

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Motor Bakar

Sepeda motor sendiri merupakan evolusi dari sepeda yang biasa digunakan masyarakat pada masa lalu. Sejarah sepeda motor dimulai pada tahun 1868, ketika Michaux ex Cie, perusahaan sepeda pertama di dunia, mulai mengembangkan mesin uap untuk menggerakkan sepeda. Usaha ini kurang berhasil, dan Edward Butler melanjutkannya: seorang penemu Inggris menciptakan kendaraan roda tiga yang dilengkapi dengan mesin pembakaran internal. Ide ini digunakan untuk menciptakan lebih banyak sepeda motor dan mobil (dalam Regia, 2023). Gottlieb Daimler dan Wilhelm Maybach dari Jerman juga mencoba membuat kendaraan yang lebih kompleks (Mustifah, 2023). Kisah sepeda motor terus berlanjut dan akhirnya Daimler dan Maybach keluar dari perusahaan dan mendirikan bengkel sendiri di Stuttgart. Pada tahun 1885, kedua penemu ini menemukan karburator pertama. Karburator digunakan untuk mencampur bensin dan udara, dapat digunakan pada mesin 4 tak (Abdul dan Ariska, 2022).

Sejarah sepeda motor terus berlanjut dan hingga saat ini kita menemukan banyak macam dari sepeda motor hingga motor listrik. Sepeda motor matic merupakan salah satu sepeda motor yang paling banyak digunakan saat ini. Sejarah skuter matic diawali dari skuter, dimana pengereman dilakukan dengan menarik stang untuk menghentikan skuter. Dari situlah terinspirasi untuk menciptakan mobil yang lebih senyap dan mudah digunakan. Dunia sepeda motor terus berkembang dan dibuktikan dengan lahirnya sepeda motor listrik hingga tidak lagi menggunakan bahan bakar minyak melainkan menggunakan baterai (Karimah, 2023). Kisah sepeda motor listrik ini bermula dari pemanasan global dan kelangkaan bahan bakar. Hal inilah yang membuat produsen sepeda motor kini berlomba-lomba memproduksi kendaraan atau sepeda motor listrik. Saat ini perkembangan sepeda motor sudah semakin modern. Tak hanya mengandalkan mesin dan tenaga kuda, pabrikan sepeda motor pun berlomba-lomba menawarkan fitur tercanggih.



(Sumber : Afandi, 2021)

Gambar 2.1 Gambar Motor bakar

2.2 Motor Bakar Bensin

Mesin motor bakar bensin merupakan salah satu mesin pembakaran dalam yang umum digunakan pada kendaraan umum seperti mobil dan sepeda motor. Sepeda motor berbahan bakar bensin mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

1. Pengapian dengan busi yang dikontrol platina atau CDI, pada mode pembakaran rasio kompresinya rendah, pada kisaran 8-11:1.
2. Kecepatan putaran mesin tinggi, tenaga dan torsi yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan mesin diesel dengan tenaga yang sama.
3. Temperatur mesin relatif lebih rendah.

Prinsip kerja mesin bensin.

Prinsip kerja sepeda motor berbahan bakar bensin adalah mesin yang digerakkan oleh gas panas yang dihasilkan pada proses pembakarannya, dimana proses pembakaran tersebut berlangsung di dalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas hasil pembakaran tersebut juga berperan sebagai fluida kerja yang menghasilkan tenaga atau tenaga panas (Hasan dkk., 2022).

Jenis sepeda motor ada bermacam- macam mulai dari skuter, sepeda motor, dan sepeda *sport*. Kendaraan tersebut merupakan kendaraan bermotor roda dua. Jika diperhatikan, kedua roda berada berada pada satu garis lurus dan dapat melaju dengan cepat akibat gaya giroskopik (yang dapat diukur dengan giroskop). Sepeda motor ini juga dapat dikendarai pada kecepatan rendah dimana pengaturan stang pengendara mempengaruhi keseimbangan. Berikut spesifikasi pada mesin motor bakar pada sepeda motor *matic* beat tahun 2014 dengan 110 cc.

