

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar. Beberapa diantaranya bisa segera diterapkan di tanah air, seperti : bioethanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga angin, tenaga baterai (*accumulator*).

Sekitar 40% cadangan energi geothermal dunia terletak di bawah tanah Indonesia, maka negara ini diperkirakan memiliki cadangan-cadangan energi geotermal terbesar di dunia dan karena itu memiliki potensi tinggi untuk sumber energi terbarukan. Namun, sebagian besar dari potensi ini belum digunakan. Saat ini, Indonesia hanya menggunakan 4-5% dari kapasitas *geothermalnya*. Energi panas bumi (atau energi *geothermal*) adalah sumber energi yang relatif ramah lingkungan karena berasal dari panas dalam bumi. Air yang dipompa ke dalam bumi oleh manusia atau sebab-sebab alami (hujan) dikumpulkan ke permukaan bumi dalam bentuk uap, yang bisa digunakan untuk menggerakkan turbin-turbin untuk memproduksi listrik. Biaya eksplorasi dan juga biaya modal pembangkit listrik *geothermal* lebih tinggi dibandingkan pembangkit-pembangkit listrik lain yang menggunakan bahan bakar fosil.

Pada era globalisasi ini, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil memiliki lima ancaman serius, yakni :

1. Menipisnya cadangan minyak bumi yang diketahui,
2. Kenaikan/ ketidakstabilan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak,
3. Polusi gas rumah kaca (terutama CO<sub>2</sub>) akibat pembakaran bahan bakar fosil.
4. Energi fosil makin lama makin habis dan tidak bisa digantikan, dan
5. Penggunaan energi fosil berlebihan dapat menimbulkan dampak baru, yakni pemanasan global.

Kadar CO<sub>2</sub> saat ini disebut sebagai yang tertinggi selama 1000 tahun belakangan ini. Bila ilmuwan masih memperdebatkan besarnya cadangan minyak yang masih bisa diekplorasi, efek buruk CO<sub>2</sub> terhadap pemanasan global telah disepakati hampir oleh semua kalangan. Hal ini menimbulkan ancaman serius bagi makhluk hidup di muka bumi. Oleh karena itu, pengembangan dan implementasi kendaraan dengan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan perlu mendapatkan perhatian serius dari berbagai negara.

bahkan sampah / limbah pun bisa digunakan untuk membangkitkan listrik. Hampir semua sumber energi tersebut sudah dicoba diterapkan dalam skala kecil di tanah air. Momentum krisis bahan bakar minyak (BBM) saat ini merupakan waktu yang tepat untuk menata dan menerapkan dengan serius berbagai potensi tersebut. Meski saat ini sangat sulit untuk melakukan substansi total terhadap bahan bakar fosil, namun impementasi sumber energi terbarukan sangat penting untuk segera dimulai. Salah satunya sumber energi dengan reaksi kimia yaitu Accumulator (AKI)

Aki adalah jenis baterai yang banya digunakan untuk kendaraan bermobil. Aki menjadi pilihan praktis karena dapat menghasilkan listrik yang cukup besar dan dapat di isi kembali. Aki berasal dari kata *accumulator* atau bisa disingat *accu*. Aki dapat memberikan aliran listrik bila dihubungkan dengan satu rangkaian luar. Aki dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai sumber energi listrik.

Sekarang ini ada solusi mobil listrik yang mulai dikembangkan. mobil listrik hanya menggunakan aki sehingga tidak mengeluarkan polusi sama sekali. mobil listrik pun sudah bisa jalan dengan kecepatan hingga 40 km/jam sehingga untuk berkendara didalam kota sangat cukup. Dan juga mulai dikembangkan mobil listrik, yang bisa menggunakan sistem elektrik dan juga menggunakan dayungan manual seperti layaknya mobil biasa jikalau ingin menggunakannya ataupun disaat kehabisan daya listrik yang tersimpan pada baterai mobil tersebut.

Dan seperti yang kita ketahui hingga pada saat ini bahwa sekarang juga sudah ada mobil listrik yang dimana sistem penggerak nya dari gas di tangan menjadi menggunakan pedal di kaki dengan kapasitas daya 3000 watt / 72 volt oleh karena hal tersebut, dengan segala keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis, dengan melihat alasan tersebut penulis mengajukan tugas akhir dengan judul **‘PERANCANGAN SISTEM PENGGERAK PADA MOBIL LISTRIK DENGAN KAPASITAS DAYA 3000 WATT / 72 VOLT ‘**

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Masalah yang akan dibahas dalam laporan tugas akhir ini adalah untuk merancang sistem penggerak nya dari gas di tangan menjadi menggunakan pedal di kaki dengan kapasitas daya 3000 watt / 72 volt

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian adalah:

1. Untuk mengetahui cara kerja komponen Sistem Penggerak yang ada pada mobil listrik.
2. Mendapatkan design sistem penggerak yang terbaik pada motor listrik

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari laporan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mendukung program Green Campaign dan penghematan bahan bakar fosil.
2. Mobil listrik akan menggantikan mobil berbahan bakar fosil yang penggunaannya terbatas di masa yang akan datang.
3. Teknologi listrik melalui mobil listrik dapat digunakan di lingkungan masyarakat, dan mengurangi polusi.
4. Untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan studi program Sarjana Strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Prodi Mesin Universitas HKBP Nommensen Medan.

## **1.5 Batasan Masalah**

Mengingat begitu luasnya masalah yang menyangkut tentang mobil listrik maka ruang lingkup dibatasi, adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Mobil Listrik DC 3000 Watt dengan voltase 72 Volt.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan dengan judul “**PERANCANGAN SISTEM PENGGERAK PADA MOBIL LISTRIK DENGAN KAPASITAS DAYA 3000 WATT / 72 VOLT**” adalah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Memuat tentang latar belakang, identifikasi masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Membahas tentang dasar – dasar teori penelitian, komponen – komponen yang digunakan dalam penelitian, kegunaan dan karakteristik dari bagian – bagian tersebut.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Membahas tentang metode pengumpulan data, tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan, dan skema penelitian.

### **BAB IV PENGUJIAN, PERHITUNGAN DAN ANALISIS DATA**

Membahas tentang hasil pengujian, perhitungan dan analisis data, dan membahas Hasil dari penelitian.

### **BAB V PENUTUP**

Membahas tentang kesimpulan dan saran-saran, sehingga tugas akhir ini dapat dikembangkan lebih lanjut, dengan harapan dapat digunakan atau diaplikasikan dalam kehidupan bermasyarakat.

### **DAFTAR PUSTAKA**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Umum**

Listrik merupakan suatu energi yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik (*alternator, generator, dinamo* yang diputar). Energi listrik sangatlah fleksibel, yaitu dapat diubah menjadi energi yang lain seperti energi gerak (mekanik), energi panas, energi cahaya dan juga dapat ditampung pada *accumulator* (penampung) dalam energi kimia. Sesuai dengan hukum Kekekalan Energi oleh Joule, bahwa “Energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, energi hanya dapat diubah bentuk yang satu ke bentuk lainnya.

Energi menurut Egene C. Lister yang diterjemahkan oleh Hanapi Gunawan (1993) bahwa energi merupakan kemampuan untuk melakukan kerja, energi merupakan kerja tersimpan. Pengertian ini tidaklah jauh beda dengan ilmu fisika yaitu, sebagai kemampuan melakukan usaha (Kamajaya, 1986).

##### **2.1.1. Arah arus listrik**

Arus listrik yaitu aliran listrik yang mengalir melalui penghantar atau konduktor pada suatu rangkaian tertutup. Arah arus listrik mengalir dari kutub positif (terminal plus) melalui penghantar ke kutub negatif, pada suatu rangkaian tertutup. Arah arus listrik bertentangan dengan arus elektron yaitu dari kutub negatif melalui penghantar ke kutub positif, pada suatu rangkaian tertutup. Pertentangan antara arus listrik dan arus elektron tidak perlu menimbulkan kesalah pahaman mengingat bahwa bila arus listrik mengalir dalam suatu arah maka bersamaan dengan itu arus electron mengalir berlawanan arah.

##### **2.1.2. Arus searah dan arus bolak-balik**

###### **a. Arus Searah (*direct current (DC)*)**

Arus searah (DC) adalah aliran elektron dari suatu titik yang energi potensialnya tinggi ke titik lain yang energi potensialnya lebih

rendah. Sumber arus listrik searah biasanya adalah baterai. Arus searah biasanya mengalir pada sebuah konduktor, walaupun mungkin saja arus searah mengalir pada semi-konduktor, isolator, dan ruang hampa udara. Arus searah dulu dianggap sebagai arus positif yang mengalir dari ujung positif sumber arus listrik ke ujung negatifnya. Pengamatan-pengamatan yang lebih baru menemukan bahwa sebenarnya arus searah merupakan arus negatif (elektron) yang mengalir dari kutub negatif ke kutub positif. Aliran elektron ini menyebabkan terjadinya lubang-lubang bermuatan positif, yang "tampak" mengalir dari kutub positif ke kutub negatif.

Penyaluran tenaga listrik komersil yang pertama (yang dibuat oleh Thomas Edison di akhir abad ke 19) menggunakan listrik arus searah. Karena listrik arus bolak-balik lebih mudah digunakan dibandingkan dengan listrik arus searah untuk transmisi (penyaluran) dan pembagian tenaga listrik, di zaman sekarang hampir semua transmisi tenaga listrik menggunakan listrik arus bolak-balik.

#### **b. Arus Listrik Bolak-Balik (*Alternating Current (AC)*)**

Arus bolak-balik (*AC*) adalah arus listrik dimana besarnya dan arahnya arus berubah-ubah secara bolak-balik. Berbeda dengan arus searah dimana arah harus yang mengalir tidak berubah-ubah dengan waktu. Bentuk gelombang dari listrik arus bolak-balik biasanya berbentuk gelombang sinusoida, karena ini yang memungkinkan pengaliran energi yang paling efisien. Namun dalam aplikasi-aplikasi spesifik yang lain, bentuk gelombang lain pun dapat digunakan, misalnya bentuk gelombang segitiga (*triangular wave*) atau bentuk gelombang segi empat (*square wave*).

