

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Landasan Teori**

Proses penyimpanan energi roda gila (*flywheel*) agar memperoleh energi kinetik dalam bentuk inersia putar, dan menyimpannya dalam bentuk energi kinetik, yaitu dengan melepaskannya ketika dibutuhkan, maka hasil yang diperoleh dari penyimpanan energi kinetik tersebut akan sangat menarik dan signifikan. Faktor yang mempengaruhi kinerja penyimpan energi *flywheel* antara lain material, geometri dan panjang *flywheel*. Diketahui *flywheel* (roda gila) adalah komponen yang berupa piringan yang beratnya dapat menahan perubahan kecepatan drastis sehingga gerak putaran poros mesin menjadi lebih halus. roda gila (*flywheel*) memiliki energi hingga ratusan kali lebih banyak dibandingkan dengan baterai, hal tersebut dapat menyimpan dan melepaskan energi dengan lebih cepat (Razali dan Stephan, 2017).

#### **2.2. Flywheel**

*Flywheel* atau Roda Gila adalah salah satu elemen mesin yang berbentuk bulat serta bobot massa yang besar dan terhubung langsung dengan poros engkol dan terletak sebelum atau setelah alat penghubung untuk *output*. *Flywheel* berfungsi untuk menyeimbangkan gaya dan mengatur putaran mesin sehingga putaran mesin dapat berjalan dengan baik. Prinsip kerja dari *flywheel* ini adalah menjaga putaran mesin agar tetap berjalan normal sehingga *output* yang dihasilkan bisa dikontrol. Pada saat putaran mesin tinggi, maka *flywheel* akan menyimpan energi kinetik yang kemudian dialirkan pada saat putaran mesin rendah, pada saat putaran mesin rendah *output* yang dihasilkan tetap konstan, sehingga dengan bobot massa yang besar memungkinkan *flywheel* tetap berputar meskipun mesin secara tiba-tiba dimatikan. Hal ini mengindikasikan bahwa peranan *flywheel* pada mesin sangat penting.

*Flywheel* yang terbuat dari baja serta berputar pada bantalan (*bearings*) konvensional, umumnya terbatas terhadap tingkat revolusi kurang dari 1000 RPM. Beberapa *flywheel* modern terbuat dari bahan serat karbon dan menggunakan bantalan magnet, memungkinkan *flywheel* untuk berputar pada kecepatan sampai 60.000 RPM (Karesa, 2018).

Faktor-faktor yang dapat menambah energi yang tersimpan pada *flywheel* adalah sebagai berikut (Karesa, 2018):

1. Energi akan bertambah sesuai dengan pertambahan luas diameter dan berat *flywheel*.
2. Energi yang tersimpan pada *flywheel* juga akan bertambah jika berat *flywheel* terpusat pada tepian *flywheel*.
3. Dorongan yang diberikan pada *flywheel* yang semakin cepat.

Penggunaan *flywheel* pada umumnya yaitu untuk menghaluskan keluaran daya suatu sumber energi pada mesin reciprocating, sebagai sistem penyimpanan energi, sebagai penyalur energi dengan kecepatan pada luar kemampuan sumber energi atau dengan mengumpulkan energi dalam roda gila dari waktu ke waktu yang kemudian dilepaskan dengan kecepatan melebihi kemampuan sumber energi, dan yang terakhir dapat digunakan untuk mengontrol orientasi sistem mekanis, giroskop dan roda reaksi.

Pada kemampuan *flywheel* sebagai penyimpan energi kinetik dari proses rotasi poros engkol, ketidak stabilan putaran *crankshaft* hampir sering terjadi. Karena kemampuan *crankshaft* untuk merubah gerak translasi dari piston menjadi gerak rotasi, poros juga mengalami akselerasi sewaktu proses pembakaran dalam silinder liner terjadi. Pada energi kinetik *flywheel* dapat ditingkatkan berdasarkan dua variabel, yaitu menambah massa *flywheel* dan juga mempercepat putaran *flywheel* itu sendiri (Rachmawan, 2014).