Tabel. 1 spesifikasi motor Honda beat

SPEK	KETERANGAN
Mesin	4 langkah, ohc
Kelas	110
Volume langkah	108 cc
Diameter X langkah	50x55mm
Kompresi	9.2:1
Daya maksimum	6.27 Kw/8.000 Rpm
Torsi maksimum	8.68 N.m/6.500 Rpm
Kapasitas pelumas	0.8 lt
Tipe kopling	Otomatis, sentrifugal, tipe kering
Tipe transmisi	Otomatis, <i>v-matic</i>
Tipe baterai	12 V- 3 Ah
Busi	NGK
pengapian	<i>Full Transisterized</i>

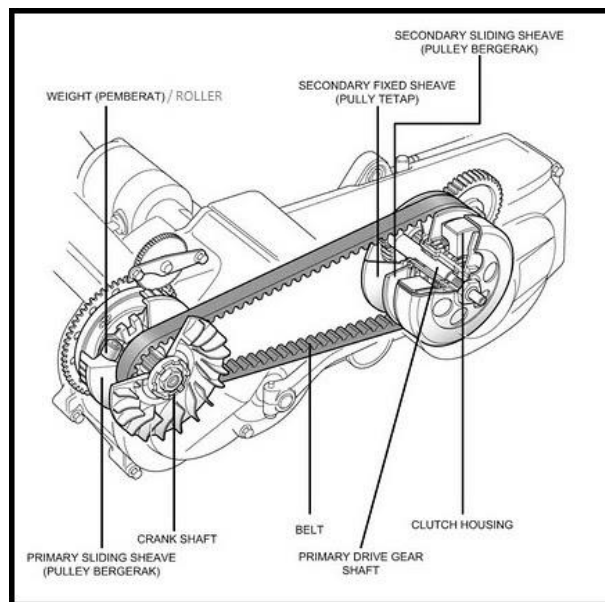
(Sumber : Hasan dkk., 2022)

2.2.1 Sistem Transmisi

Sistem transmisi merupakan bagian komponen mesin sepeda motor yang berfungsi sebagai pemindah tenaga dari mesin ke roda belakang. Sepeda motor *matic* menggunakan sistem transmisi otomatis, yaitu tenaga dari *crangkshaft* (poros engkel) diteruskan ke roda belakang lewat bantuan dua buah *pulley* yang dihubungkan dengan *V-belt*. Pada sistem transmisi otomatis

tidak diperlakukan adanya pemindahan gigi (persneling) seperti pada sepeda motor umumnya.

Teknologi yang digunakan pada sistem transmisi otomatis dikenal dengan sebutan *Continuously Variable Transmission (CVT)*. Pada teknologi ini tenaga dari mesin dapat tersalurkan dengan sempurna ke roda belakang dengan menyesuaikan perubahan kecepatan dan perubahan torsi kendaraan tentunya dengan ratio yang sangat tepat sehingga percepatan yang dihasilkan lebih konstan dan bebas hentakan. Transmisi CVT disalurkan melalui sabuk yang disebutkan *V-belt* sabuk *V-belt* terbuat dari campuran serat dan bahan kimia dengan karet khusus yang mempunyai daya tahan tinggi, awet dan efisiensi (Darmawa dan Adiaksa, 2023)



(Sumber : (Ariyono dkk., 2019)

