

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1. Latar Belakang**

Untuk sebuah mobil listrik tentu membutuhkan beberapa komponen pendukung, yang salah satunya adalah baterai. Dalam hal ini baterai adalah sebagai komponen utama, yang berfungsi sebagai sumber daya arus listrik pada mobil listrik. Baterai Merupakan penyimpanan energy yang sangat penting bagi kendaraan listrik saat ini sebagai sumber daya. Tanpa adanya baterai, kendaraan listrik tidak akan bisa di gerakkan.

Baterai adalah salah satu media penyimpanan dan penyedia aliran listrik melalui reaksi kimia. Pada baterai berlangsung proses *reversible* (bolak balik) yang merupakan proses perubahan kimia pada baterai menjadi listrik (proses penggunaan) dan dari listrik menjadi kimia (proses pengisian) .

Dilihat dari sejarah, beberapa nama yang terkait erat dengan pengembangan baterai dan ilmu yang berhubungan baterai yaitu Luigi Galvani, Alessandro Volta, Sir Humphry Davy, dan Gaston Plante. Pada tahun 1800, Volta mempatenkan hasil penemuannya yaitu sel Volta. Hal tersebut menjadikannya sebagai orang pertama di zaman modern yang membuat baterai.

Penemuan tersebut didorong dari penemuan Listrik oleh Luigi Galvani dan menjadikan minat penelitian listrik galvanis meluas. Di tahun yang sama dengan Alessandro Volta, Sir Humphry Davy menemukan elektrolisis dan di tahun 1859 Gaston Plante menemukan baterai asam timbal yang menjadi dasar baterai isi ulang. Hingga saat ini dari peralatan elektronik sampai kendaraan listrik, baterai adalah sumber energi utama dibanyak aplikasi (penerapan).

Baterai lithium ion pertama kali dipasarkan oleh Sony pada awal tahun 1990. baterai lithium ion memiliki keunggulan diantaranya performa yang baik, ringan. Sama dengan baterai pada umumnya, Lithium Ion menggunakan katoda, anoda, dan elektrolit. Pada saat pengosongan, electron mengalir dari anoda ke beban kemudian berakhir di katoda. Sedangkan saat pengisian (charging), terjadi proses kebalikannya, yaitu elektron ke anoda melalui charging dan ion-ion kembali ke katoda. (Dickson Kho,2007)

### **2. Tujuan**

Berdasarkan batasan masalah tersebut, maka tujuan dari perancangan ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang baterai listrik kapasitas 12V 50A

2. Untuk mengetahui penggunaan baterai laptop bekas (Lithium Ion) sebagai baterai listrik kapasitas 12V 50A

### **3. Batasan Masalah**

Karena luasnya permasalahan, penulis merasa perlu untuk membatasi masalah yang akan di bahas di dalam laporan ini, mengingat keterbatasan waktu, tempat, kemampuan dan pengalaman. Adapun hal-hal yang akan dibahas dalam perancangan baterai rechargeable ini adalah sebagai berikut :

1. Proses perancangan baterai rechargeable 12V 50A.
2. Pengamatan hasil perancangan baterai.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari baterai rechargeable ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa
  - a. Sebagai suatu penerapan teori dan praktek yang telah diperoleh pada saat dibangku perkuliahan.
  - b. Melatih mahasiswa dalam Pendesainan produk atau komponen baterai dengan menggunakan computer.
  - c. Menambah pengetahuan mahasiswa dibidang teknologi baterai rechargeable.
2. Bagi Prodi teknik Mesin UHN Medan
  - a. Sebagai bahan kajian di Prodi Teknik Mesin dalam mata kuliah bidang Teknik Mesin
3. Bagi Industri Manufaktur
  - a. Memperoleh solusi dalam pembuatan *baterai rechargeable* yang membutuhkan biaya yang mahal

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan ini disajikan dalam tulisan yang terdiri dari 5 bab, yaitu;

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai tugas akhir yang meliputi, pembahasan tentang latar belakang, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Landasan teori yang berisi tentang defenisi baterai, system seri-paralel baterai

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang bahan yang digunakan, variabel penelitian, langkah-langkah penelitian secara metode analisis data.

### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisikan penyajian hasil data dan pembahasan yang diperoleh dari pengujian.

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisikan jawaban dari tujuan penelitian.

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Baterai**

Baterai (*Battery*) adalah sebuah sumber daya yang merubah energy kimia yang disimpannya menjadi energy listrik yang dapat digunakan seperti pada perangkat elektronik. Hampir semua perangkat elektronik *portable* seperti handphone, laptop, dan mainan remote control menggunakan baterai sebagai sumber listrik (daya). Dengan adanya baterai, sehingga tidak perlu menyambungkan kabel listrik ke terminal untuk dapat mengaktifkan perangkat elektronik kita sehingga dapat mudah dibawa kemana-mana. Setiap baterai terdiri dari terminal positif (*Katoda*) dan terminal negatif (*Anoda*) serta elektrolit sebagai media penghantar. (Sidiq 2015)

Output arus listrik dari baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan DC (*Direct Current*). Pada umumnya baterai terdiri dari 2 jenis yaitu baterai primer yang hanya dapat di isi ulang sekali pakai (*single use battery*) dan baterai sekunder yang dapat di isi ulang (*rechargeable battery*).

Baterai yang dibahas pada tugas akhir ini adalah baterai yang dapat di isi ulang dengan menggunakan baterai lithium ion 18650.

- **Baterai Mobil Listrik dan Karakteristiknya**

- Jenis Baterai Mobil Listrik

Baterai atau sering disebut “aki” adalah salah satu komponen terpenting dalam sistem mobil listrik. Pada mobil BEV (*Battery Electric Vehicle*), baterai merupakan satu-satunya “sumber tenaga”. Sebab, hanya energi listrik yang tersimpan di baterai satu-satunya sumber energi penggerak mobil BEV. Tidak ada sumber lain. Jenis ataupun tipe-tipe serta karakteristik baterai atau aki pada mobil listrik pun tergantung pada sistem mobilnya. Baterai paling populer digunakan adalah lithium-ion.

Baterai yang dianggap *zero emission* disingkat ZEBRA. Baterai atau aki paling sesuai untuk mobil hybrid adalah NiMH. Artikel ini akan menjelaskan sekilas tentang jenis-jenis atau macam-macam teknologi baterai untuk mobil listrik dan karakteristiknya beserta sekilas tentang sistem manajemen batre atau *Battery Management System* (BMS).

- ***Baterai untuk Mobil Listrik***

Baterai mobil listrik berbeda dengan baterai SLI (*starting, lightning dan ignition*). Baterai SLI adalah baterai yang biasa dipasang di mobil bensin atau solar. Jenis baterai untuk mobil listrik dirancang sebagai sistem penyimpanan energi, mampu menyalurkan daya dalam periode lama dan berkelanjutan.