**Gambar 2. 1. *Flywheel***

(Sumber: Hariyanto dan Abdurrahman, 2019)

Ada 2 jenis manfaat dari penggunaan *flywheel* yaitu (Darwanto, 2021):

1. Mesin sejenis pres pelubang, pada operasi pelubangan akan dilakukan secara berkala. Energi yang diperlukan dalam sesaat dan hanya selama operasi pelubangan. Untuk kebutuhan seperti ini ada 2 pilihan yaitu:
  - a. Memakai satu motor besar yang mampu memberikan energi saat diperlukan.
  - b. Memakai satu motor kecil dan satu *flywheel*, motor tersebut dapat memberikan energi secara berangsur-angsur selama waktu pelubangan tidak dilakukan.
2. Mesin sejenis mesin uap atau motor bakar, energi disuplai ke mesin dengan laju yang hampir konstan. Jika sebuah motor bakar menggerakkan sebuah generator listrik, maka kecepatan yang berubah-ubah tidak dikehendaki, apalagi untuk sistem penerangan.

Momen inersia adalah ukuran resistansi atau kelembaman suatu benda terhadap perubahan dalam gerak rotasi. Momen inersia adalah sifat yang dimiliki suatu benda untuk mempertahankan posisi dari gerak berotasi serta benda yang diam cenderung mempertahankan posisinya yang diam, ketika benda bergerak maka akan tetap mempertahankan untuk berotasi atau melawan rotasi. Momen inersia  $I$  suatu benda titik (partikel) terhadap suatu sumbu putar didefinisikan sebagai perkalian massa partikel ( $m$ ) dengan kuadrat jarak partikel ( $r$ ) dari sumbu putar (Marianus, 2019)

Secara matematis momen inersia dapat ditulis sebagai berikut :

$$I = \frac{1}{2} m \cdot r^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$I$  = momen inersia

$m$  = massa partikel

$r$  = jarak partikel dari sumbu putar

Energi kinetik merupakan energi yang dimiliki oleh benda karena geraknya (kecepatannya). Benda karena massa ( $m$ ) yang bergerak translasi (linier) dengan kecepatan ( $v$ ) akan memiliki energi kinetik ( $E_k$ ) seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan keterangan:

$E_k$  = energi kinetik ( $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ ) atau (joule)

$m$  = massa (kg)

$v$  = kecepatan (m/s)

Diasumsikan energi kinetik diukur pada silinder pejal, didapat hubungan energi kinetik dengan momen inersia.

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot r^2 \cdot \omega^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

$$E_k = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan keterangan:

$E_k$  = energi kinetik ( $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ ) atau (joule)

$I$  = momen inersia ( $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ )

Torsi atau momen adalah gaya yang menyatakan benda berputar pada suatu sumbu. Torsi biasa juga didefinisikan ukuran keefektifan gaya tersebut dalam menghasilkan putaran atau rotasi mengelilingi sumbu tersebut, sehingga torsi sangat berpengaruh terhadap besarnya daya yang dihasilkan suatu benda yang berputar. Torsi atau momen putar yang dihasilkan oleh turbin angin bergantung kepada besarnya perbedaan gaya dorong yang diberikan oleh angin pada sudu-sudu turbin angin. Besar torsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$T = \frac{P}{2\pi \cdot \left(\frac{n}{60}\right)} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan keterangan:

$T$  = torsi perputaran poros (Nm)

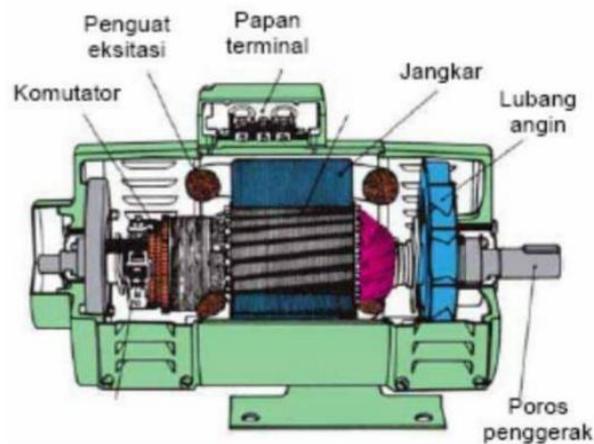
$P_g$  = daya generator (Watt)

$n$  = kecepatan putar poros generator (Rpm)

(Marianus, 2019)

### 2.3. Generator

Generator merupakan alat pembangkit tenaga listrik yang porosnya dapat digandengkan dengan poros keluaran unit transmisi. Jenis generator yang digunakan adalah generator arus searah atau generator arus bolak balik (sinkron atau asinkron) tergantung pada jenis pemakaian. (Al-Fikri, 2013).