Gambar 2.2 Gambar Sistem transmisi motor matic

1. Mekanisme CVT (*Continuously Variable Transmission*)

Rangkaian rute tenaga pada sistem transmisi otomatis di mulai dari putaran *crankshaft*. Seperti pada sepeda motor lainnya, untuk memutar poros engkol menggunakan dua cara, yaitu menggunakan *elektric starter* dan *kick starter*. Ketika elektrik starter di gunakan,, motor

listrik bertenaga bataerai terlebih dahulu menghidupkan starter wheel, selanjutnya memutar crankshaft. Pada kick starter, sebelum putaran sampai pada *crankshaft*, tenaga hantakan dari *kick crank* terlebih dahulu melewati kopling (*one way clutch*). Putaran poros engkol diteruskan ke *pulley primer*. Dengan bantuan V-belt putaran *pulley primer* diteruskan ke *pulley sekunder*. Untuk memutar roda belakang pada komponen pulley sekunder dipasang kopling sentrifugal yang akan memutar rumah kopling untuk diteruskan ke roda belakang (Ariyono dkk., 2019).

2. Cara Kerja CVT (*Continuously Variable Transmission*)

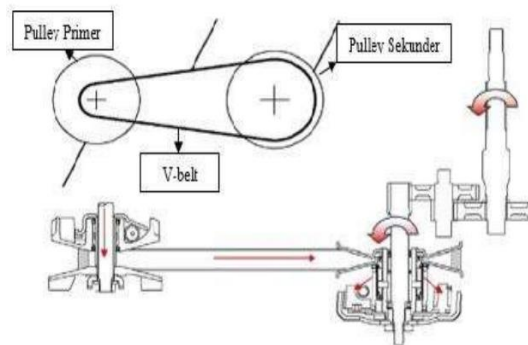
Sistem cara kerja CVT sepeda motor matic dimulai dari putaran stasioner hingga putaran tinggi. Sistem cara kerja CVT sepeda motor matic diuraikan sebagai berikut :

1. Putaran Stasioner

Pada putaran statis (lambat), putaran poros engkol diteruskan ke *pulley primer*, kemudian putaran diteruskan ke *pulley sekunder* yang dihubungkan dengan sabuk V. Kemudian putaran *pulley sekunder* diteruskan ke *pulley sentrifugal*. Namun karena masih lambat, kopling sentrifugal belum bisa beroperasi. Hal ini dikarenakan gaya tarik kopling selalu lebih kuat dibandingkan gaya sentrifugal sehingga sepatu kopling belum menyentuh rumah kopling dan roda belakang tidak berputar (Akhmadi dan Usman, 2021).

2. Putaran Saat Mulai Berjalan

Saat kecepatan mesin meningkat, roda belakang mulai berputar. Hal ini terjadi karena gaya sentrifugal lebih besar dibandingkan gaya pegas. Pada putaran tinggi, sepatu kopling akan terlepas dan melilit rumah kopling. Pada kondisi ini posisi *V-belt* berada di dalam *pulley* (diameter kecil). Pada *pulley sekunder*, diameter *V-belt* berada di luar (diameter besar).

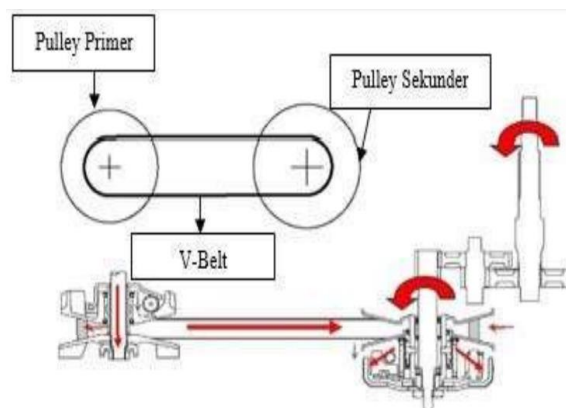


(Sumber : Akhmadi dan Usman, 2021)

Gambar 2.3 Gambar dari Putaran Saat Mulai Berjalan

3. Putaran Menengah

Pada putaran rata-rata, diameter sabuk-V kedua *pulley* berada pada posisi seimbang (berukuran sama). Hal ini terjadi karena gaya sentrifugal beban pada katrol utama bekerja dan mendorong katrol geser ke arah katrol tetap. Tekanan pada *pulley* geser menyebabkan sabuk-V bergerak menuju lingkaran luar, yang kemudian menarik sabuk-V dari *pulley* sekunder menuju lingkaran dalam.