#### **2.1.3. Hukum Ohm**

Hubungan antara tegangan, arus dan hambatan sesuai dengan Hukum Ohm yaitu "Arus listrik pada suatu rangkaian tertutup berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan.

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan : I = Kuat Arus Listrik (Ampere)

V= Tegangan (Volt)

R= Hambatan (Ohm)

## 2.2 Pengertian Motor Listrik

Motor Listrik merupakan perangkat elektro magnetik yang mengubah sistem kerja listrik menjadi gaya gerak atau mekanik. Energi mekanik ini sering digunakan untuk kehidupan sehari-hari misal, memutar impeller kipas angin, mesin cuci, pipa air, mixer, bor, dan lain-lain. Motor Listrik sering disebut dengan “kuda kerja” nya industri sebab motor motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total dalam industry.

Seperti dijelaskan oleh UNEP (2006 : 1), bahwa motor listrik adalah merupakan sebuah perangkat elektromagnetis, yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik dapat digunakan untuk memutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan dan lain sebagainya. Motor listrik dapat juga digunakan di dalam rumah, seperti pada *mixer*, bor listrik, kipas angin, ataupun pada alat-alat industri. Oleh karena itu motor listrik kadang disebut pula sebagai “kuda kerja” nya industri, sebab dapat diperkirakan untuk motor-motornya menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Untuk cara kerjanya seperti dijelaskan oleh Sutrisno (2012 : 14), bahwa kutub-kutub dari magnet yang senama akan saling tolak-menolak, dan kutub- kutub yang tidak senama akan tarik menarik. Jadi akan dapat diperoleh suatu gerakan, jika ditempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar pada magnet lain pada suatu kedudukan yang tetap.

Hal tersebut seperti dijelaskan oleh Zumain (2009 : 8), bahwa motor listrik menggunakan energi listrik dan energi magnet yang dapat menghasilkan suatu energi mekanis, dimana operasi motor tersebut adalah tergantung

pada interaksi dua medan magnet. Secara sederhana dapat dikatakan, bahwa motor listrik adalah bekerja menggunakan prinsip dua medan magnet yang dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Adapun tujuan dari motor listrik, adalah untuk menghasilkan suatu gaya yang dapat menggerakkan atau torsi.

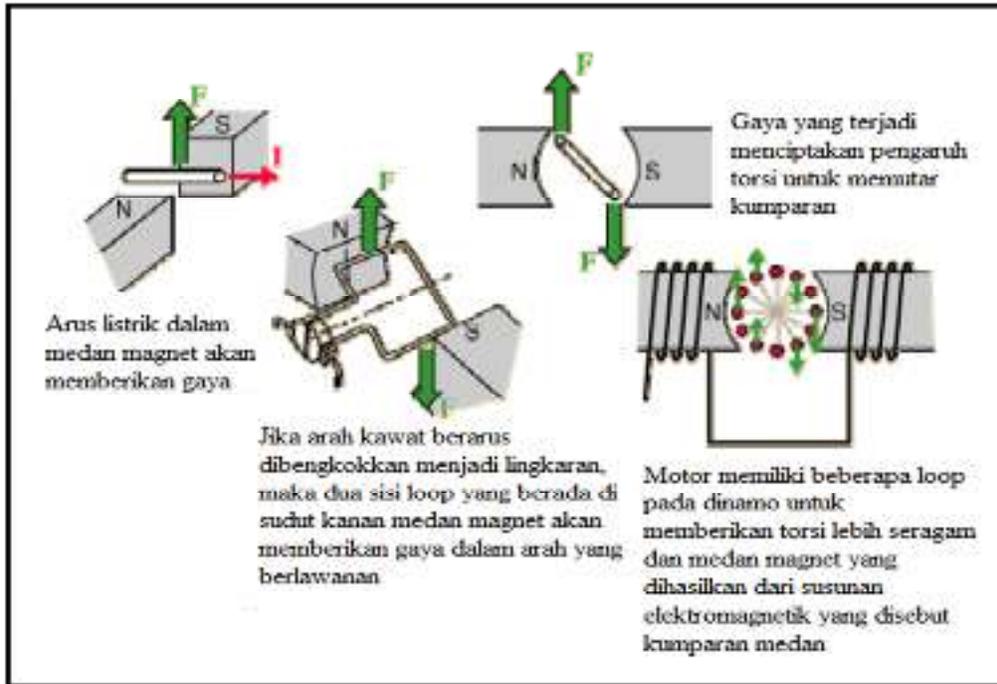
Adapun Arisworo (2006 : 233) menjelaskan, bahwa motor listrik menggunakan prinsip hampir sama dengan pita aluminium yang berarus listrik ditempatkan pada medan magnet, namun pada motor listrik menggunakan kawat.

## **2.3 Mekanisme Dan Prinsip Kerja Motor Listrik**

### **A. Mekanisme Pada Motor Listrik**

secara umum pada semua jenis motor listrik sama yaitu :

- Arus listrik dalam medan magnet akan menghasilkan sebuah energy atau gaya.
- Jika kawat yang dialiri arus listrik dibengkokkan menjadi lingkaran/loop akan menghasilkan sebuah gaya pada arah yang berlawanan
- Pasangan gaya menghasilkan gaya putar atau torsi untuk memutar kumparan
- Motor-motor memiliki beberapa loop tergantung pada jenis motor pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektro magnetik yang disebut kumparan medan.



**Gambar 2.1 Prinsip Dasar Kerja Motor Listrik**

Dalam memahami sebuah motor, sangatlah penting untuk mengerti tentang apa yang dimaksud beban motor. Beban mengacu pada keluaran tenaga putar/ *torque*, sesuai dengan kecepatan yang diperlukan.

Beban pada umumnya dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok: (BEE, 2004 dalam jurnal UNEP,2006:1):

1. Beban *torque konstan* adalah beban dimana permintaan keluaran Energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya, namun *torque* nya tidak bervariasi. Untuk contoh beban dengan *torque* konstan adalah *conveyors*, *rotary kilns*, dan pompa *displacement* konstan.
2. Beban dengan *variabel torque* adalah beban dengan *torque* yang Bervariasi dengan kecepatan operasi. Untuk contoh beban dengan variabel *torque*, adalah pompa sentrifugal dan fan (*torque* bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).

3. Beban dengan *energi konstan* adalah beban dengan permintaan *torque* yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

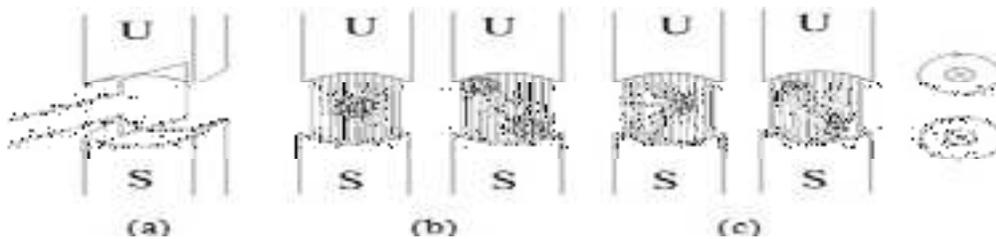
### B. Prinsip Kerja Motor Listrik

Menurut penjelasan Rijono (1997 : 163), bahwa jika sepotong kawat dialiri arus listrik diantara dua kutub magnet kutub utara (KU) dan kutub selatan (KS), maka pada kawat tersebut terkena suatu gaya *Lorentz*. Arah gerakan kawat sesuai dengan aturan tangan kiri (perhatikan gambar 2.2)

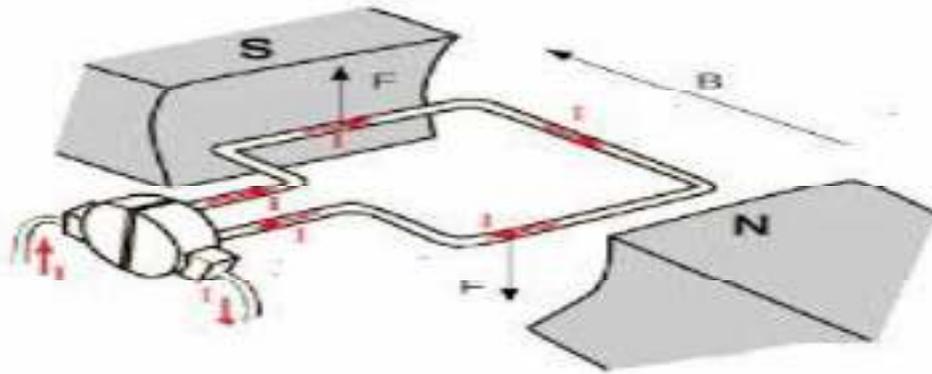


**Gambar 2.2 Penentuan Arah Gerak Kawat Berarus**

Untuk mengetahui arah putaran dari motor searah atau berlawanan dengan jarum jam, perhatikan gambar 2.3. Pada gambar 2.3.a arus listrik yang mengalir melalui sisi kumparan sebelah atas dekat kutub utara (KU) meninggalkan kita sedangkan arah arus sebelah bawah dekat kutub selatan (KS) menuju kita, maka kumparan akan berputar berlawanan arah jarum jam (perhatikan arah medan magnet) sekitar kawat yang terdapat pada gambar 2.3.b dan 2.3.c. Jika ujung kumparan dihubungkan sumber listrik DC dengan polaritas berlawanan dengan polaritas baterai yang terdapat pada gambar 2.3.a, maka kumparan akan berputar searah dengan jarum jam lebih jelasnya lihat gambar. (Yon Rijono, 1997)



**Gambar 2.3 Prinsip Kerja Motor DC**



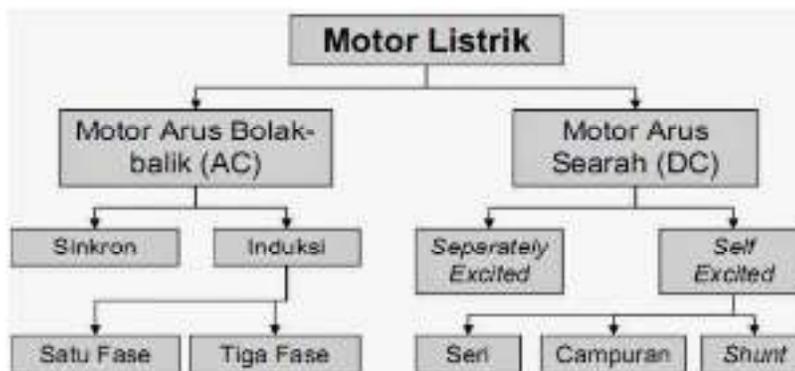
**Gambar 2.4 Prinsip Kerja Motor Listrik**

## 2.4 Jenis Jenis Motor Listrik

Tipe motor listrik dibedakan menjadi motor arus bolak-balik (*AC*) dan motor arus searah (*DC*). Pada motor *AC* memanfaatkan arus listrik bolak-balik untuk menjalankan kerjanya, sedangkan motor *DC* hanya memanfaatkan arus listrik *DC* untuk menjalankan kerjanya. Pada motor *DC* dengan penguat sendiri memanfaatkan rangkaian kumparan medan yang terjadi menjadi seri, shunt, dan campuran.