Ada 5 baterai kendaraan listrik akan dibahas pada artikel ini, yaitu:

- *Lithium-Ion (Li-On)*
- *Nickel-Metal Hybrid (NiMH)*
- *Lead Acid (SLA)*
- *Ultracapacitor*
- *ZEBRA (Zero Emissions Batteries Research Activity)*

Perbandingan karakteristik keempat baterai untuk mobil listrik pertama dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Perbandingan karakteristik baterai mobil listrik

Understanding Electric Car Batteries				
	Lithium Ion	Nickel-Metal	Lead-Acid	Ultracapacitors
Easy Access / Inexpensive	✓	✗	✓	✗
Energy Efficient	✓	✓	✓	✓
Temp. Performance	✓	✗	✗	✓
Weight	✓	✓	✓	✓
Life Cycle	✓	✗	✓	✗

### 1. Baterai Lithium-Ion (Li-On)



Gambar 2. 1 Baterai Lithium-Ion (Li-On)

Jenis baterai untuk mobil listrik paling banyak diaplikasikan adalah baterai Li-On. Baterai ini mungkin sudah tidak asing lagi bagi kita karena juga digunakan di banyak peralatan elektronik portabel seperti ponsel dan laptop. Perbedaan utama adalah soal skala. Kapasitas dan ukuran fisiknya ini pada mobil listrik jauh lebih besar –ini sering disebut sebagai *traction battery pack*.

Baterai Li-on memiliki rasio daya terhadap berat sangat tinggi. Jenis baterai mobil listrik satu ini efisiensi energinya tinggi. Kinerjanya pada suhu tinggi juga baik. Baterai tersebut memiliki rasio energi lebih besar tiap beratnya –sebuah parameter karakteristik yang sangat

penting pada baterai mobil listrik. Makin kecil berat baterai (kapasitas kWh sama) berarti mobil dapat melakukan perjalanan lebih jauh dengan sekali pengisian daya.

Baterai ini juga memiliki tingkat “self-discharge” rendah, sehingga baterai paling baik dibanding baterai lain dalam mempertahankan kemampuan menahan muatan penuhnya.

Selain itu, sebagian besar bagian baterai Li-ion dapat didaur ulang, menjadi pilihan tepat bagi peminat *electric car* yang sadar lingkungan. Mobil BEV serta PHEV menjadi paling banyak memakai baterai lithium.

- **Jenis-jenis baterai Li-ion:**

Berdasarkan senyawa kimia yang digunakan dalam baterai Li-Ion, maka baterai tersebut dibagi ke dalam 6 kelompok atau jenis, yaitu:

- Baterai Li-Ion yang menggunakan senyawa kimia  $\text{LiCoO}_2$  (Lithium Cobalt Oxide) atau di singkat dengan LCO.
- Baterai Li-Ion yang menggunakan senyawa kimia Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide ( $\text{LiNiMnCoO}_2$ ) atau disingkat dengan NMC.
- Baterai Li-Ion yang menggunakan senyawa kimia Lithium Iron Phosphate ( $\text{LiFePO}_4$ ) atau LFP.
- Baterai Li-Ion yang menggunakan senyawa kimia Lithium Nickel Cobalt Aluminium Oxide ( $\text{LiNiCoAlO}_2$ ) atau disingkat dengan NCA.
- Baterai Li-Ion yang menggunakan senyawa kimia Lithium Titanate ( $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ) atau di singkat dengan LTO.

Keenam jenis baterai Li-Ion digunakan pada device yang berbeda-beda, *dimana* :

- LCO digunakan pada cellphone, laptop, camera dsb.
- LMO digunakan pada alat-alat listrik (power tools), peralatan medis (medical devices), electric powertrains.
- NMC sering digunakan pada e-bikes, peralatan medis, EVs, dan di industry-industri.
- LFP digunakan pada stationer yang membutuhkan arus beban tinggi dan juga daya tahan tinggi.

- NCA digunakan pada peralatan medis, industry, electric powertrains (Tesla).
- LTO digunakan pada UPS, electric powertrain dan penerangan jalan bertenaga surya.

Tabel 2. 2 Paramater baterai Li-ion

Lithium-ion Battery Parameters

Mass energy density	100-180 Wh/kg	Self-discharge rate	1-5% / month
Volume energy density	200-300 Wh/L	Cycle durability	500-15000 cycles
Power density	1000-5000 W/kg	Typical cost	\$0.50-\$2.50/Wh
Efficiency	95-99%	Self-discharge rate	1-5% / month

### 1. Baterai *Nickel-Metal Hybrid* (NiMH)



Gambar 2.2 Baterai Nickel-Metal Hybrid (NiMH)

Baterai NiMH lebih banyak digunakan oleh mobil hybrid electric vehicle (HEV). tetapi juga sukses digunakan di beberapa mobil BEV. Jenis baterai mobil listrik hibrida tidak mendapatkan daya dari luar (dapat diisi ulang dari sumber luar sistem mobil). Pengisian ulang jenis baterai mobil listrik hibrid tergantung putaran mesin, roda dan pengereman regeneratif.

Baterai NiMH memiliki siklus hidup yang lebih lama daripada baterai lithium-ion ataupun baterai SLA. Baterai NiMH aman dan toleran terhadap ketidak-tepatan penggunaan. Kekurangan terbesar baterai NiMH antara lain:

- Harganya relatif lebih mahal
- Tingkat self-discharge tinggi
- Menghasilkan panas nan signifikan pada suhu tinggi.

Kekurangan-kekurangan tersebut membuat NiMH kurang efektif sebagai baterai untuk mobil listrik yang baterainya harus dapat diisi ulang dari luar sistem, semisal dari jaringan PLN. Itulah sebabnya mengapa tipe-tipe baterai untuk mobil listrik tersebut paling banyak diterapkan oleh mobil hibrida.

Tabel 2. 3 Paramater baterai NiMH

NiMH Battery Parameters

Mass energy density	40-120 Wh/kg	Self-discharge rate	~30% / month
Volume energy density	140-400 Wh/L	Cycle durability	500-1000 cycles
Power density	300-1000 W/kg	Typical cost	\$0.30-\$0.60/Wh
Efficiency	65-80%		

## 2. Baterai Lead-Acid (SLA)

Baterai SLA (asam-timbal) merupakan baterai isi ulang tertua. Dibanding baterai lithium dan NiMH, baterai asam-timbal memang kalah dalam kapasitas dan bobotnya jauh lebih berat, namun harganya relatif murah serta aman. Ada tipe baterai mobil listrik SLA kapasitas besar dalam pengembangan, tetapi baterai SLA sekarang hanya digunakan oleh kendaraan komersial sebagai sistem penyimpanan sekunder.

Tabel 2. 4 Paramater baterai asam-timbal

Lead-acid Battery Parameters

Mass energy density	30-40 Wh/kg	Self-discharge rate	3-20% / month
Volume energy density	60-75 Wh/L	Cycle durability	500-800 cycles
Power density	180 W/kg	Typical cost	\$0.15-\$0.30/Wh
Efficiency	70-92%		



### 3. Baterai Ultracapacitor



Gambar 2. 3 Baterai Ultracapacitor

Baterai ultracapacitor tidak seperti definisi baterai umumnya. Berkebalikan dengan baterai elektrokimia lainnya, jenis baterai mobil listrik ultracapacitor justru menyimpan cairan terpolarisasi antara elektroda dan elektrolit. Dengan meningkatnya luas permukaan cairan, kapasitas penyimpanan energi juga meningkat. Seperti baterai SLA, baterai ultracapacitor sangat sesuai sebagai perangkat penyimpanan sekunder dalam kendaraan listrik. Hal ini dikarenakan ultracapacitor membantu baterai elektrokimia meningkatkan level bebannya. Selain itu, ultracapacitor dapat memberikan daya ekstra kepada kendaraan listrik selama akselerasi serta pengereman regeneratif.