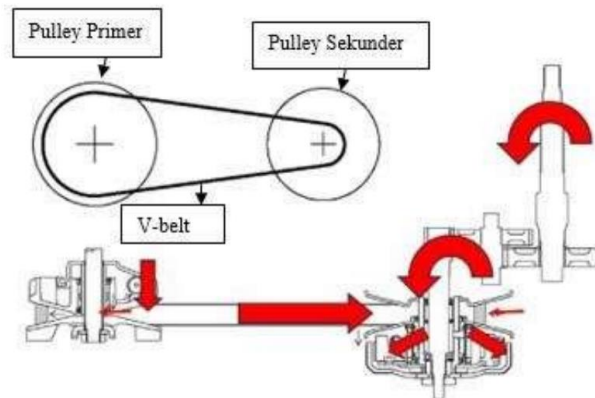


(Sumber : Akhmadi dan Usman, 2021)

Gambar 2.4 Gambar dari Putaran Menengah

4. Putaran Tinggi

Pada kondisi putaran tinggi, diameter sabuk-V *pulley* primer lebih besar dari diameter sabuk-V *pulley* sekunder. Akibatnya, gaya sentrifugal beban semakin menekan katrol geser. Akibatnya, sabuk-V terlempar keluar dari katrol utama (Akhmadi dan Usman, 2021).



(Sumber : Akhmadi dan Usman, 2021)

Gambar 2.5 Gambar dari Putaran Tinggi

2. Baterai

Baterai adalah perangkat yang mengubah energi kimia yang terkandung dalam komponen aktif. Komponen baterai diubah menjadi energi listrik melalui reaksi oksidasi dan reduksi elektrokimia. Reaksi redoks adalah reaksi yang menambah elektron dan menurunkan bilangan oksidasi, sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi yang melepaskan elektron. elektron dan meningkatkan bilangan oksidasi. Ada dua jenis baterai, baterai utama dan baterai sekunder. Anda dapat menggunakan rumus berikut untuk menghitung waktu pengisian baterai (td) (Hasan dkk, 2022):

$$\text{Energi baterai} = V \times I \times t$$

Keterangan rumus :

Wh = kapasitas baterai dalam jam (Wh)

V = Tegangan baterai dalam volt (V)

Ih = arus per jam dalam ampere jam (Ah)

$$V_A = V_G \times A_G$$

Keterangan dari rumus :

V_A = daya pada generator (VA)

V_G = tegangan dalam volt (V)

A_G = arus pada generator (A)

$$T_d = \frac{Wh}{V_A}$$

Keterangan dari rumus :

T_d = waktu pengisian baterai dalam satu jam (h)

Wh = kapasitas baterai dalam jam (Wh)

V_A = kapasitas pembangkit (VA)



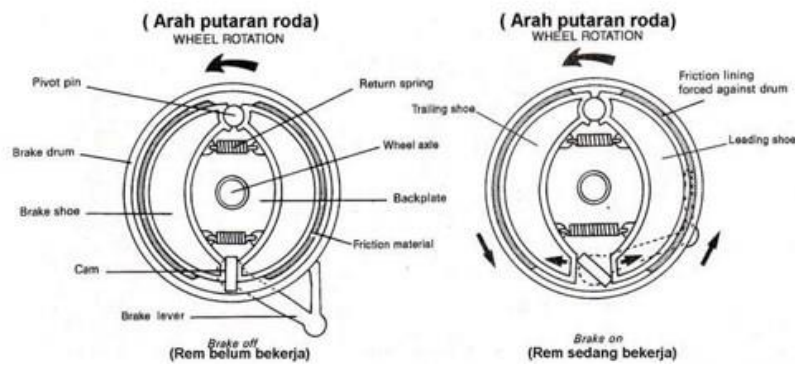
(Sumber : Hasan dkk., 2022)