Seperti dijelaskan oleh UNEP (2006 : 2), bahwa motor listrik dapat dikategorikan melalui cara kerjanya yang didasarkan pada input, konstruksi, dan mekanisme operasi. Adapun untuk mengetahui tentang klasifikasi jenis utama motor listrik, dapat dijelaskan melalui skema sebagai berikut :

Penjelasan di atas dapat dilihat seperti gambar di bawah ini :



**Gambar 2.5 Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik**

Berdasarkan letaknya motor listrik ada 3 jenis yaitu;

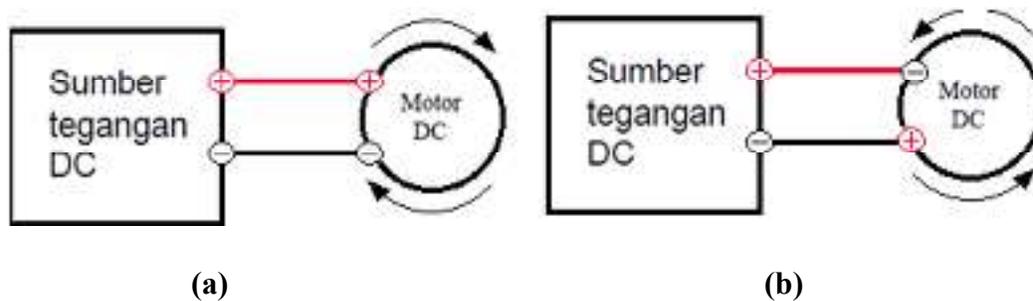
- Pemasangan di roda belakang
- Pemasangan di roda depan
- Pemasangan di kedua roda

Untuk pemasangan dinamo umumnya orang pilih di salah satu roda agar anggaran bisa lebih murah. Untuk pemasangan dinamo lebih baik dipasang di belakang, tujuannya agar memperoleh daya dorong lebih optimal.

Berdasarkan cara kerja motor penggerak, jenis motor listrik yang digunakan adalah motor listrik Bosch arus DC:

#### 2.4.1. Motor Arus Searah

Motor DC menghasilkan output berupa putaran dengan input yang berupa energi. Sesuai namanya, motor arus searah (DC) menggunakan sumber tegangan DC untuk mengoperasikan sebuah motor DC.



**Gambar 2.6 Sumber Tegangan Motor DC**

Jika tegangan sumber positif dihubungkan dengan kutub positif motor dan kutub negatif sumber dihubungkan kutub negatif motor maka motor akan bergerak searah dengan jarum jam (ditunjukkan gambar 2.7 a). Sedangkan jika hubungan dibalik artinya kutub positif tegangan dihubungkan dengan kutub negatif motor dan kutub negatif sumber dihubungkan dengan kutub positif motor maka akan terjadi perubahan putaran yaitu berlawanan dengan arah jarum jam (ditunjukkan pada gambar 2.7 b). Menurut Budic Utom (2014), bahwa untuk perubahan tersebut disebabkan oleh arah arus yang mengalir.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi

beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan *rolling mills*, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya. Motor DC juga relatif mahal dibanding motor AC (UNEP,2006 : 4)



**Gambar 2.7 Motor Dc**

Motor DC/arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/direct-unidirectional. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalan torsi yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.

Motor listrik DC adalah suatu komponen yang dapat mengubah energi listrik (arus searah ) menjadi energi mekanik berdasarkan prinsip medan elektromagnetik.

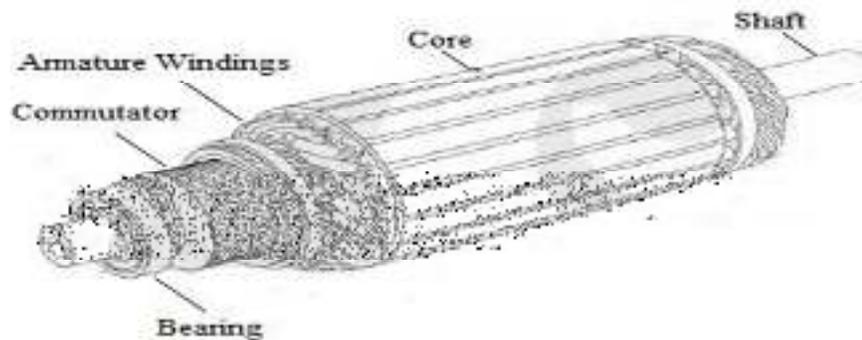
Motor DC mempunyai tiga komponen utama yaitu : kutub medan (*stator*), dinamo (*rotor*), dan komutator.

**Kutub medan / Stator.** Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.



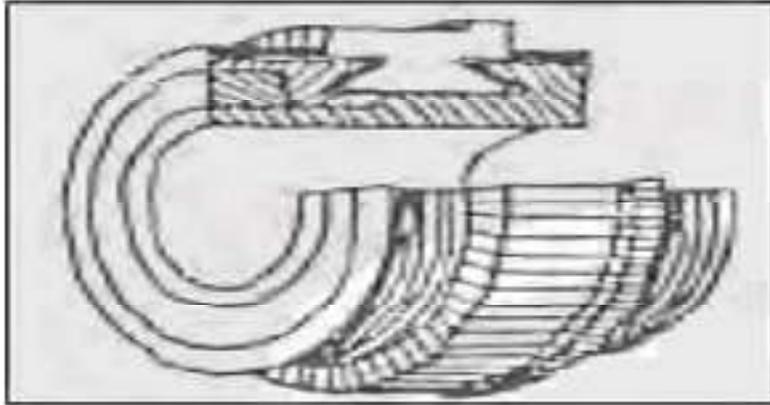
### Gambar 2.8 Stator

- **Dinamo.** Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.



Gambar 2.9 Dinamo

- **Kommutator.** Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam dinamo. Kommutator juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.



**Gambar 2.10 Kommutator**

- **Sikat (*Brush*)** Sikat (*Brush*) adalah terbuat dari campuran bahan karbon yang dilengkapi dengan pegas penekan dan kontak sikatnya. *Brushes* biasanya dipasang dengan ditumpangkan pada sisi komutator, yang kegunaannya adalah untuk menyuplai listrik ke motor.



**Gambar 2.11 Brush Dan Pemegangnya**

Menurut UNEP (2006 : 4), bahwa keuntungan utama dari motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Adapun cara kerja motor DC dapat dikendalikan dengan cara mengatur:

- a. Tegangan rotor, dengan meningkatkan tegangan pada rotor sehingga kecepatan yang dihasilkan juga akan meningkat.
- b. Arus medan, dengan menurunkan arus medan sehingga kecepatan yang dihasilkan juga meningkat.

Menurut Gatot Bintoro (2000 : 25), bahwa untuk motor DC dapat dibedakan menjadi 2 berdasarkan sumber arus penguat magnetnya dan juga berdasarkan hubungan gulungan medan untuk penguat magnet terhadap dinamanya. Berdasarkan perbedaan tersebut dapatlah dijelaskan sebagai berikut :

- a. Motor DC arus penguat terpisah

Motor DC arus penguat terpisah (Separately Excited) adalah Motor DC yang arus penguat magnetnya berasal dari sumber arus DC dan letaknya berada diluar konstruksi motor.

- b. Motor DC arus penguat sendiri

Motor DC arus penguat sendiri (Self Excited) adalah Motor DC yang arus penguat magnetnya berasal dari sumber arus DC dan letaknya berada pada dalam motor itu sendiri. Dalam motor DC arus penguat sendiri terbagi atas

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut *rotor* (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/*direct- unidirectional*.

Motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi. Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah

(komutator). Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (*double pole, double throw switch*). Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya Lorentz, yang menyatakan ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, maka sebuah gaya (yang dikenal dengan gaya Lorentz) akan tercipta secara ortogonal diantara arah medan magnet dan arah aliran arus. Kecepatan putar motor DC (N) dirumuskan dengan Persamaan berikut.

$$N = \frac{V_{TM} - I_A R_A}{K\phi}$$

Keterangan:

$V_{TM}$  : Tegangan terminal

$I_A$  : Arus jangkar motor

$R_A$  : Hambatan jangkar motor

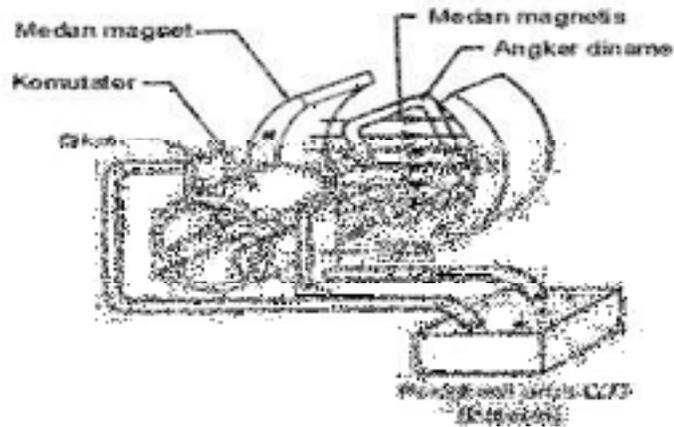
$K$  : Konstanta motor

$\phi$  : Fluk magnet yang terbentuk pada motor.