#### 1. Baterai ZEBRA



Gambar 2. 4 Baterai ZEBRA

Baterai untuk mobil listrik ZEBRA adalah varian suhu rendah dari baterai sodium-sulfur (NaS) dan merupakan pengembangan dari ZEBRA (awalnya “*Zeolite Battery Research Africa*” kemudian menjadi baterai “Zero Emissions Batteries Research Activity”) pada tahun 1985. Sejak awalnya baterai ZEBRA memang dikembangkan untuk aplikasi kendaraan listrik. Baterai menggunakan  $\text{NaAlCl}_4$  dengan elektrolit keramik  $\text{Na}^+$  -beta-alumina.

### **Karakteristik baterai ZEBRA**

- Sel daya tinggi sehingga sesuai sebagai tipe baterai mobil listrik
- Baterai suhu tinggi beroperasi pada lebih dari  $270^\circ\text{C}$
- Bahan kimia Sodium Nickel Chloride ( $\text{NaNiCl}$ ) memberikan tegangan sel operasi nominal 2,58 Volt

### **Keuntungan baterai ZEBRA**

- Kepadatan energi yang tinggi (5 kali lebih tinggi dibanding baterai SLA)
- Sel besar (hingga 500Ah) memungkinkan
- Siklus hidup > 1000 siklus
- Toleransi korsleting
- Lebih aman dari sel Sodium Sulfur
- Kegagalan sel yang khas adalah korsleting namun tidak menyebabkan baterai rusak sepenuhnya.
- Bahan biaya rendah

### **Kekurangan batere ZEBRA**

- Cocok untuk baterai berkapasitas besar saja (> 20KWh)
- Rentang ukuran dan kapasitas terbatas
- Hanya satu pabrik di dunia memproduksi baterai ini.
- Resistensi internal yang tinggi
- Elektroda natrium cair
- Suhu operasi tinggi.
- Pemanasan awal diperlukan untuk mendapatkan baterai hingga suhu pengoperasian  $270^\circ\text{C}$  (hingga 24 jam dari kondisi dingin)
- Menggunakan 14% dari kapasitasnya sendiri per hari untuk mempertahankan suhu saat tidak digunakan.
- Diperlukan manajemen termal (Omazaki,2014)

## 2.2 *Baterai Lithium Ion*

*Baterai Lithium Ion* mulai berkembang pada tahun 1912. Namun, baterai ini menjadi populer ketika Sony mengadopsinya pada tahun 1991. Baterai Lithium Ion jenis ini sering kita temui pada : Laptop, Tablet, dan Smartphone. Baterai Li-Ion ini merupakan istilah yang mengacu kepada material penyusunnya.

Dibawah ini tegangan baterai lithium model 18650 dan perbedaan dengan baterai jenis lain.

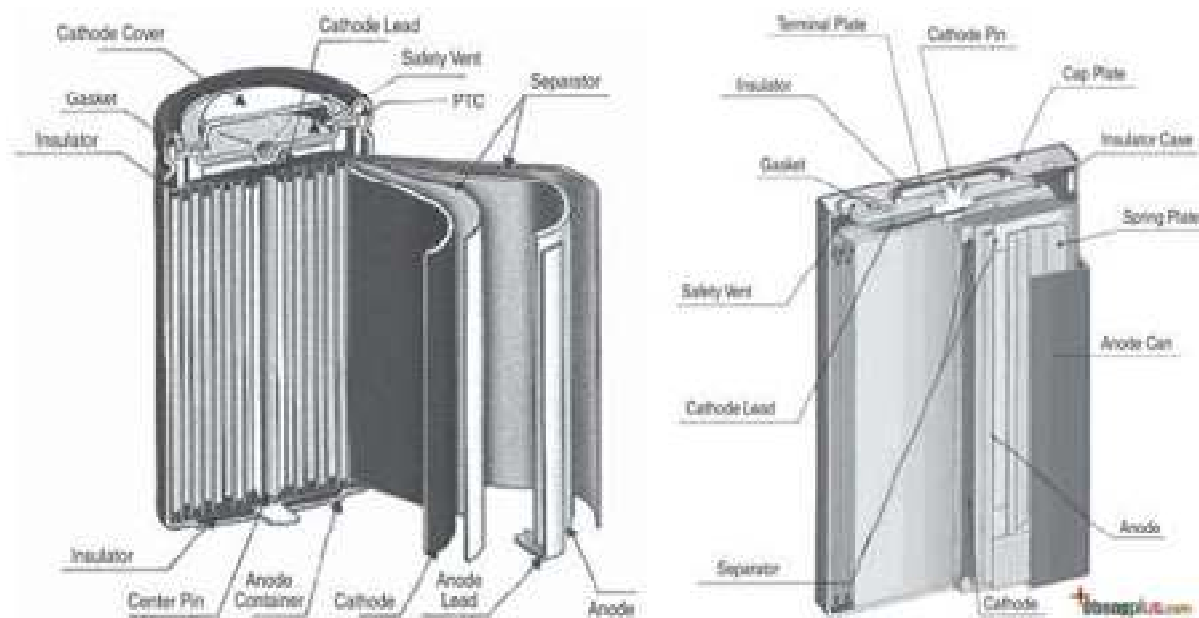
- Baterai Lithium Ion, tegangan (voltas) baterai Lithium 18650 mencapai 3,6-3,7V DC. Pengisian baterai Lithium dengan charger dapat menerima voltase 4,2V DC.
- Baterai biasa memiliki output 1.5V DC (baterai disposal atau baterai habis dan dibuang).
- Baterai rechargeble seperti baterai NiMH atau NiCD memiliki output 1.2V DC (baterai dapat di isi ulang).

Bila sebuah baterai Lithium memiliki output 7,4V/DC,

artinya baterai dibuat 2 unit untuk 1 output, dari 3,6V +3.6V menjadi 7,4V/DC.

Dan pengisian baterai 7,4V/DC memerlukan charger dengan tegangan sampai 8,4V/DC Full charger.

Bagaian dalam baterai Lithium berbentuk lembaran. Gambar kiri untuk produksi baterai lithium silinder, dan kanan baterai smartphone.



Gambar 2. 5 Baterai Lithium berbentuk lembaran

Ada beberapa jenis bahan lithium. Umumnya digunakan 2 campuran bahan atau lebih. Baterai lithium atau Li-Ion standar memiliki output stabil di 3,7V DC masih menjadi bahan yang paling banyak dipakai termasuk untuk baterai perangkat gadget.

Tipe baterai paling umum dipakai adalah tipe *baterai 18650*.

### 2.1.1. Istilah-Istilah dalam menyatakan 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:

$$E = P \times t$$

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 batere tersebut. Waktu dalam jam adalah waktu untuk transfer energi baterai tersebut.

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

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

dimana,

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{Kuat Arus (Ampere)}$$

$$P = \text{Daya (Watt)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

- **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.