Gambar 2.6 Gambar Baterai

3. Rem

Jika mesin dimatikan transmisinya, ada kecenderungan terus melaju, kendaraan tidak bisa langsung berhenti. Kelemahan ini harus dibatasi agar kendaraan bisa berhenti. Mesin mengubah energi panas menjadi energi kinetik untuk menggerakkan kendaraan. Rem, sebaliknya, mengubah energi kinetik kembali menjadi panas untuk menghentikan kendaraan. Normalnya rem bekerja karena adanya sistem gabungan tekanan dengan sistem gerak putar. Efek pengereman berasal dari gesekan antara dua benda. Oleh karena itu dari prinsip pengoperasiannya sistem pengereman mempunyai fungsi sebagai berikut (Hasan dkk, 2022):

1. Mengurangi kecepatan kendaraan
2. Menghentikan kendaraan yang bergerak dan biarkan berhenti.



(Sumber : Hasan dkk., 2022)

Gambar 2.7 Gambar Sistem Pengereman

2.3 Motor Listrik

Motor listrik merupakan suatu alat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (Darmana dkk, 2018). Energi mekanik ini digunakan misalnya untuk memutar *impeler* pompa, kipas atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat material, dan lain-lain. Motor listrik juga digunakan di rumah (*mixer*, bor listrik, turbin angin) dan generator. Motor listrik kadang-kadang disebut sebagai “pekerja keras” generator karena

diperkirakan motor tersebut menggunakan sekitar 70% beban listrik generator.

1. Cara kerja motor listrik

Mekanisme kerja semua jenis motor pada umumnya sama

- (a) Arus listrik dalam medan magnet akan menghasilkan gaya
- (b) Jika penghantar arus dibengkokkan membentuk lingkaran, pasangan gaya tersebut akan menghasilkan torsi putaran kumparan
- (c) Motor mempunyai beberapa putaran pada alternator untuk memberikan daya putar yang lebih seragam dan medan magnet tercipta dari susunan elektromagnetik yang disebut kumparan/cincin magnet dan kemudian juga dua sisi cincin yang tegak lurus terhadap medan magnet, akan mengalami gaya berlawanan arah

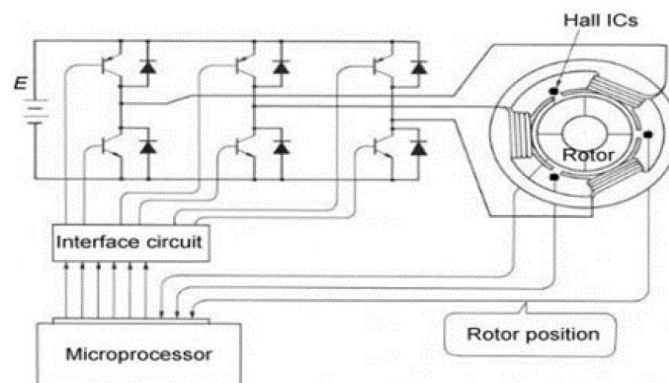
Untuk memahami motor, penting untuk memahami pengertian beban motor. Beban mengacu pada daya/torsi berdasarkan kecepatan yang dibutuhkan. Beban tersebut secara umum dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok :

- a) Beban torque konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun torque nya tidak bervariasi. Contoh beban *torque* konstan adalah *conveyors*, rotary kilns dan pompa displacement konstan.
- b) Beban dengan dynamo torque adalah beban dengan torque yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan dynamo torque adalah popa sentrifugal dan fan (*torque* bervariasi sebagai kwadrat kecepatan)
- c) Beban dengan *dynamo* konstan adalah beban dengan permintaan torque yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin (Listiyanto dan Santoso, 2023).

