah dalam menyatakan kapasitas baterai

Kapasitas baterai adalah ukuran kemampuan baterai untuk menyimpan energi listrik. Kapasitas baterai diukur dalam satuan Ah (Ampere-hour) atau Wh (Watt-hour). Satu Ah berarti baterai dapat memberikan arus 1 Ampere selama satu jam, sedangkan satu Wh berarti baterai dapat memberikan daya 1 Watt selama satu jam.

Kapasitas baterai tergantung pada jenis baterai dan ukurannya. Baterai dengan kapasitas yang lebih besar dapat menyimpan lebih banyak energi, dan karenanya dapat memberikan daya yang lebih lama. Namun, baterai yang lebih besar juga cenderung lebih berat dan memakan ruang yang lebih banyak, sehingga mempengaruhi desain keseluruhan dari suatu sistem baterai.

Untuk sepeda listrik, kapasitas baterai sering kali menjadi faktor penentu dalam menentukan jarak tempuh yang dapat ditempuh sebelum perlu mengisi ulang baterai. Semakin besar kapasitas baterai, semakin jauh jarak yang dapat ditempuh dengan satu pengisian baterai. Namun, kapasitas baterai juga berdampak pada harga baterai itu sendiri, sehingga harus dipertimbangkan dengan hati-hati dalam memilih baterai yang sesuai dengan kebutuhan.

Adapun parameter yang umum sering di gunakan dalam menghitung kapasitas baterai: Wh (watt-hour), atau watt-jam, sering dipakai untuk menyatakan jumlah energi yang tersimpan dalam suatu baterai. Rumus energi adalah: Energi = Daya x Waktu, atau:

$$E = P \times t$$

<https://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-daya-listrik-dan-rumus-untuk-menghitungnya/>

Dengan:

E : energi dalam joule (atau watt-jam)

P : daya dalam watt

t : waktu dalam detik (atau jam)

Jika waktu dinyatakan dalam jam, maka satuan energi adalah Wh (watt-hour / watt-jam), Jika waktu dinyatakan dalam detik, maka satuan energi adalah J (joule). Hubungan antara arus dan daya adalah sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

Dengan:

P : daya dalam watt

V : tegangan dalam volt

I : arus dalam ampere

Diketahui

$$P = V \times I$$

$$E = P \times t$$

maka arus (I) dapat dihitung:

$$I = P/V = E / (t \times V)$$

Jadi untuk mendapatkan arus (ampere) dari energi (Wh) kita perlu informasi tambahan waktu dalam jam dan tegangan. Jika kasus ini adalah baterai, untuk tegangan kita dapat menggunakan tegangan nominal baterai tersebut. Waktu dalam jam adalah waktu untuk transfer energi baterai tersebut.

Perhitungan berapa lama sebuah baterai dapat mem-*backup* beban :

Rumus dasar :

$$P = V \times I \text{ atau } V = P/I \text{ atau } I = P/V$$

I = Kuat Arus (Ampere)

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

https://www.google.com/search?q=Analisis+Kapasitas+Dan+Pengisian+Baterai+Pada+Mobil+Listrik+Ponocar&oq=Analisis+Kapasitas+Dan+Pengisian+Baterai+Pada+Mobil+Listrik+Ponocar&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCDIxMDFqMGo5qAIAAIA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Adapun parameter yang umum sering di gunakan dalam menghitung kapasitas baterai:

1. Kapasitas Baterai:

$$\text{Kapasitas} = \text{Tegangan (V)} \times \text{Kapasitas Ampere-hour (Ah)}$$

2. Waktu Penggunaan Baterai:

$$\text{Waktu} = \text{Kapasitas Baterai (watt)} / \text{Beban Daya (watt)}$$

3. Daya yang dikeluarkan oleh Baterai:

$$\text{Daya} = \text{Tegangan (V)} \times \text{Arus (A)}$$

4. Efisiensi Pengisian Baterai:

$$\text{Efisiensi} = (\text{Kapasitas yang Diisi} \div \text{Kapasitas yang Dikeluarkan}) \times 100\%$$

5. Kecepatan Pengisian Baterai:

Kecepatan Pengisian = Arus Pengisian (A) ÷ Kapasitas Baterai (Ah)

6. Jumlah Sel dalam Seri atau Paralel:

Tegangan Total = Tegangan Satu Sel × Jumlah Sel dalam Seri

Kapasitas Total = Kapasitas Satu Sel × Jumlah Sel dalam Paralel

7. Densitas Energi:

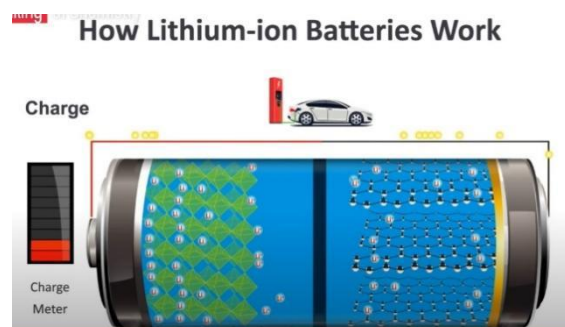
Densitas Energi = Kapasitas Baterai (Ah) × Tegangan (V)

Kapasitas baterai Pada baterai dikenal istilah kapasitas baterai. Kapasitas baterai ini menunjukkan jumlah listrik yang disimpan baterai yang dapat dilepaskan sebagai sumber listrik, kapasitas baterai juga dapat diartikan sebagai besarnya energi listrik yang dapat diberikan oleh baterai saat baterai tersebut dalam kondisi terisi penuh.