**Gambar 2.12 Simbol Motor DC**



Motor DC tersusun dari dua bagian yaitu bagian diam (*stator*) dan bagian bergerak (*rotor*). *Stator* motor arus searah adalah badan motor atau kutub magnet (sikat-sikat), sedangkan yang termasuk *rotor* adalah jangkar lilitanya. Pada motor, kawat penghantar listrik yang bergerak tersebut pada dasarnya merupakan lilitan yang berbentuk persegi panjang yang disebut kumparan.



**Gambar 2.13 Komponen Motor DC**

### Kelebihan Motor DC

Keuntungan utama motor DC adalah dalam hal pengendalian kecepatan motor DC tersebut, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur :

- Tegangan kumparan motor DC – meningkatkan tegangan kumparan motor DC akan meningkatkan kecepatan
- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan *rolling mills*, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya.

Motor DC juga relatif mahal dibanding motor AC. Hubungan antara kecepatan, *flux* medan dan tegangan kumparan motor DC ditunjukkan dalam persamaan berikut :

Gaya elektromagnetik :  $E = K \Phi N$

Torque :  $T = K \Phi I_a$

Dimana:

$E$  = gaya elektromagnetik yang dikembangkan pada terminal kumparan motor DC (volt)

$\Phi$  = flux medan yang berbanding lurus dengan arus medan

$N$  = kecepatan dalam RPM (putaran per menit)

$T$  = torque elektromagnetik

$I_a$  = arus kumparan motor DC

$K$  = konstanta persamaan

#### 2.4.2. Motor Listrik Arus Bolak – balik (AC)

Motor listrik AC adalah Motor suatu komponen yang dapat mengubah energy listrik (arus bolak – balik ) menjadi energi mekanik berdasarkan prinsip medan elektromagnetik.

Motor AC dapat bekerja dalam hubungan dengan tegangan sumber AC, sehingga konstruksi dari motor AC juga berbeda pada gulungan rotor maupun statornya. Pada kumparan statornya dibuat hanya satu fasa yang digulung sedemikian rupa, sehingga apabila dialiri dengan arus listrik akan membentuk kutub-kutub yang berpasangan. Sedangkan untuk rotornya digunakan rotor sangkar, yang apabila motor AC diberikan suatu sumber tegangan DC maka motor tidak akan dapat bekerja sebagaimana mestinya. (Budic Utom, 2014)



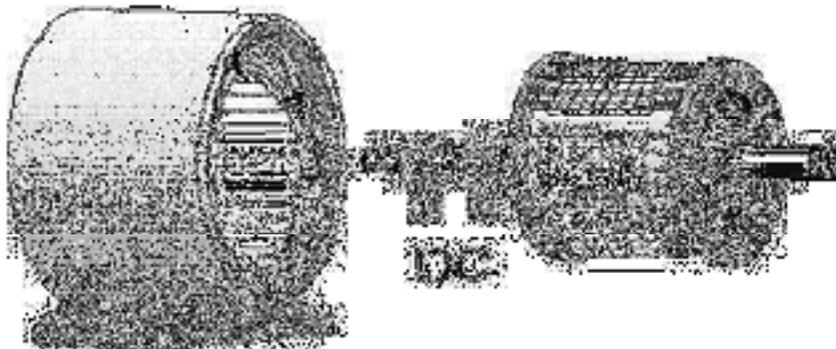
**Gambar 2.15 Motor AC**

Untuk motor AC sendiri dapat dibedakan menjadi dua, yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

##### **a. Motor sinkron**

Motor sinkron adalah motor AC, bekerja pada kecepatan tetap pada sistem frekwensi tertentu. Motor tersebut memerlukan arus searah (DC) sebagai pembangkit daya, yang memiliki *torque* awal rendah.

Karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekwensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistim, sehingga sering digunakan pada sistim yang menggunakan banyak listrik. (UNEP,2006)



**Gambar 2.16 Motor Sinkron**

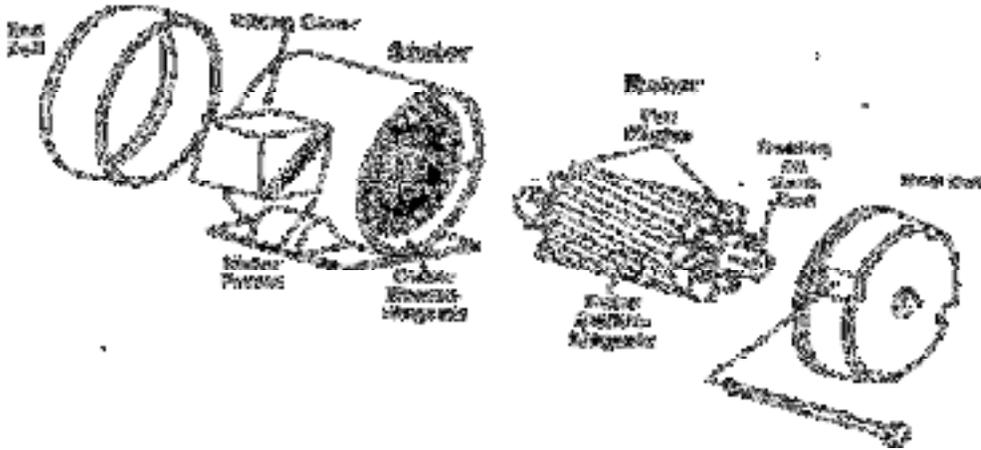
Memperhatikan gambar tersebut di atas, dapat dijelaskan untuk Komponen utama motor sinkron sebagai berikut :

- 1.) **Rotor.** Perbedaan utama antara motor sinkron dengan motor induksi adalah bahwa rotor mesin sinkron berjalan pada kecepatan yang sama dengan perputaran medan magnet. Hal ini memungkinkan sebab medan magnet rotor tidak lagi terinduksi. Rotor memiliki magnet permanen atau arus DC-*excited*, yang dipaksa untuk mengunci pada posisi tertentu apabila dihadapkan dengan medan magnet lainnya.
- 2.) **Stator.** Stator menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan frekwensi yang dipasok. Karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekwensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistim, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik.

## **b. Motor induksi**

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (ac) yang paling luas digunakan Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan

induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator. (Zuriman,2013).



**Gambar 2.17 Motor Induksi**

Menurut Zuriman Anthony (2013), bahwa komponen utama pada motor induksi adalah terdiri dari stator dan rotor. Adapun penjelasannya masing-masing adalah sebagai berikut :

- 1) Stator adalah bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik pada kumparan rotor.
- 2) Rotor adalah bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.

Adapun untuk motor induksi menurut Parekh (2013) dalam jurnal UNEP dapat di klasifikasi menjadi motor induksi satu fase dan motor induksi tiga fase, yang masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut :

1) Motor induksi satu fase

Motor ini memiliki satu gulungan *stator*, beroperasi dengan pasokan daya satu fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan alat untuk menghidupkan motornya. Merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti fan angin, mesin cuci dan pengering pakaian.

## 2) Motor induksi tiga fase.

Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fase yang seimbang. Memiliki kemampuan daya yang tinggi dan penyalaan sendiri, yang diperkirakan sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, *belt conveyor*, jaringan listrik, dan *grinder*..

## 2.5 Mobil Listrik

Mobil listrik merupakan manifestasi sebuah kebutuhan manusia terhadap alat transportasi yang bisa menggabungkan bonafit dalam segi kesehatan dan ramah lingkungan, dengan kenyamanan berkendara dari sebuah kendaraan bermotor dalam mengatasi polusi yang semakin bertambah, maka produk transportasi Mobil listrik ini akan membantu meminimalkan polusi sehingga masyarakat membantu mengurangi pemanasan global.

Mobil listrik adalah sebuah inovasi dalam dunia transportasi yang mengusung kendaraan bermotor yang ramah lingkungan. Ramah lingkungan sendiri dapat dicapai dengan cara mengurangi konsumsi petroleum atau lebih baik lagi menggunakan sumber daya energi terbarukan sebagai bahan bakar. Sumber tenaga yang digunakan oleh mobil listrik tidak berasal dari bahan bakar minyak (BBM) namun berasal dari baterai, oleh karena itu mobil listrik bisa dikatakan sebagai kendaraan ramah lingkungan. Baterai sendiri merupakan sumber tenaga yang dapat menghasilkan aliran listrik.



**Gambar 2.18 Mobil Listrik Alogo**

### 2.5.1 Jenis jenis Mobil Listrik dan Prinsip Kerjanya

Jenis mobil listrik terus berubah berkembang memberikan ragam pilihan bagi calon pengguna. Saat ini dunia sudah semakin akrab dengan istilah jenis-jenis mobil listrik seperti BEV, HEV, PHEV dan FCEV. Cara ataupun prinsip kerja masing-masing jenis mobil listrik itu berbeda-beda. Artikel ini akan membahas secara singkat jenis-jenis, tipe, cara serta prinsip kerja mobil listrik yang beredar di Indonesia maupun dunia saat ini.

Mobil listrik adalah kendaraan yang sepenuhnya atau sebahagiannya digerakkan oleh motor menggunakan listrik di baterai. Baterainya dapat diisi ulang. Mobil listrik praktis pertama diproduksi tahun 1880-an. Mobil ini sangat populer di akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20. Perkembangan serta inovasi mesin pembakaran internal (*internal combustion engine – ICE*) disusul produksi massal kendaraan bensin yang lebih murah menyebabkan penurunan penggunaan mobil listrik. Perkembangan teknologi Sistem penyimpanan energi khususnya teknologi baterai, membuat penggunaan kendaraan listrik menjadi populer kembali belakangan ini.