2. Komponen-Komponen Motor Listrik

- a) Motor BLDC (*Brushless Direct Current Hub*)

Brushless Direct Current Center (BLDC) merupakan motor yang sangat umum digunakan pada mobil listrik berkecepatan sedang. Motor ini tidak lagi menggunakan motor BLDC magnet permanen brushless yang berfungsi sebagai rotor. Sebagai pengubah fasa, motor BLDC memerlukan sinyal sensor Hall untuk mendeteksi posisi magnet. Motor BLDC harus menggunakan pengontrol untuk inversi karena memerlukan pengolahan data yang diberikan oleh sensor efek Hall (Hasan dkk, 2022)



(Sumber : Hasan dkk, 2022)

Gambar 2.8 Gambar Skema Rancangan Motor BLDC

3. Torsi BLDC (*Brushless Direct Current Hub*)

1. Perhitungan torsi :

$$Torsi\ motor = T = \frac{5252 \times P}{N}$$

Dimana

T = torsi (N.m)

P = daya motor (Watt)

N = putaran motor (Rpm)

2. Putaran pada pulley CVT motor listrik BLDC

$$\frac{D1}{N1} = \frac{D2}{N2}$$

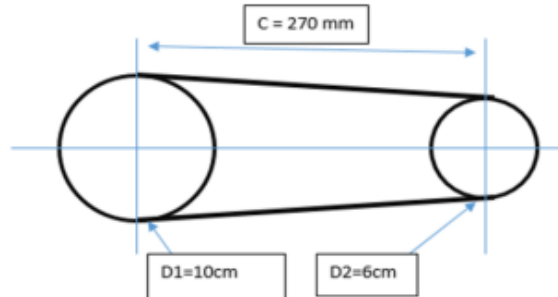
Dimana

$D1$ = diameter *pulley* 1

$D2$ = diameter *pulley* 2

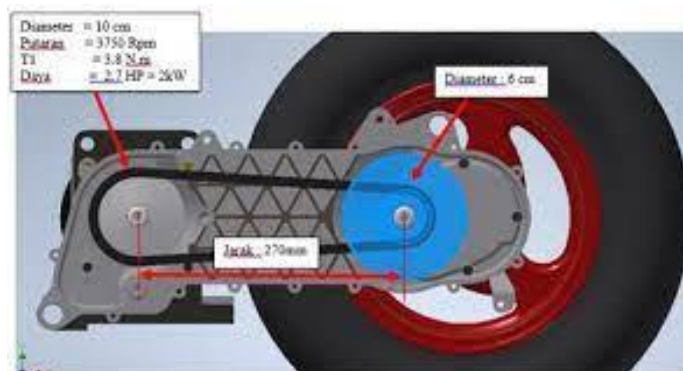
$N1$ = putaran motor 1 (rpm)

$N2$ = putaran motor 2 (rpm)



(Sumber : Hasan dkk, 2022)

Gambar 2.9 Gambar Motor BLDC dan kerangka dari *pulley* motor matic



(Sumber : Hasan dkk, 2022)

Gambar 2.10 Gambar Sitem Penggerak Motor Listrik dengan BLDC

4. Controller(*Brushless Direct Current*) BLDC Hub



(Sumber : (Masudi, 2014)