Baterai yang dilengkapi sirkuit proteksi dijual lebih mahal. Jenis baterai lithium paling umum tanpa sirkuit pelindung. Baterai lithium dengan sirkuit proteksi umumnya memiliki ukuran sedikit lebih panjang 3mm. Panjang yang lebih tinggi di baterai disebabkan bagian lempang *sirkuit* PCB yang ditambahkan di atas atau di bawah baterai (Khoiril,2005).

2.7 Prinsip kerja baterai

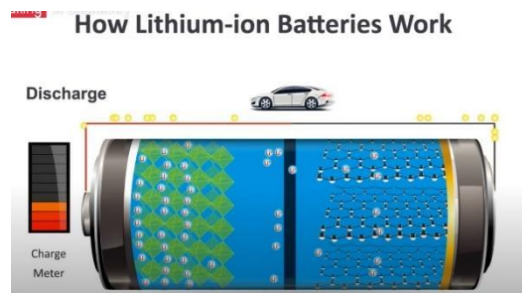
Prinsip kerja baterai didasarkan pada reaksi kimia yang terjadi di dalamnya. Secara umum, baterai terdiri dari dua elektroda (anoda dan katoda) yang terendam dalam elektrolit. *Elektroda-anoda* adalah tempat terjadinya *oksidasi* (kehilangan elektron), sementara *elektroda-katoda* adalah tempat terjadinya reduksi (penerimaan elektron). Ketika baterai dalam keadaan tidak terhubung, reaksi kimia antara *elektroda* dan *elektrolit* berjalan dengan kecepatan sangat lambat. Namun, ketika baterai terhubung dalam suatu rangkaian, arus listrik mulai mengalir melalui kabel *eksternal* yang menghubungkan *anoda* dan *katoda*.



Gambar 2.10 Proses pengisian baterai

Proses pengisian baterai:

1. *Elektroda-anoda* menerima *elektron* dari sumber daya *eksternal* (misalnya, pengisi baterai) dan mengalami oksidasi.
2. *Elektron* yang terlepas dari *elektroda-anoda* mengalir melalui rangkaian *eksternal*, menghasilkan arus listrik yang dapat digunakan.
3. *Elektroda-katoda* menerima *elektron* dan bersamaan dengan itu terjadi reaksi reduksi.
4. *Elektrolit* memfasilitasi pergerakan ion-ion dalam baterai untuk menjaga keseimbangan muatan.



Gambar 2.11 Proses penggunaan baterai

Proses penggunaan baterai:

1. Ketika baterai digunakan, arus listrik dari rangkaian eksternal memasuki *elektroda-katoda*.
2. *Elektroda-katoda* mengalami reaksi reduksi, yang melibatkan penerimaan *elektron* dan pelepasan *ion-ion* ke *elektrolit*.
3. *Ion-ion* yang dilepaskan bergerak melalui *elektrolit* menuju *elektroda-anoda*.
4. Pada *elektroda-anoda*, *ion-ion* dan *elektron* yang berasal dari *elektroda-katoda* berinteraksi, menyebabkan reaksi *oksidasi* di *elektroda-anoda*.

Siklus pengisian dan penggunaan berulang ini memungkinkan reaksi kimia di dalam baterai untuk terus berlangsung, menghasilkan arus listrik yang dapat digunakan untuk memberi daya perangkat elektronik.

2.8 Parameter keamanan baterai

Parameter keamanan yang perlu diperhatikan dalam penggunaan baterai lithium-ion pada sepeda listrik meliputi:

1. *Overcharge Protection* : Parameter keamanan ini bertujuan untuk mencegah baterai dari pengisian yang berlebihan. *Overcharging* dapat menyebabkan peningkatan suhu, peningkatan tekanan internal, dan bahkan kebakaran pada baterai. Perlindungan *overcharge* biasanya terintegrasi dalam sistem pengisian atau pengendali baterai yang memonitor tegangan dan menghentikan pengisian saat baterai mencapai level yang aman.

2. *Overdischarge Protection* : Parameter ini melindungi baterai dari penggunaan berlebihan atau pengosongan hingga batas yang tidak aman. *Overdischarge* dapat menyebabkan kerusakan permanen pada baterai dan bahkan membuatnya tidak dapat diisi ulang. Perlindungan *overdischarge* terjadi saat pengontrol baterai mendeteksi tingkat tegangan yang rendah dan memutuskan daya agar baterai tidak terus dipaksa hingga terlalu rendah.
3. *Short Circuit Protection* : Parameter keamanan ini berfungsi untuk melindungi baterai dari arus pendek yang dapat menyebabkan kerusakan atau bahkan kebakaran. Perlindungan arus pendek akan memutuskan arus listrik jika terdeteksi adanya hubungan langsung antara terminal positif dan negatif baterai.
4. *Cell Balancing* : Pada baterai lithium-ion dengan banyak sel, terjadi perbedaan dalam kapasitas dan performa antara sel-sel individu. Pengimbangan sel dilakukan untuk memastikan bahwa setiap sel dalam baterai memiliki tegangan yang seimbang dan tidak melebihi batas yang aman. Ini dilakukan dengan memindahkan energi dari sel yang lebih terisi ke sel yang kurang terisi.
5. *Housing and Insulation* : Baterai *lithium-ion* pada sepeda listrik biasanya ditempatkan dalam perumahan yang kokoh dan dilengkapi dengan *insulasi* yang memadai untuk mencegah kerusakan fisik, gangguan eksternal, atau hubungan singkat yang dapat menyebabkan kebakaran.

Selain parameter-parameter ini, penting juga untuk mematuhi pedoman dan rekomendasi yang diberikan oleh produsen baterai dan sepeda listrik. Hal ini mencakup pemeliharaan yang tepat, pengisian menggunakan charger yang sesuai, dan penggunaan baterai dengan suhu dan kondisi yang aman.