Gambar 2. 6 Jenis-Jenis Baterai

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)

### 2.1.2. Proteksi baterai lithium

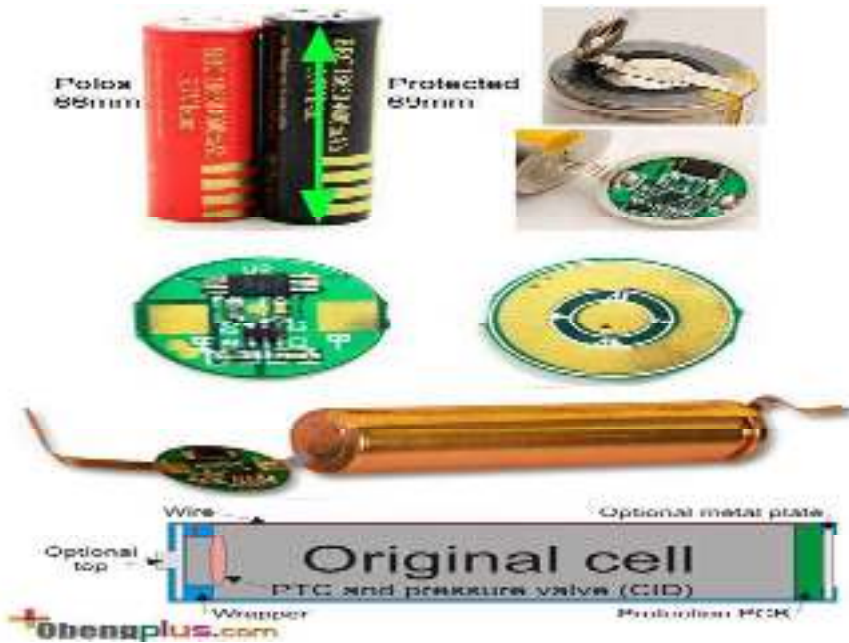
Disebut model *Protected* 18650 Batteries atau ada kata *Protected* memiliki beberapa pengaman. PCT - Mencegah overheating dan otomatis baterai mereset, terdapat pressure valve lubang di atas baterai, mencegah beban, kelebihan pengisian. Rata rata disain baterai 18650 *Protected* disebut Button Top, ada lingkaran kecil diatas seperti disain baterai biasa.

Pengaman akan membatasi pengisian baterai tidak melewati batas dari sirkuit proteksi. Pelindung baterai lithium dari kalangan industri, dapat dikemas di bagian luar. Baterai lithium standar tanpa proteksi dapat di paket dalam modul baterai dan ditempelkan di dinding samping atau bagian atas baterai menjadi modul baterai dengan output voltase tertentu. Atau baterai smartphone umumnya diberikansatu sirkuit dibagian atas yang menghubungkan baterai ke

konektor

di

smartphone.



Gambar 2. 7 Proteksi baterai lithium

### 2.1.3. Baterai flat top dan button top

Baterai lithium 18650 lebih banyak ditawarkan dengan *flat top*. Tapi ada beberapa model dibuat untuk button top. Perbedaan pada bagian topi kutub plus, memiliki tonjolan di button top. Fungsinya berbeda. Seperti dudukan senter ada yang dibuat dengan per atau plat datar. Tapi disain baterai seperti ini dapat dimodifikasi sendiri. Misal, memberikan cap di baterai flat top menjadi button top.



Gambar 2. 8 Proteksi baterai lithium

### 2.3 Prinsip kerja baterai

Baterai lithium-ion memiliki kemampuan penyimpanan energi tinggi per satuan volume. Energi yang tersimpan merupakan jenis energi elektrokimia. Energi elektrokimia merupakan jenis energi listrik yang berasal dari reaksi kimia yang dalam hal ini terjadi di dalam baterai. Agar bisa berfungsi, setiap sel elektrokimia harus memiliki dua elemen penting yaitu elektroda dan elektrolit. Elektroda terdiri dari dua jenis yaitu anoda dan katoda yang menghantarkan energi listrik (ion).

Anoda dihubungkan ke terminal negatif baterai sementara katoda dihubungkan ke terminal positif baterai. Elektroda terendam dalam elektrolit yang bertindak sebagai medium cair untuk pergerakan ion. Elektrolit juga bertindak sebagai buffer dan berfungsi membantu reaksi elektrokimia dalam baterai. Pergerakan elektron dalam elektrolit dan di antarelektroda akan menghasilkan arus listrik. Untuk cara kerja baterai lithium-Ion Anoda dan katoda baterai lithium-ion terbuat dari karbon dan oksida lithium. Sedangkan elektrolit terbuat dari garam lithium yang dilarutkan dalam pelarut organik.

Bahan pembuat anoda sebagian besar merupakan grafit sedangkan katoda terbuat dari salah satu bahan berikut: lithium kobalt oksida ( $\text{LiCoO}_2$ ), lithium besi fosfat ( $\text{LiFePO}_4$ ), atau lithium oksida mangan ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ). Elektrolit yang umum digunakan adalah garam lithium seperti lithium hexafluorophosphate ( $\text{LiPF}_6$ ), lithium tetrafluoroborate ( $\text{LiBF}_4$ ), dan lithium



perklorat ( $\text{LiClO}_4$ ) yang dilarutkan dalam pelarut organik seperti etilen karbonat, dimetil karbonat, dan dietil karbonat.

Bahan Baterai Lithium ini secara jenis penggunaannya terbagi lagi menjadi 2 bagian, yaitu Unrechargeable Battery dan Rechargeable Battery.

### 1. Sel Primer / Un-rechargeable Battery (Litium Mangan Oksida)

Baterai ini tidak dapat diisi ulang, karena logam litium logam reaktif yang dapat meledak suhu yang relatif tinggi. Baterai ini menggunakan logam litium sebagai anoda dan  $\text{MnO}_2$  sebagai katoda, dengan garam litium (misalnya  $\text{LiClO}_4$ ) sebagai elektrolit dalam pelarut bebas air.

- *Cara kerja* : Pada anode Litium menerima elektron dari katode, dan menghasilkan potensial reduksi sebesar -3,05 volt. Oleh karena kenegatifannya inilah, litium dimanfaatkan sebagai anode. Kemudian direaksikan dengan Mangan Oksida yang berpotensi reduksi +0,35 volt. Agar reaksi terjadi secara spontan, mangan oksida ditempatkan sebagai katode. Terjadilah proses antara anoda dan katoda akan mengalir arus, yaitu dari kutub positif (anoda) ke kutub negatif (katoda). Sedangkan elektron akan mengalir dari katoda menuju anoda. Proses ini adalah proses yang terjadi pada sel volta, dimana reaksi kimia dapat menghasilkan energi listrik.

Berikut adalah reaksinya

(Jika pada kondisi standar) : (Oksidasi) Anode (-) :

$\text{Li} \rightarrow \text{Li}^{++} + e^-$ ,  $E_0 = 3,05 \text{ V}$  (Reduksi) Katode (+) :

$\text{MnO}_2 + \text{Li}^{++} + e^- \rightarrow \text{Li MnO}_2$ ,  $E_0 = 0,35 \text{ V}$

10 Reaksi Sel:  $\text{Li} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{Li MnO}_2$ ,  $E_{\text{sel}} = 3,40 \text{ V}$

Berdasarkan hasil reaksi tersebut, baterai Litium menghasilkan potensial 3,4 volt. Namun pada saat digunakan turun menjadi 2,8 volt. Penurunan potensial seperti ini mungkin saja terjadi seiring lamanya baterai digunakan karena elektron terus mengalir dan sel tidak pada kondisi standar, sesuai dengan percobaan WaltherNerst pada tahun 1889. (Kondisi standar 25°C, tekanan 1 atm, dan konsentrasi 1M).