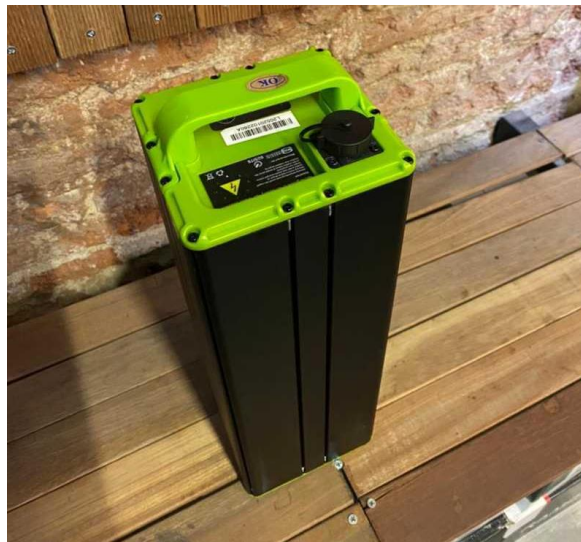
Gambar 2.11 Gambar *Controller*

Controller dan *Inverter* (mengubah tegangan DC menjadi AC menjadi AC) pengontrol motor DC *brushless* memegang peranan yang sangat penting dan dapat dianggap sebagai bagian pendukung utama bekerjanya motor DC *brushless*, karena motor DC *brushless* memerlukan pemicu pulsa. masukan ke *solenoid (stator)* motor DC *brushless* untuk mengatur amplitudo. Arus mengalir untuk mengatur putaran motor secara tepat. *Inverter* pada motor DC *brushless* berperan untuk mengubah tegangan DC yang masuk ke pengontrol menjadi tegangan AC, karena motor DC *brushless* biasanya mempunyai *inverter* tiga fasa, sehingga diperlukan inverter tegangan DC tiga fasa agar arus bolak-balik dapat mengalir. . Sesuai dengan kemampuan kontrol catu daya, kita dapat secara akurat memilih tegangan pengenal motor yang diperlukan. Untuk tegangan 48 volt atau kurang, biasanya digunakan untuk aktuator mobil, robot, atau lengan mekanik kecil. Tegangan pengenal 100 volt atau lebih digunakan dalam bidang otomasi industri dan pengendalian peralatan industri (Masudi, 2014).

Untuk memenuhi kebutuhan torsi yang tinggi juga diperlukan ampli yang besar, sehingga pengontrol harus mendukung dan mampu mengalirkan arus yang

besar. Efek menggunakan pengontrol yang lebih besar sebenarnya merupakan hal yang baik. Torsi akan bertambah, pengontrol akan beroperasi lebih lama dan kecepatan maksimum akan tetap sama, karena kecepatan maksimum merupakan ciri khas motor BLDC. Tidak disarankan menggunakan pengontrol yang lebih kecil karena akan cepat panas dan berisiko merusak MOSET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*).

5. Baterai Lithium-ion



(Sumber : (Masudi, 2014)

Gambar 2.12 Gambar Baterai *Lithium-ion*

Baterai *litium-ion* mencakup *anoda*, *elektrolit*, pemisah, dan *katoda*. Secara umum *katoda* dan *anoda* terdiri dari dua bagian yaitu bahan aktif sebagai masukan dan keluaran *ion litium* dan pengumpul *elektron* sebagai pengumpul arus. Prinsip kerja baterai *litium-ion* adalah ketika *anoda* dan *katoda* dihubungkan, elektron berpindah dari *anoda* ke *katoda* dan arus mulai mengalir. Di dalam baterai, pelepasan *ion litium* terjadi di *anoda*, yang kemudian berpindah ke *katoda* melalui *elektrolit*. Di *katoda*, bilangan oksidasi kobalt berkurang dari 4 menjadi 3. Hal ini disebabkan adanya *elektron dan ion litium* yang melewati *anoda*. Sedangkan proses pengisian ulang berbanding terbalik dengan proses tersebut. Tak hanya murah, baterai *Li-ion*

juga unggul dalam kemudahan perawatannya. Baterai jenis ini juga tidak mengandung zat beracun sehingga benar-benar aman digunakan. Keunggulan lain dari *Li-ion* adalah dapat mencapai hingga 1.000 siklus pengisian baterai yang artinya kepadatan energinya cukup tinggi (Masudi, 2014).

5. BMS (*Baterai Management system*)

BMS adalah alat untuk mengatur/mengendalikan baterai litium. Item yang dikontrol oleh BMS adalah arus maksimum, batas minimum/tegangan rendah setiap sel, batas maksimum/tegangan atas setiap sel, pengontrol arus pengisian daya, dan keseimbangan tegangan antar sel (Masudi, 2014).