### **2.5.2 Cara Kerja Mobil Listrik – Umum**

Secara umum, cara kerja mobil listrik adalah sebagai berikut :

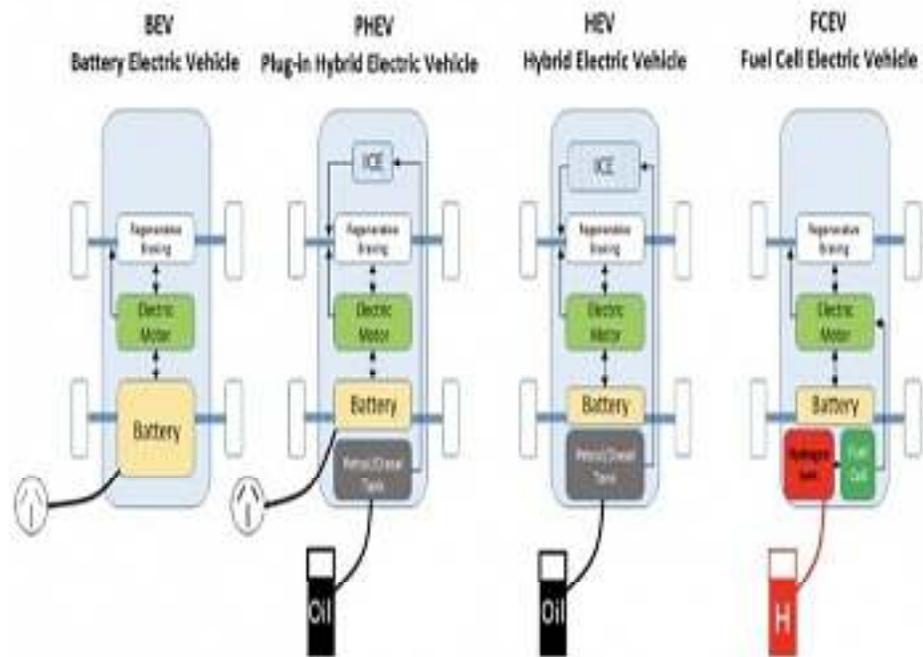
- Ketika pedal pada mobil ditekan, maka
- Controller akan mengambil serta mengatur daya listrik dari baterai traksi dan inverter
- Dengan pengaturan dari controller, inverter kemudian mengirimkan sejumlah energi listrik ke motor (sesuai dengan kedalaman tekanan pada pedal)
- Motor traksi listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (rotasi/putaran)
- Putaran dari rotor pada motor akan memutar transmisi sehingga roda berputar lalu mobil pun bergerak.

### **2.5.3 Jenis Mobil Listrik**

Jenis mobil listrik ada 4 (empat). Garis besarnya sebagai berikut :

- Battery Electric Vehicle (BEV)
- Hybrid
  - Hybrid Electric Vehicle (HEV)
  - Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)
- Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

Secara ringkas, arsitektur sistem keempat jenis mobil listrik di atas dapat dilihat pada



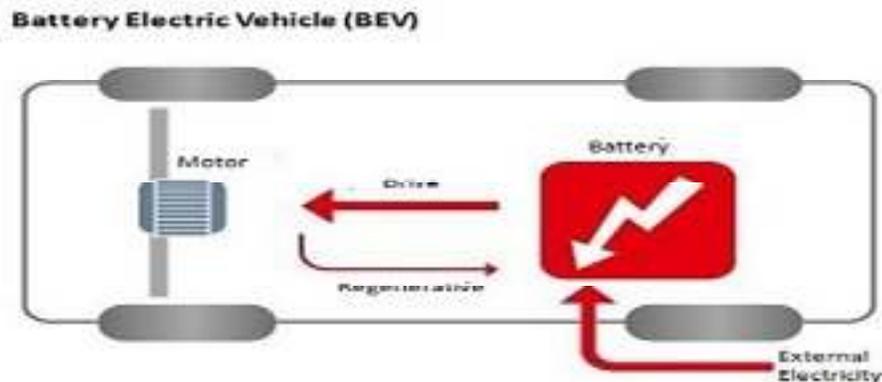
gambar berikut :

Gambar 2.19 Arsitektur Jenis Mobil Listrik

### A. Battery Electric Vehicle (BEV)

Jenis mobil BEV disebut juga *All-Electric Vehicle (AEV)* adalah kendaraan yang beroperasi sepenuhnya dengan menggunakan listrik di baterai. Jenis BEV tidak memiliki mesin pembakaran (ICE). Listrik disimpan pada *battery pack*. Pengisian baterai dilakukan dengan menghubungkannya ke jaringan listrik eksternal. Penjelasan lebih detail tentang baterai dapat dibaca pada artikel “[Baterai Mobil Listrik dan Karakteristiknya](#)”.

## Arsitektur dan Komponen BEV



**Gambar 2.20** Arsitektur Dan Komponen BEV

### Komponen BEV

- *Electric motor*
- *Inverter*
- *Battery*
- *Control module (controller)*
- *Drive train*

### Prinsip Kerja Mobil Listrik BEV

Cara atau prinsip kerja mobil listrik BEV sangat sederhana, sebagai berikut :

- Daya dikonversi dari baterai DC ke AC untuk mengaktifkan motor
- Pedal akselerator mengirimkan sinyal ke control module bertujuan untuk menyesuaikan kecepatan kendaraan dengan mengubah frekuensi daya AC dari inverter ke motor (bila mobil menggunakan motor induksi).
- Motor menghubungkan dan memutar roda melalui roda gigi
- Ketika rem ditekan atau mobil melambat, motor menjadi generator menghasilkan listrik lalu disimpan kembali di baterai

#### *Contoh Mobil Listrik BEV :*

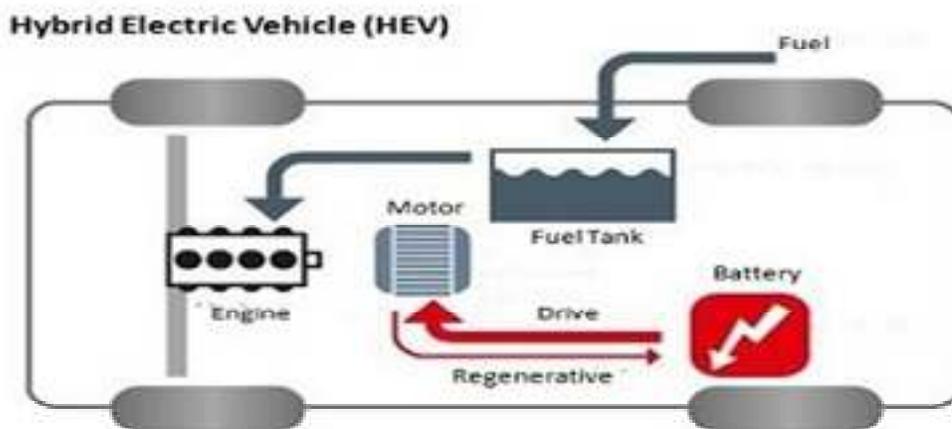
**Volkswagen e-Golf, Tesla Model 3, BMW i3, Chevy Bolt, Chevy Spark, Nissan LEAF, Ford Focus Electric, Hyundai Ioniq, Karma Revera, Kia Soul, Mitsubishi i-MiEV, Tesla X, Toyota Rav4.**

## B. *Hybrid Electric Vehicle (HEV)*

Jenis mobil listrik ini disebut juga standard hybrid, atau **paralel hybrid**. Jenis HEV memiliki dua sistem penggerak, yaitu mesin pembakaran (ICE) dan motor traksi. ICE mendapat energi dari BBM. Motor mendapat daya dari baterai. Mesin bensin serta motor secara bersamaan memutar transmisi menggerakkan roda.

Perbedaan jenis mobil HEV dibanding jenis BEV dan jenis PHEV adalah di mana baterai pada HEV hanya diisi oleh karena putaran mesin, gerakan roda atau kombinasi keduanya. Mobil ini tidak punya charging port maka baterainya tidak dapat diisi ulang dari luar sistem seperti jaringan listrik PLN.

## Arsitektur dan Komponen HEV



Gambar 2.21 Arsitektur Dan Komponen HEV

### Komponen Jenis Mobil Listrik HEV

- *Engine*
- *Electric motor*
- *Battery pack dengan controller & inverter*
- *Fuel tank*
- *Control module (controller)*

Contoh Jenis Mobil Listrik HEV :

**Honda Civic Hybrid, Toyota Prius Hybrid, Honda Civic Hybrid, Toyota Camry Hybrid.**

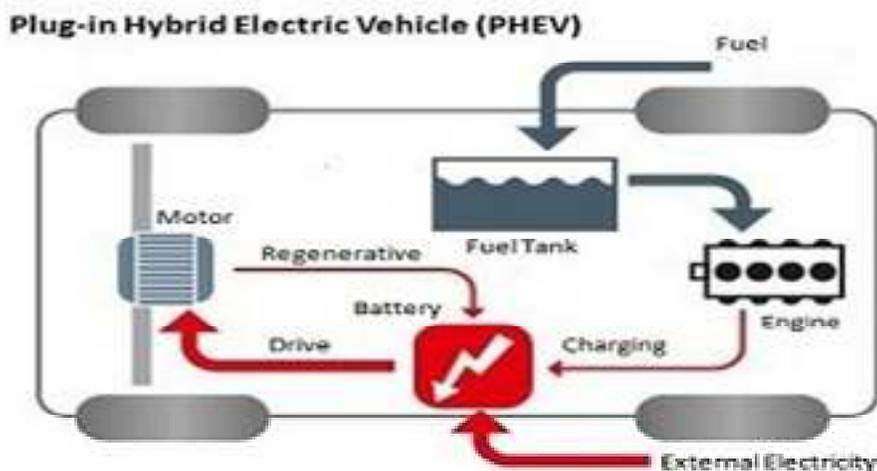
## C. **Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)**

Jenis mobil PHEV adalah jenis hibrid yang memiliki mesin pembakaran (ICE) dan motor traksi listrik. Dari aspek teknologi, prinsip kerja mobil listrik PHEV disebut sebagai *series hybrid*. Jenis PHEV menawarkan opsi bahan bakar. Jenis mobil listrik ini dapat ditenagai oleh sumber energi fosil (seperti bensin) atau sumber alternatif (seperti biodiesel) dan oleh baterai. Berbeda dengan HEV, baterai pada jenis mobil ini dapat diisi- ulang dari sumber listrik eksternal dengan cara menghubungkannya sumber listrik eksternal tersebut ke inlet (*charging port*) pada mobil di sebuah [stasiun pengisian mobil listrik \(EVCS\)](#). PHEV biasanya dapat beroperasi setidaknya dalam dua mode, yaitu :

- *All-electric mode*, di mana hanya listrik pada baterai sebagai energi menggerakkan mobil.
- *Hybrid mode*, di mana listrik dan bensin digunakan bersamaan.