### 2. Sel Sekunder / Rechargeable Battery (Baterai Litium Kobalt & Mangan)

Ini adalah jenis baterai isi ulang dimana ion litium bergerak antara anoda dan katoda. Pada sel sekunder, anode dan katode bereaksi secara kimia. Namun sel dapat diisi ulang dengan proses elektrolisis untuk mengembalikan anode dan katoda ke kondisi

awal. Ion litium sebagai anoda, bukan logam litium, maka reaksi sel didalamnya bukanlah reaksi redoks. Melainkan hanya pergerakan ion litium melalui elektrolit dari satu elektrode ke elektrode lainnya. Jenis baterai ini umum digunakan dalam peralatan elektronik portabel, karena tidak memiliki efek memori, dan daya hilang yang lambat sehingga tidak butuh perlakuan apapun jika tidak digunakan dan dapat menyimpan cadangan energi yang relatif besar dalam waktu yang relatif lama. Terbagi atas dua tipe, yaitu mangan (Mn) dan kobalt (Co).

- *Cara Kerja* : Pada saat digunakan berkerja sebagai sel volta: Lithium akan mengantarkan elektron dari anoda menuju alat yang membutuhkan elektron seperti kapasitor dan processor di handphone atau laptop kemudian berakhir di katoda. Sedangkan proton dari katoda masuk menembus separator diantara anoda dan katoda (proses interkalasi). Proses ini berlangsung terus menerus hingga kapasitas penggunaan baterai habis (ditunjukkan dengan garis atau persentase kapasitas baterai di layar handphone atau laptop). Pada saat di-charge dia bekerja sebagai elektrolisis: Sedangkan bila baterai diisi ulang atau recharge maka elektron akan kembali dari katoda ke anoda melalui alat pengisi ulang (charger) dan dengan dibantu arus yang masuk dari charger, proton akan kembali menuju katoda. Sehingga kondisi kembali menjadi seperti semula.

Berikut adalah reaksinya saat pemakaian dan pengisian ulang energi listrik :

- Discharging (pemakaian) :  
 Elektroda positif (+) :  

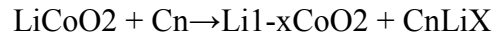
$$\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + x\text{Li} + x\text{e}^- \rightarrow \text{LiCoO}_2$$
 Elektroda negatif (-) :  

$$\text{CnLi} \rightarrow \text{Cn} + x\text{Li} + x\text{e}^-$$
 Reaksi keseluruhan :  

$$\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + \text{CnLi}_x \rightarrow \text{LiCoO}_2 + \text{Cn}, E_{\text{sel}} = 3.70\text{Vb}$$
- Charging (pengisian ulang) :  
 Elektroda positif (+) :  

$$\text{LiCoO}_2 \rightarrow \text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + x\text{Li} + x\text{e}^-$$
 Elektroda negatif (-) :  

$$\text{Cn} + x\text{Li} + x\text{e}^- \rightarrow \text{CnLi}$$
 Reaksi keseluruhan :



Dimana x menyatakan jumlah ion litium yang berpindah dari LiCoO<sub>2</sub> ke grafit. Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya bahwa baterai Li-ion terbagi atas dua tipe, yaitu Mangan (Mn) dan Kobalt (Co). Untuk tipe mangan, sel terdiri dari anode Li<sub>1-x</sub>Mn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan katode grafit. Elektrolitnya adalah garam Li yang larut dalam pelarut organik.

Reaksinya :



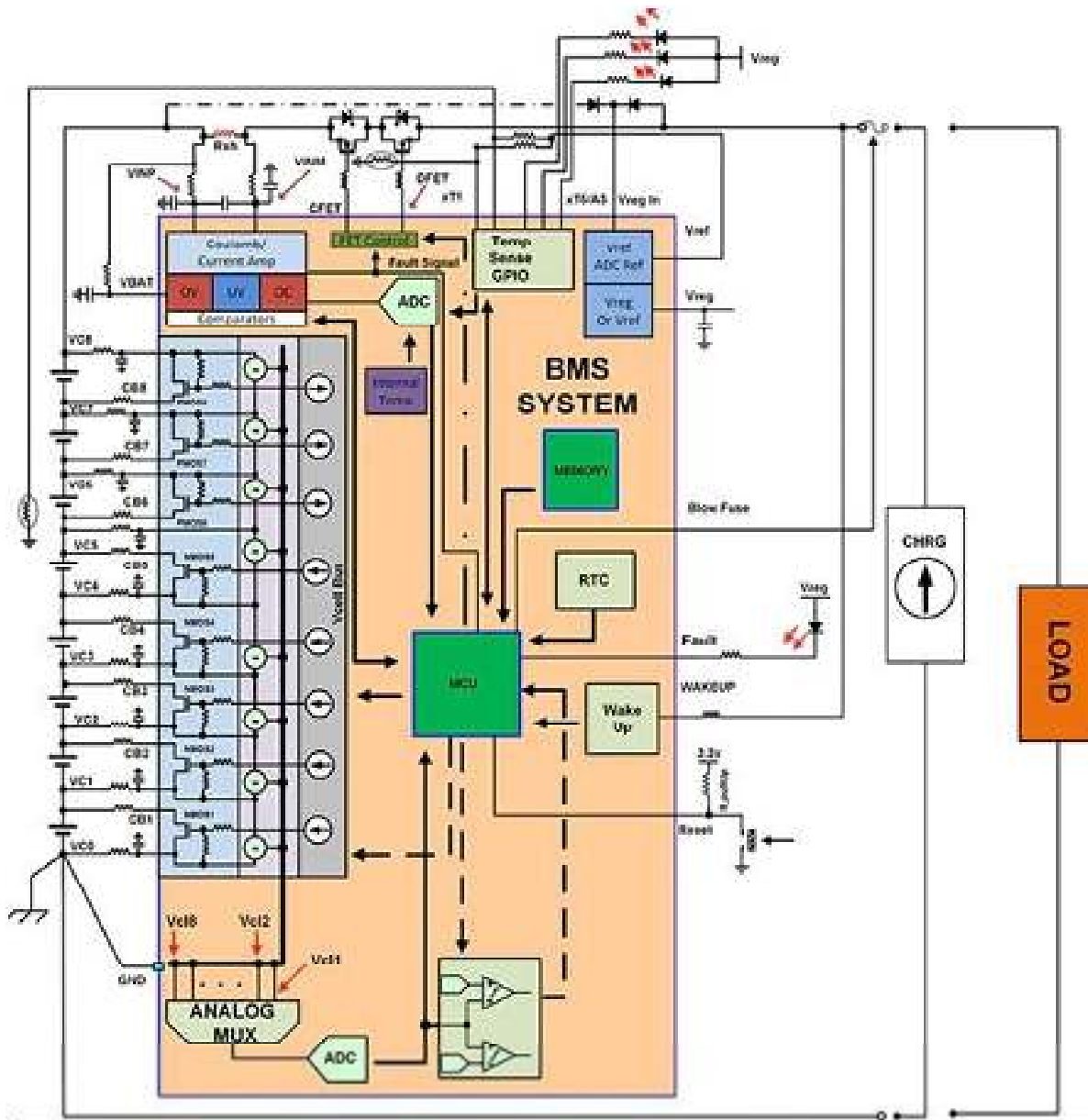
Untuk tipe kobalt, sel terdiri dari anode Li<sub>1-x</sub>CoO<sub>2</sub> dan katode grafit. Elektrolitnya adalah garam Li yang larut dalam pelarut organik. Reaksinya : Li<sub>1-x</sub>CoO<sub>2</sub> + C<sub>n</sub>LiX ↔ LiCoO<sub>2</sub> + C<sub>n</sub> voltase : 3.70V

Dimana x menyatakan jumlah ion litium yang berpindah dari LiCoO<sub>2</sub> ke grafit. Litium ion kobalt menghasilkan potensial yang relatif besar dibandingkan dengan litium ion mangan. Hal ini dikarenakan pada deret volta, kobalt bersifat lebih tereduksi dibanding mangan, sehingga menghasilkan beda potensial sel yang relative besar terhadap litium dibandingkan dengan mangan. (Hairul Hudaya December 26, 2012)

#### 2.4 **Battery Management System (BMS)**

Baterai tipe lithium biasanya disusun untuk menghasilkan voltase dan kapasitas yang diinginkan. Karena rata-rata voltase baterai lithium adalah 3.7V maka diperlukan susunan 3S (seri) untuk menghasilkan 12V. Agar voltase dan arus susunan baterai ini bisa balance maka diperlukan sistem yang bisa mengaturnya yang disebut BMS.

*Battery management system* (BMS) adalah perangkat yang digunakan untuk menyeimbangkan, pemantauan dan proteksi pada baterai yang disusun secara seri atau baterai susun. BMS dilengkapi dengan *passive cell balancing*, sensor tegangan setiap baterai, sensor arus, sensor suhu, Rangkaian proteksi untuk memutus arus.



Gambar 2. 9 Desain sirkuit BMS

Keterangan Gambar : koreksi

Tujuannya adalah untuk memastikan baterai tetap berada dalam parameter kerja idealnya. Beberapa kimia baterai (seperti asam timbal) cukup toleran terhadap salah penggunaan, tetapi lithium serta NiMH keduanya dapat rusak secara permanen oleh satu insiden salah pakai seperti pengisian berlebih (*over charging*), *over discharging*, atau pemanasan berlebih.

#### 2.4.1. Fungsi dan Cara Kerja BMS Baterai

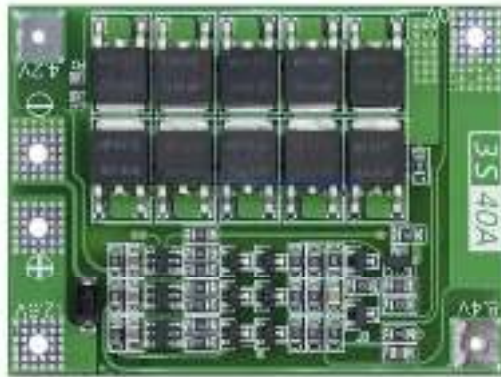
Beberapa fungsi spesial sistem manajemen baterai meliputi:

- Penyeimbangan muatan (*charge balancing*), untuk memastikan semua sel menyelesaikan pengisian pada waktu yang sama lalu untuk mencegah kerusakan melalui pengisian berlebih.
- Penyeimbangan aktif (*active balancing*), di mana energi dialihkan dari sel lebih kuat ke sel lebih lemah, untuk memastikan semua sel mencapai titik pembuangan maksimum pada saat bersamaan.
- Pemantauan suhu (*temperature monitoring*), untuk menghindari kerusakan karena terlalu panas.
- Cut-off tegangan rendah (*low-voltage cut-off*), cara mengisolasi baterai ketika sel mana pun mencapai tegangan minimum yang disarankan, serta untuk menghindari kerusakan karena pemakaian berlebih.
- Pemantauan *state of charge* (SOC) semua sel baterai untuk mobil listrik. Melalui pemantauan tegangan dan arus, sisa kapasitas masing-masing sel dapat dihitung.

#### **2.4.2. Cara Kerja BMS pada Baterai**

BMS yang digunakan pada baterai sepeda listrik pada umumnya, memiliki port :

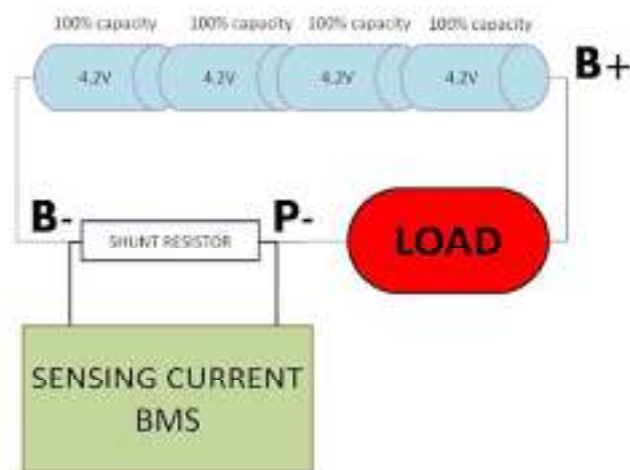
1. B- = Baterai cell negatif / 0V
  2. P- = Power discharger negatif
  3. C- = Charging port negatif
  
  4. Cell komunikasi port = kabel yang terintegrasi dengan semua cell.
- pada umumnya BMS hanya memiliki port, B-, C- , P- dan Baterai cell port



**Gambar 2. 10** Baterai Managemeny System

### 2.4.3. *Current Limiter*

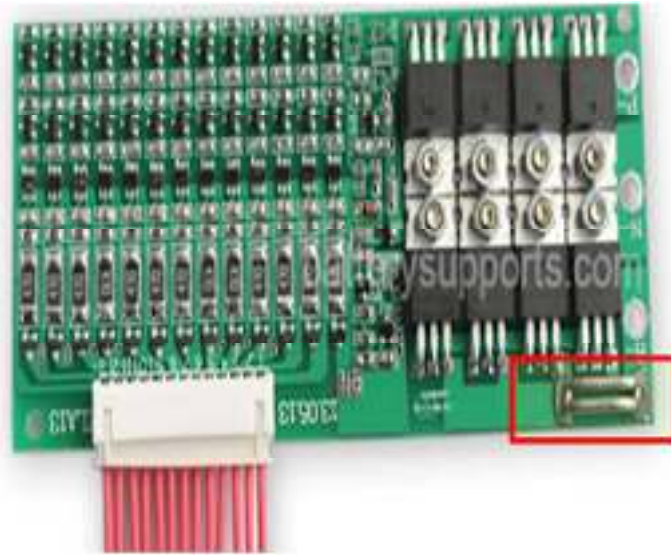
*Current limiter* atau pembatas amper. Adalah system yang berfungsi untuk membatasi arus discharger baterai ketika digunakan. Sistem ini menggunakan sensing current untuk mendeteksi amper yang mengalir.