Beberapa tipe mobil listrik PHEV di Indonesia dapat menempuh lebih dari 70 mil menggunakan listrik saja.

## Arsitektur & Komponen PHEV



Gambar 2.22 Arsitektur Dan Komponen PHEV

## Komponen PHEV

- *Electric motor*
- *Engine*
- *Inverter*
- *Battery*

- *Fuel tank*
- *Control module*
- *Battery Charger (bila jenis on-board)*

## Prinsip Kerja Mobil Listrik PHEV

Cara atau prinsip kerja mobil listrik PHEV biasanya memulai dengan “*all-electric mode*” dan berjalan menggunakan energi listrik hingga baterai habis. Beberapa model jenis mobil ini bisa beralih ke *hybrid mode* ketika laju kendaraan pada posisi stabil di jalan raya, umumnya di atas 60 atau 70 mil per jam. Setelah baterai kosong, mesin mengambil alih. Mobil pun beroperasi sebagai *hybrid non-plug-in* konvensional.

Selain bisa dihubungkan dengan sumber daya listrik dari luar sistem, baterai mobil PHEV juga dapat diisi oleh perputaran ICE (*internal combustion engine*) atau melalui pengereman regeneratif. Selama pengereman, motor bertindak sebagai generator. Energi yang dihasilkan digunakan untuk mengisi baterai.

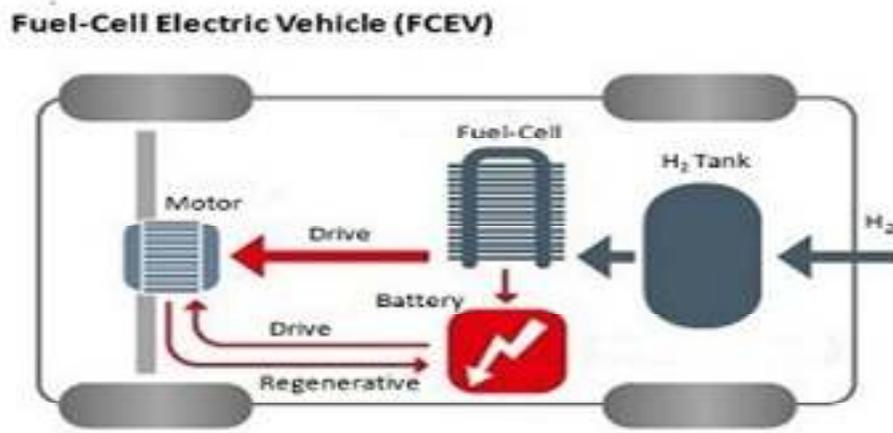
**Contoh Jenis Mobil Listrik PHEV :**

**Porsche Cayenne S E-Hybrid , Chevy Volt, Chrysler Pacifica, Ford C-Max Energi, Ford Fusion Energi, Mercedes C350e, Mercedes S550e, Mercedes GLE550e, Mini Cooper SE Countryman, Audi A3 E-Tron, BMW 330e, BMW i8, BMW X5 xdrive40e, Fiat 500e, Hyundai Sonata, Kia Optima, Porsche Panamera S E-hybrid, Volvo XC90 T8.**

### D. *Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)*

Jenis atau tipe mobil listrik FCEV juga dikenal sebagai *Fuel-Cell Vehicle* (FCV) atau kendaraan Zero Emission. Jenis FCEV menggunakan teknologi *fuel-cell* untuk menghasilkan listrik. Listrik dipakai untuk mengaktifkan motor menjalankan kendaraan. Prinsip kerja mobil listrik jenis FCEV hampir mirip dengan cara kerja mobil listrik jenis BEV. Hanya saja jenis ini memiliki sistem yang mengkonversi energi kimia pada *fuel-cell* menjadi listrik.

## Arsitektur & Komponen FCEV



Gambar 2.23 Arsitektur Dan Komponen FCEV

### Komponen FCEV

- *Electric motor*
- *Fuel-cell stack*
- *Hydrogen storage tank*
- *Battery dengan converter & controller*

### Prinsip Kerja Mobil Listrik FCEV

Prinsip atau cara kerja mobil listrik ini mirip dengan jenis BEV, namun berbeda dengan jenis PHEV. Jenis FCEV menghasilkan listrik sendiri untuk menjalankan kendaraan. Tipe mobil listrik FCEV belum banyak penggunanya di Indonesia.

### Contoh Mobil Listrik FCEV :

**Toyota Mirai, Hyundai Tucson FCEV, Riversimple Rasa, Honda Clarity Fuel Cell, Hyundai Nexa.**

## 2.6 Accumulator (Aki)

Baterai adalah suatu kimia listrik dimana energi listrik diubah menjadi energi kimia yang kemudian diubah kembali menjadi energi listrik bila diperlukan. Bila energi listrik diubah menjadi energi kimia berarti baterai sedang diisi (*charge*) dan jika diubah dari energi kimia menjadi energi listrik berarti baterai sedang mengeluarkan isi (*discharge*). Aki menjadi pilihan praktis karena dapat menghasilkan listrik yang cukup besar dan dapat diisi kembali. Aki berasal dari kata *accumulator* atau biasa disingkat *accu*. Aki dapat memberikan aliran listrik bila dihubungkan dengan suatu rangkaian luar. Sel aki terdiri dari anoda atau lempeng negatif Pb (timbal = timah hitam) dan katoda atau lempeng positif PbO<sub>2</sub> (*dynamodioksida*), keduanya merupakan zat padat, yang dicelupkan dalam larutan asam sulfat. Kedua elektroda tersebut, juga hasil reaksinya, tidak larut dalam larutan asam sulfat, sehingga tidak perlu memisahkan anoda dan katoda dan dengan demikian tidak perlu jembatan garam, yang perlu dijaga adalah jangan sampai kedua elektroda tersebut saling bersentuhan. Aliran listrik pada aki terjadi karena reaksi kimia dari asam sulfat dengan Pb dari anoda dan PbO<sub>2</sub> dari katoda yang merupakan bahan aktifnya. Reaksi redoks spontan ini bersifat dapat balik (*reversible*) antara proses pengisian muatan (*charging*) dan pelepasan muatan (*discharging*). Pada pelepasan muatan listrik, oksigen dari PbO<sub>2</sub> bereaksi dengan *dynamo* dari H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sehingga terbentuk air.

Pada saat yang sama Pb dari PbO<sub>2</sub> bereaksi dengan ion sulfat membentuk PbSO<sub>4</sub>, demikian pula Pb dari anoda akan menjadi PbSO<sub>4</sub>.

Jika pelepasan muatan listrik terjadi terus-menerus, asam sulfat yang berfungsi sebagai cairan elektrolit akan lebih encer dan reaksi akan terus berlangsung sampai seluruh bahan aktif menjadi PbSO<sub>4</sub>. Jika aki tidak dapat memberikan tenaga listrik pada voltase tertentu maka aki perlu diisi muatan kembali (*charging* atau reaksi ke kiri dari reaksi total). Pengisian muatan listriknya kebalikan dari reaksi kimia pada saat melepaskan muatan (*discharging* atau reaksi ke kanan dari reaksi total). PbSO<sub>4</sub> yang terbentuk dari proses pelepasan muatan terurai menjadi Pb pada anoda, PbO<sub>2</sub> pada katoda dan H<sub>2</sub>O menjadi *dynamo dioksida* dan oksigen. Hidrogen ini akan bereaksi dengan ion sulfat yang dibebaskan dari katoda dan anoda menjadi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Oksigennya akan bereaksi dengan Pb,

sehingga terbentuk PbO<sub>2</sub> pada katoda. Densitas atau rapatan larutan asam sulfat menjadi lebih rendah pada saat *discharging*, karena terbentuknya air yang densitasnya lebih rendah (1,000 g/ml) daripada larutan asam sulfat yang terdapat dalam aki (1,280 g/ml). Sebaliknya pada saat *charging* air dipakai untuk membentuk asam sulfat sehingga densitas larutan asam sulfat akan naik. Reaksi Kimia Baterai adalah sebagai berikut: Reaksi kimia saat baterai diisi (*charge*)

$PbSO_4 + 2H_2O + Pb \rightarrow PbO_2 + 2H_2SO_4 + Pb$  Reaksi kimia saat baterai mengeluarkan arus (*discharge*)  
 $PbO_2 + 2H_2SO_4 + Pb \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O + PbSO_4$

Baterai sebagai sumber arus listrik searah atau (DC) dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu baterai elemen kering dan elemen basah. Baterai dapat disebut juga dengan istilah *accu* atau *accumulator* yang berarti menghimpun. Baterai adalah suatu peralatan yang dapat menghasilkan energy listrik dengan melalui proses kimia. Baterai mempunyai dua elektroda yaitu elektroda positif dan elektroda negatif. Suatu beban apabila terhubung dengan elektroda baterai, maka akan timbul reaksi elektro kimia dan terjadilah aliran arus listrik dari kutub positif menuju negative. (Teknika, Vol 4: 2012).

Baterai adalah alat untuk menyimpan sumber dari tenaga listrik dengan melalui proses elektro kimia sehingga sumber dari tenaga listrik dapat diubah menjadi tenaga kimia dan sebaliknya tenaga kimia menjadi tenaga listrik. Fungsi baterai adalah untuk memberikan sumber tenaga listrik yang cukup pada sebuah peralatan misalnya untuk menghidupkan mobil/motor (*starter*) serta melayani proses pada system pengapian hingga melayani penerangan lampu dengan kebutuhan lainnya pada mobil atau motor. Selain penerangan baterai juga berfungsi sebagai sumber penggerak putaran yang dihubungkan ke *dinamo*.

Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaiannya saja dan tidak dapat di isi ulang. Hal ini terjadi karena reaksi kimia material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Sedangkan baterai sekunder dapat di isi ulang karena material aktifnya didalam dapat diputar kembali. Kelebihan dari baterai sekunder adalah harganya lebih efisien untuk penggunaan jangka waktu yang panjang.