**Gambar 2. 11** Skema diagram sensing current dan shunt resistor

### 2.4.4. *Shunt resistor detector Ampere.*

Ketika sensing current mendeteksi arus berlebihan, maka *sensing current* akan mengirimkan signal ke ECU , lalu ECU akan men-driver mosfet dishcharger control untuk mematikan jalur output BMS.



Gambar 2. 12 Shunt resistor detector Amper.

## 2.5. Motor Listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Alat yang berfungsi sebaliknya, mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut generator atau dinamo. Motor listrik dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin cuci, pompa air dan penyedot debu.

Motor listrik yang umum digunakan di dunia industri adalah motor listrik *asinkron*, dengan dua standar global yakni IEC dan NEMA. Motor *asinkron* IEC berbasis *metrik* (milimeter), sedangkan motor listrik NEMA berbasis *imperial* (inch), dalam aplikasi ada satuan daya dalam *horsepower* (hp) maupun *kiloWatt* (kW).

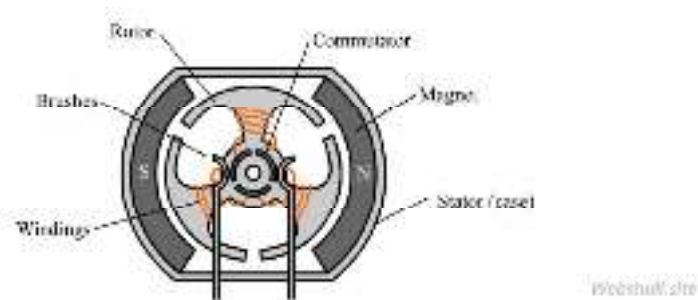
Banyak produsen elektrik motor yang tidak mengikuti standar IEC dan EU supaya produknya menjadi murah dan lebih banyak terjual, banyak negara berkembang manjadi pasar untuk produk ini, yang dalam jangka panjang memboroskan keuangan pemakai, sebab tagihan listrik yang semakin tinggi setiap tahunnya.

Motor yang beroperasi pada arus DC disebut sebagai motor DC dan motor yang menggunakan arus AC disebut sebagai motor AC. Umumnya tidak akan terlalu banyak menjumpai motor AC tetapi motor DC hampir digunakan dimana saja, yang mana di bidang listrik dinamai DC motor.

Motor DC adalah motor listrik yang merupakan perangkat elektromekanis yang menggunakan interaksi medan magnet dan konduktor untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik putar, dimana motor DC dirancang untuk dijalankan dari sumber daya arus searah (DC). Sudah lebih dari 100 tahun motor DC brush (disikat) digunakan dalam industri serta aplikasi domestik. (Dickson Kho,2007)

## 2.6 Prinsip Kerja Motor DC

Komponen utama dari Motor DC adalah Wining/lilitan, Magnet, Rotors, Brushes, Stator dan sumber arus searah (Arus DC). Ketika armature ditempatkan dalam medan magnet yang dihasilkan oleh magnet maka armature diputar dengan menggunakan arus searah, hal ini menghasilkan gaya mekanik. Dengan memanfaatkan putaran motor DC banyak jenis pekerjaan yang dapat dikerjakan.



**Gambar 2. 13** Komponen Motor DC

### Jenis - Jenis Motor DC

Motor DC atau Motor Arus Searah merupakan aktuator yang paling umum digunakan untuk menghasilkan gerakan terus menerus dimana kecepatannya dapat dengan mudah dikontrol, hal inilah yang menjadikan motor DC sangat ideal untuk digunakan dalam aplikasi pengaturan kontrol kecepatan, kontrol tipe servo, dan / atau positioning.



Motor DC terdiri dari dua bagian penting, yaitu "Stator" yang merupakan bagian diam dan "Rotor" yang merupakan bagian yang berputar, dari kedua bagian penting motor ini hasilnya terdapat tiga jenis Motor DC yakni :

- Motor DC Brush
- Motor DC Brushless
- Motor DC Servo

#### 1. Motor DC Brush (Disikat)

Pada motor jenis ini, medan magnet dihasilkan dengan melewati arus melalui komutator dan sikat yang ada di dalam rotor, dari sinilah disebut Motor Brush. Sikat tersebut terbuat dari karbon, dimana motor DC brush terbagi menjadi Motor DC daya terpisah (Separately Excited DC Motor) dan Motor DC Sumber Daya Sendiri (Self Excited DC Motor).

Bagian stator motor terdiri dari kumparan yang terhubung secara melingkar sedemikian rupa sehingga akan terbentuk kutub utara dan selatan. Pengaturan kumparan ini dapat dilakukan baik secara seri atau paralel dengan gulungan kumparan rotor akan menghasilkan motor DC kumparan seri laka dan motor DC kumparan shunt.

#### Motor DC Brush

Jenis Motor DC ini dikelompokkan berdasarkan sambungan listrik lilitan jangkar dan lilitan medan, dari berbagai sambungan tersebut maka terdapat klasifikasi penggolongan jenis motor yang baru.

Berdasarkan pada pembangkitan medan magnetnya, Motor DC brush dibagi menjadi 3 jenis utama motor DC yaitu Magnet Terpisah, Mandiri (Sendiri), dan Permanen.

Pada jenis motor tipe magnet permanen, magnet yang kuat digunakan untuk menghasilkan medan magnet yang diperlukan, sedangkan pada jenis motor yang tereksitasi secara terpisah dan tereksitasi sendiri (self-excited) , sebuah elektromagnet digunakan dalam tubuh stator.

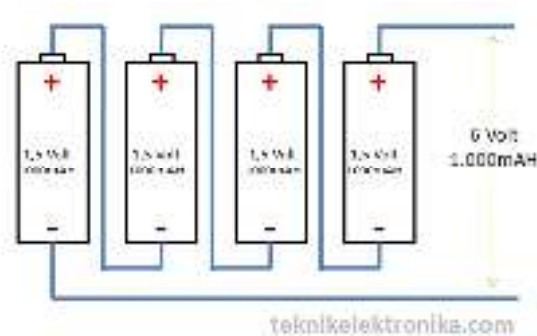
### **2.7 Rangkaian Seri dan Paralel Baterai**

Hampir semua peralatan elektronika portable menggunakan baterai sebagai sumber dayanya. Untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan, biasanya kita merangkai Baterai dalam bentuk rangkaian Seri. Contoh rangkaian seri baterai yang paling sering ditemukan adalah penggunaan Baterai dalam lampu senter dan remote control televisi.

Biasanya kita akan menemui instruksi dari peralatan tersebut untuk memasukan 2 buah baterai atau lebih dengan arah Baterai yang ditentukan agar dapat menghidupkan peralatan yang bersangkutan. rangkaian baterai tersebut umumnya adalah rangkaian seri baterai.

Pada dasarnya, Baterai dapat dirangkai secara seri maupun paralel. Tetapi hasil output dari kedua Rangkaian tersebut akan berbeda. Rangkaian seri baterai akan meningkatkan tegangan (Voltage) output baterai sedangkan current/arus listriknya (Ampere) akan tetap sama. Hal ini berbeda dengan rangkaian paralel baterai yang akan meningkatkan current/arus listrik (Ampere) tetapi tegangan (Voltage) outputnya akan tetap sama.