Baterai (*Battery*) adalah sebuah alat yang dapat merubah energy kimia yang disimpannya menjadi energy listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat elektronik. Hampir semua perangkat elektronik yang portabel seperti handphone, laptop, senter, ataupun

remot control menggunakan baterai sebagai sumber listriknya. Dengan adanya baterai, kita tidak perlu menyambungkan kabel listrik untuk dapat mengaktifkan perangkat elektronik kita sehingga dapat dengan mudah dibawa kemana – mana. Dalam kehidupan kita sehari – hari, kita dapat menemui dua jenis baterai, yaitu baterai yang hanya dapat dipakai sekali saja atau single use dan baterai yang dapat diisi ulang atau rechargeable. Baterai sebagai media penyimpanan dan penyedia energi listrik. Sumber listrik yang digunakan sebagai pembangkit power dalam bentuk arus searah (DC). Alat ini digunakan elektronika termasuk diantaranya komputer. Baterai merupakan sekumpulan sel – sel kimia yang masing – masing berisi dua electron logam yang dicelupkan dalam larutan penghantar yang disebut elektrolit.

## 2.7 Terminologi Dasar

Sebelum mendiskusikan tentang motor listrik, ada baiknya untuk mengetahui beberapa terminologi yang berhubungan dengan sistem operasi motor secara umum. Menurut pendapat dari Zumain (2009 : 4), bahwa banyak termitologi yang sering digunakan di dalam bidang permesinan diantaranya adalah gaya, torsi, gesekan, kecepatan, percepatan, perlambatan dan sebagainya. Untuk pengertian tersebut dapat dijelaskan masing-masing sebagai berikut :

### 2.7.1 Kecepatan

Kecepatan adalah besaran vektor yang menunjukkan seberapa cepat benda berpindah. Besar dari vektor ini disebut dengan kelajuan dan dinyatakan dalam satuan meter per *sekon* (m/s). Menghitung kecepatan gerak benda dapat diselesaikan dengan rumus dibawah ini :

$$v = \frac{s}{t} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan : v = kecepatan (m/s)

S = jarak (m)

t = waktu (s)

### 2.7.2 Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut didefinisikan sebagai besar sudut yang di tempuh tiap satu satuan waktu. Dalam gerak melingkar beraturan, kecepatan sudut atau kecepatan anguler untuk selang waktu yang sama selalu konstan, berarti kecepatan sudut pada gerak melingkar beraturan dapat dirumuskan (Hangendoorn 1993).

$$\omega = \frac{\mathcal{L}}{T} \quad \text{atau} \quad \omega = 2\pi r f$$

$$f = \frac{1}{T}$$

Dimana :

$\omega$  = Kecepatan Sudut (rad/detik)

$\mathcal{L}$  = lingkaran konstan

r = jari – jari lingkaran (roda)

f = frekuensi (Hz)

T = Periode (kedua)

### 2.7.3 Daya

Daya adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu. Dalam satuan Watt (J/s).

Daya dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{n}{T} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

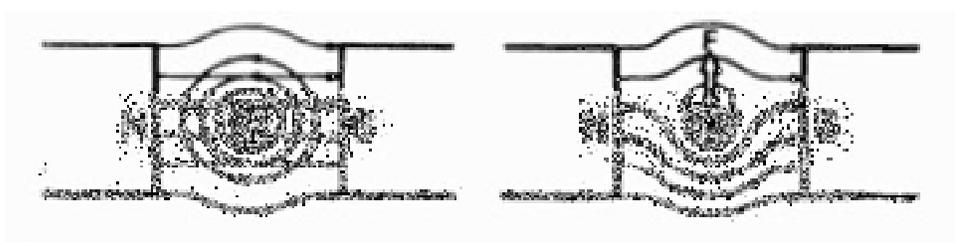
P = Daya Listrik (Watt)

n = Putaran Motor (Rpm)

T = Torsi (Nm)

Gaya yang dipakai pada motor listrik adalah gaya elektromagnet. Menurut Hendrik Antoon Lorentz di dalam Mikrajuddin Abdullah (2006 : 118), bahwa untuk besarnya gaya magnet adalah sebanding dengan kuat medan magnet, kuat

arus listrik dan panjang kawat. Untuk pengertian tersebut dapat dijelaskan, bahwa gaya *elektromagnetik* adalah merupakan gaya yang bekerja pada konduktor, apabila arus mengalir pada konduktor didalam medan magnet. Arah pada gaya *elektromagnetik* dapat diumpamakan dengan kutub U dan S pada magnet yang ditempatkan berdekatan antara satu dengan yang lainnya dan konduktor diletakan di tengahnya yang kemudian arus listrik dialirkan melalui konduktor. Garis- garis gaya magnet diatas konduktor adalah lebih kecil, karena fluksi magnet yang dihasilkan oleh magnet arahnya berlawanan dengan arah fluksi yang dihasilkan oleh arus magnet. Tetapi sebaliknya garis garis gaya magnet dibawah konduktor akan lebih besar, karena disebabkan oleh arahnya yang sama (searah). Karena garis gaya magnet bekerja serupa dengan sabuk karet, maka garis gaya magnet cenderung akan menjadi lurus. *Tendensi* ini dibawah konduktor lebih kuat daripada diatasnya sehingga konduktor terdorong keatas (New Step 1)



**Gambar 2.24 Fluksi Kemagnetan**

Gaya elektromagnet dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$F = B.I.l$$

Dimana :

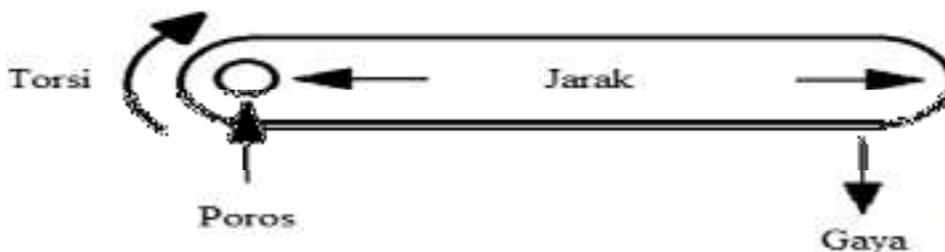
B = kuat medan magnet ( $\text{Wb/m}^2$ )

$I$  = Arus yang mengalir pada lilitan motor (A)  $l$  = panjang kawat lilitan (m)

Pernyataan diatas sering disebut sebagai hukum Lorentz, dan gaya elektromagnet yang ditimbulkan disebut dengan gaya Lorentz (Mikrajuddin Abdullah, 2006:118)

#### 2.7.4 Torsi

Menurut pendapat dari Efrizon Umar (2008 : 150), bahwa torsi atau momen puntir adalah besaran yang ditimbulkan oleh sebuah gaya terhadap sumbu putar yang dapat memberikan pengaruh terhadap perubahan gerak rotasi pada sebuah benda yang dapat menyebabkan suatu objek dapat berputar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.25 Torsi Pada Porosnya

Berdasarkan aturan tangan kiri *Fleming's* maka rumus gaya diatas dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai berikut:

$$T = B.l.I.r.Z$$

Dimana:

$T$  = Torsi (Nm)

$r$  = jari jari armature m

$Z$  = jumlah lilitan armature yang aktif

Menurut pendapat Zumain (2009 : 5), bahwa dengan rumus tersebut dapat untuk menghitung jumlah lilitan armature pada torsi motor. Sebagai contoh pada torsi

motor, yaitu dalam penggunaan kunci-kunci pembuka atau pengencang baut. Adapun untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.26



**Gambar 2.26 Torsi Pada Pengungkit**

### 2.7.5 Kecepatan

Kecepatan adalah jarak yang ditempuh benda/orang dibagi dengan dibagi dengan waktu atau dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Kecepatan (m/s)} = \frac{\text{Jarak (meter)}}{\text{Waktu (detik)}}$$

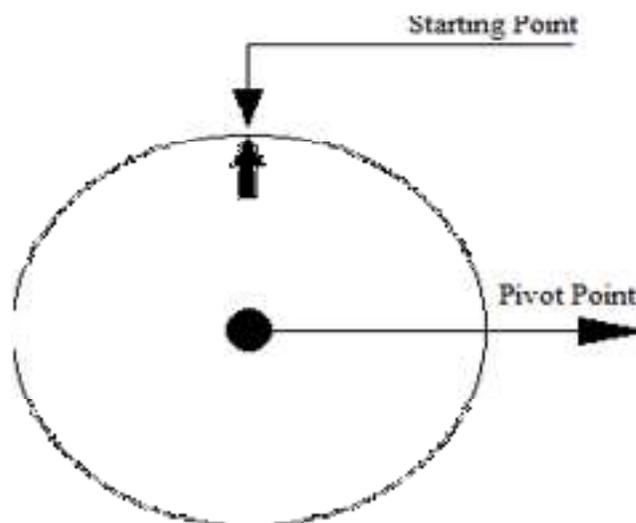
Pada umumnya kecepatan dilambangkan dengan satuan km/jam, seperti contoh sebuah mobil berjalan dari A menuju tempat B yang berjarak 30 km. Mobil tersebut berangkat dari kota A pukul 09.00 dan sampai di kota B pukul 10.00. Jadi kecepatan yang ada pada mobil sebesar 30 km/jam.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.27 sebagai berikut :



### Gambar 2.27 Ilustrasi Kecepatan Pada Mobil

Untuk konsep dalam motor DC digunakan kecepatan putar, yaitu kecepatan benda yang bergerak secara berputar dan dapat menyelesaikan satu putaran penuh. Kecepatan putar suatu benda, umumnya dinyatakan dalam putaran per menit (RPM – *Revolution Per Minutes*). Hal tersebut seperti dijelaskan oleh Zumain (2009 : 6), bahwa suatu benda yang berhasil melakukan 20 kali dalam satu menit mempunyai kecepatan 20 RPM.



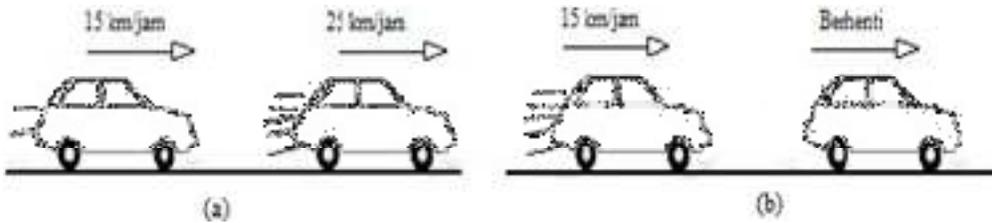
Gambar 2.28 Ilustrasi Perputaran Suatu Objek

#### 2.7.6 Percepatan dan Perlambatan

Menurut pendapat dari Zumain (2009 : 6), jika suatu objek memiliki kecepatan awal yang tetap atau konstan kemudian kecepatan objek tersebut mengalami penambahan kecepatan dari kecepatan awal maka hal tersebut dinamakan dengan percepatan. Sedangkan perlambatan adalah merupakan kebalikan dari percepatan yaitu jika suatu objek memiliki kecepatan awal tetap atau konstan kemudian kecepatan objek tersebut mengalami suatu penurunan atau perlambatan dari kecepatan awal hingga objek tersebut berhenti hal ini dinamakan perlambatan.

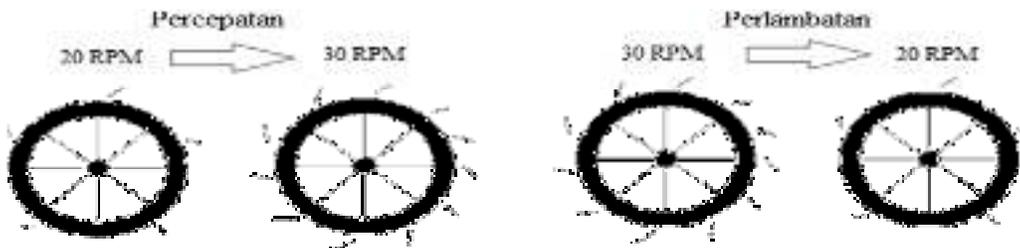
Pendapat tersebut dapat dijelaskan, bahwa melalui perumpamaan suatu mobil dengan kecepatan konstan 15 km/jam, kemudian pedal gas diinjak

sehingga kecepatan mobil menjadi 25 km/jam, maka untuk langkah tersebut dinamakan sebagai suatu percepatan. Akan tetapi apabila pedal gas tidak diinjak, maka mobil akan melambat atau bahkan akan berhenti. Maka untuk langkah tersebut dinamakan sebagai suatu perlambatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada ilustrasi gambar 2.29 sebagai berikut :



**Gambar 2.29 Ilustrasi (a) Percepatan dan ilustrasi (b) Perlambatan**

Sebagai contoh untuk percepatan ataupun perlambatan pada objek yang berputar adalah roda kendaraan yang sedang berputar. Roda yang berputar dengan kecepatan 20 rpm, kemudian dipercepat lagi menjadi 30 rpm atau untuk kebalikannya dengan diperlambat dari 30 rpm menjadi 20 rpm.



**Gambar 2.30 Ilustrasi Percepatan dan Perlambatan**

### 2.7.7 Momen Puntir

Momen puntir adalah penyebab perubahan gerakan putar yang mempercepat atau memperlahan gerak suatu benda.

$$MP = \frac{60 \times P}{2 \times 3,14 \times n}$$

Dimana :

P = Daya Motor (watt)

n = Putaran poros motor (rpm)

$\pi = 3,14$

### 2.7.8 Efisiensi Kerja Mesin

$$\eta = \frac{\text{Daya Yang Tersedia}}{\text{Daya Yang Keluar}}$$

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100 \%$$

Dimana :

$P_{out}$  = Daya yang keluar (Watt)

$P_{in}$  = Daya yang Tersedia (Watt)

$\eta$  = Efisiensi Kerja Mesin

## BAB III

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1. Metode Pengumpulan Data**

Metode yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah :

#### **3.1.1. Penulisan Literatur dan jurnal jurnal**

Metode ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang selengkap –lengkapya, dilakukan melalui berbagai pustaka antara lain: Buku, internet, majalah, dan bentuk penulisan lain yang berhubungan dengan penulisan ini.

#### **3.1.2. Mempelajari prinsip kerja dari rangkaian dan pengambilan data**

Melakukan pengamatan pada alat yang dibuat mengambil data sebagai bahan penganalisaan serta mempelajari prinsip – prinsip kerja rangkain tersebut.

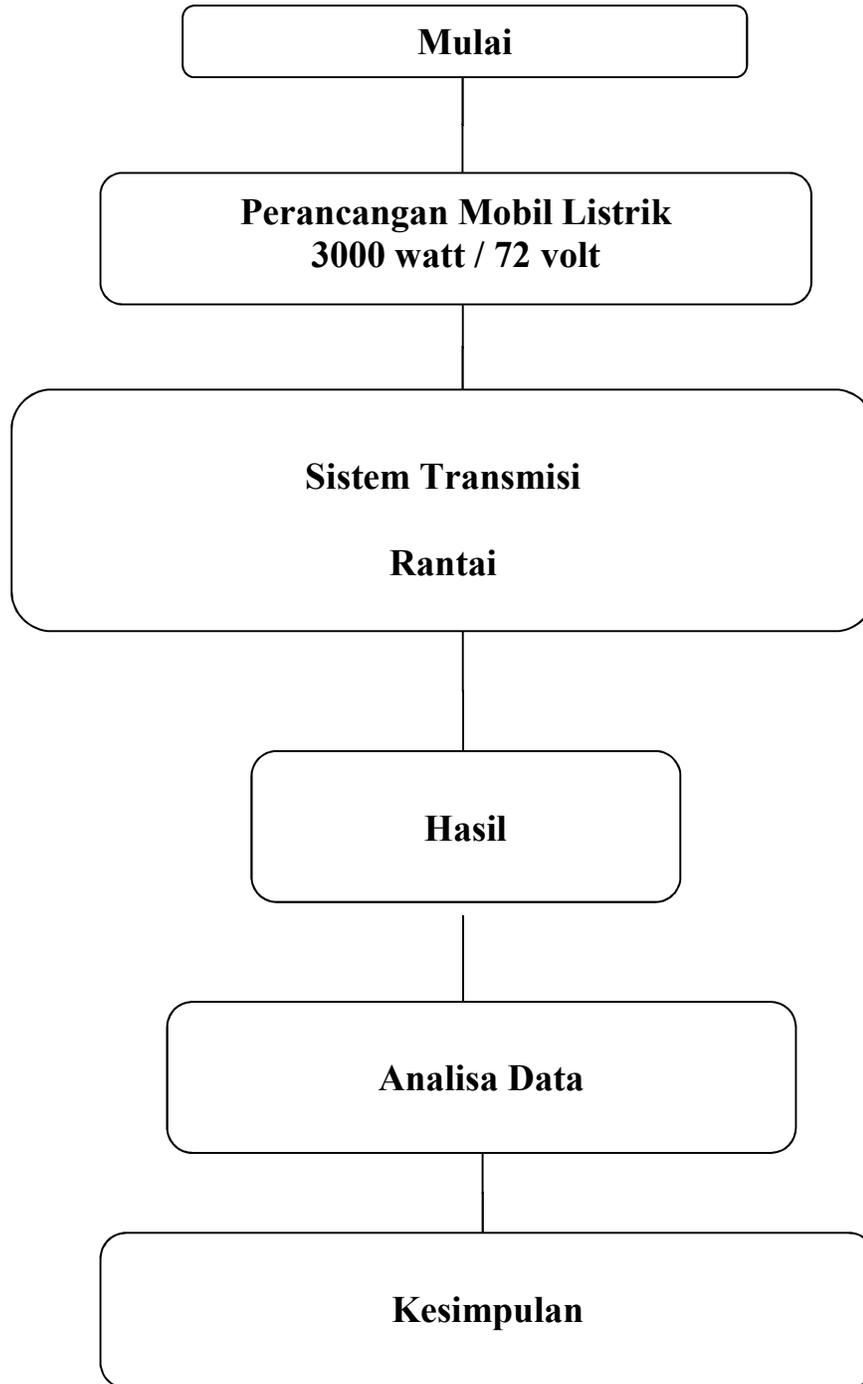
#### **3.1.3. Diskusi**

Tahap ini merupakan proses tanya jawab mengenai kelebihan dan kekurangan dari rancangan rangkaian tersebut. Dengan adanya diskusi ini memperoleh petunjuk tertentu, sehingga tidak terlalu besar nilai kesukaran yang akan dihadapi. Point ini merupakan point parameter berpikir tambahan bagi penulis.

#### **3.1.4. Penulisan Laporan**

Penulisan laporan studi literature dan hasil pengujian serta proses pengukuran beban dan jarak mobil listrik.

### 3.2. Diagram Penelitian



### 3.3.Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan DI WORKSHOP Inovasi dan Pengembangan Fakultas Teknik di kampus Universitas HKBP Nommensen Medan.

### 3.4. Alat dan Bahan

#### 3.4.1. Alat

##### A. *Handle Gas dan Handle Brake*

Fungsi dari *Handle Gas* dan *Handle Brake* adalah untuk mengatur kecepatan pada becak listrik dan untuk memperlambat atau menghentikan suatu perputaran pada roda kendaraan.



**Gambar 3.1 *Handle Gas dan Handle Brake***

##### B. *Charger*

Fungsi dari *charger* adalah untuk mengisi ulang daya baterai yang sudah habis dengan arus listrik.



**Gambar 3.2 *Charger***

Adapun kegunaan *charger* adalah untuk mengisi baterai yang habis.

**C. Baterai**

Fungsi baterai adalah untuk menyimpan energi listrik atau daya utama pada becak listrik kedalam bentuk kimia yang akan digunakan untuk mensuplai listrik lampu dan komponen kelistrikan lainnya.



**Gambar 3.3 Baterai**

**D. Body Mobil**

Fungsi utama dari *body* mobil adalah sebagai tempat duduk untuk penumpang.:



**Gambar 3.4 Body Mobil Listrik Alogo**

### 3.4.2 Bahan



**Gambar 3.5 Mobil Listrik Alogo**