- **Rangkaian Seri Baterai**



Gambar 2.14 Rangkaian seri baterai

Dari gambar rangkaian seri baterai diatas, 4 buah baterai masing-masing menghasilkan current atau kapasitas arus listrik (Ampere) yang sama seperti arus listrik pada 1 buah baterai, tetapi Tegangannya yang dihasilkan menjadi 4 kali lipat dari tegangan 1 buah baterai. Yang dimaksud dengan tegangan adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik yang dinyatakan dengan satuan Volt.

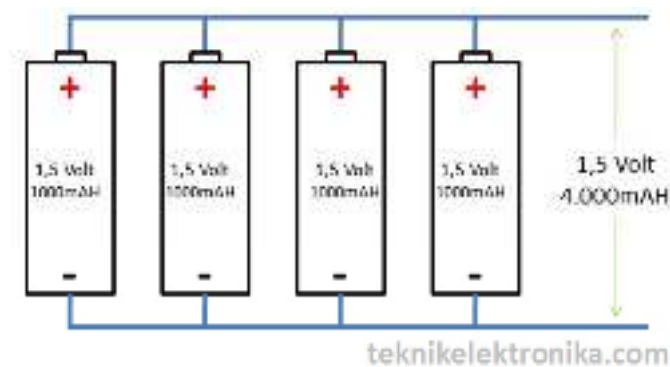
Seperti yang digambarkan pada rangkaian seri baterai diatas, 4 buah baterai yang masing-masing bertegangan 1,5 Volt dan 1.000 miliampere per jam (mAh) akan menghasilkan 6 Volt tegangan tetapi kappasitas arus listriknya (Current) akan tetap yaitu 1.000 miliampere per jam (mAh).

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{bat1}} + V_{\text{bat2}} + V_{\text{bat3}} + V_{\text{bat4}}$$

$$V_{\text{tot}} = 1,5V + 1,5V + 1,5V + 1,5V$$

$$V_{\text{tot}} = 6 V$$

- **Rangkaian Paralel Baterai**



Gambar 2.15 Rangkaian paralel baterai

Gambar 2.15 merupakan rangkaian paralel yang terdiri dari 4 buah Baterai. Tegangan yang dihasilkan dari rangkaian paralel adalah sama yaitu 1,5 Volt tetapi current atau kapasitas arus listrik yang dihasilkan adalah 4.000 mAh (miliampere per Jam) yaitu total dari semua kapasitas arus listrik pada baterai.

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{bat1}} + I_{\text{bat2}} + I_{\text{bat3}} + I_{\text{bat4}}$$

$$I_{\text{tot}} = 1.000mAh + 1.000mAh + 1.000mAh + 1.000mAh$$

$$I_{\text{tot}} = 4.000mAh$$

### BAB III

#### METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam perancangan ini diantaranya, yaitu:

1. Baterai Lithium 18650

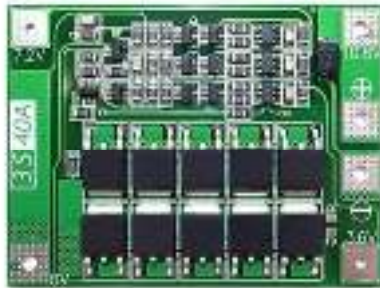
Spesifikasi Baterai :

- Tipe baterai : 18650
- Diameter : 1,8 cm
- Tinggi : 6,5 cm
- Tegangan : 3,7 V
- Jenis Baterai : Li-Ion



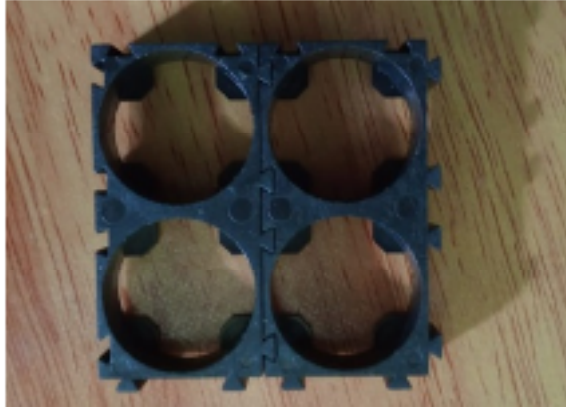
Gambar 3. 1 Baterai Lithium 18650

2. BMS (Baterai Management System) 3S 40A



Gambar 3. 2 BMS (Battery Management System)

3. *Bracket Case Battery (dudukan baterai)*



Gambar 3. 3 Bracket case battery (dudukan baterai)

4. Kabel tunggal ukuran 2,5mm dan 1,5mm.



Gambar 3. 4 Kabel ukuran 1.5mm



Gambar 3. 5 Kabel ukuran 2.5mm

### 3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan diantaranya, yaitu:

a. Solder



Gambar 3. 6 Solder

Berfungsi sebagai alat untuk merekat baterai dan kabel penghubung.

b. Battery Capacity Meter



Gambar 3. 7 Battery Capacity Meter

Berfungsi untuk mengetahui kapasitas daya atau pun tegangan pada baterai.

Spesifikasi :

- Power supply : 4,5 V – 30 V DC
- Arus kerja : 60 mA
- Range tegangan : 0 – 100 V DC
- Range arus : 0 – 50 A
- Display : 0,28 ( 7mm) LED
- Ukuran : 48 x 29 x 21 mm
- Suhu kerja : - 10 ~ + 65°C

c. Laptop/PC

Berfungsi untuk melakukan perancangan (desain) rangkaian baterai.

d. Fluks Solder



Gambar 3. 8 Fluks Solder

Fluks adalah senyawa yang bersifat korosif dan berfungsi untuk menghilangkan lapisan oksidasi dari permukaan benda yang akan di solder dan menurunkan ketegangan permukaan (surface tension) timah solder cair.

e. Liitokala Lii-402 Charger Baterai



Gambar 3. 9 Charger Baterai

Berfungsi sebagai pengisi ulang unit baterai Lithium.

Spesifikasi :

- Charger baterai : AA, AAA, Nicd, Nimh
- Max output : 500, 1000, 2000mA
- Battery Detection : Automatic

### 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

a) Waktu Penelitian

Lamanya perancangan atau pendesainan sekaligus dengan baterai pack ini diperkirakan selama 2 bulan.

Tabel 3.1 Perencanaan Perakitan

	<b>Bulan Mei 2021</b>	<b>Bulan Juni 2021</b>
	Proses Perancangan	Proses Pengujian dan Pembuatan Laporan

b) Tempat penelitian

Lokasi perancangan (pendesainan) dan baterai pack ini dilakukan di Lab. Inovasi dan Pengembangan Universitas HKBP Nommensen Medan yang bertempat di jalan sutomo no.4 Medan.

3.4 Spesifikasi Baterai 1850

Tabel 3.2 Spesifikasi Baterai 18650

Tipe Baterai	18650
Diameter	1,8 cm
Tinggi	6,5 cm
Tegangan	3,7 v
Kuat Arus	0.9 A
Jenis Baterai	Lithium Ion
Berat	45 gram

3.5 Desain *Baterai*

- Design Baterai





Gambar 3. 10 Design Baterai

- Skets Sambungan Seri Paralel Baterai



Gambar 3. 11 Sketsa sambungan Seri Paralel

### 3.6 Diagram Alir