**Gambar 2. 2. Generator Arus Searah**

(Sumber: Prastya, 2016)

Macam - macam generator, berdasarkan tegangan yang dibangkitkan generator dibagi menjadi 2 yaitu (Putra, 2013):

1. Generator arus bolak-balik(AC). Generator arus bolak-balik yaitu generator dimana tegangan yang dihasilkan (tegangan output) berupa tegangan bolak-balik.
2. Generator arus searah (DC). Generator arus searah yaitu generator dimana tegangan yang dihasilkan (tegangan output) berupa tegangan searah, karena didalamnya terdapat sistem penyearahan yang dilakukan bisa berupa oleh komutator atau menggunakan dioda.

Prinsip kerja dari generator arus bolak-balik yaitu dengan menggunakan hukum Faraday yang dimana menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik. Besar tegangan generator bergantung pada (Darwanto, 2021):

- a. Kecepatan putaran ( $N$ )
- b. Jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluk ( $Z$ )
- c. Banyaknya fluk magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet ( $f$ )
- d. Konstruksi Generator

Generator arus bolak-balik terdiri dari dua bagian utama, yaitu:

1. Rotor adalah bagian dari motor listrik atau generator listrik yang berputar pada sumbu rotor. Rotor dapat berputar di karenakan adanya medan magnet dan lilitan kawat email pada rotor. Sedangkan torsi pada perputaran rotor di tentukan oleh

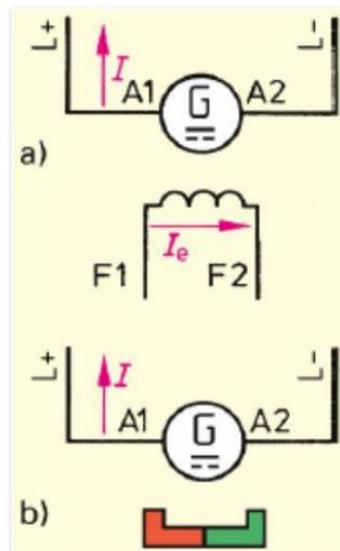
banyaknya lilitan kawat dan diameternya. Bagian rotor yang dapat berputar yaitu poros jangkar, inti jangkar, kumutator dan kumparan jangkar

2. Stator merupakan kebalikan dari rotor, stator adalah bagian pada motor listrik atau dinamo listrik yang berfungsi sebagai stasioner dari sistem rotor. Stator berupa gulungan kawat tembaga yang berinteraksi dengan angker dan membentuk medan magnet untuk mengatur perputaran rotor. Bagian stator yang dapat berputar yaitu kerangka generator, kutub utama beserta belitannya, bantalan-bantalan poros, dan sikat arang.

Jenis-Jenis Generator DC dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Generator penguat terpisah

Pada generator penguat terpisah, belitan eksitasi (penguat eksitasi) tidak terhubung menjadi satu dengan rotor. Generator ini bekerja dengan catu daya DC dari luar yang dimasukkan melalui belitan F1-F2.

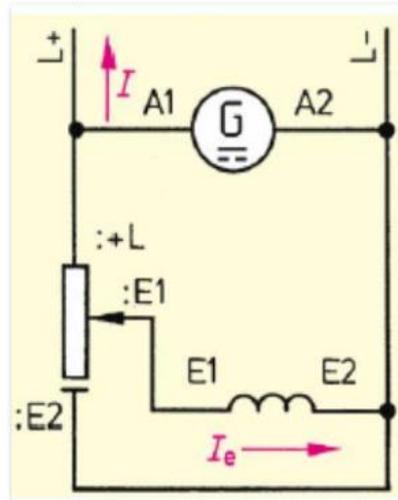


**Gambar 2. 3. Generator Penguat Terpisah**

(Sumber: Putra, 2013)

2. Generator shunt

Pada generator ini, penguat eksitasi E1-E2 terhubung paralel dengan rotor (A1-A2). Tegangan awal generator ini diperoleh dari magnet sisa yang terdapat pada medan magnet stator.

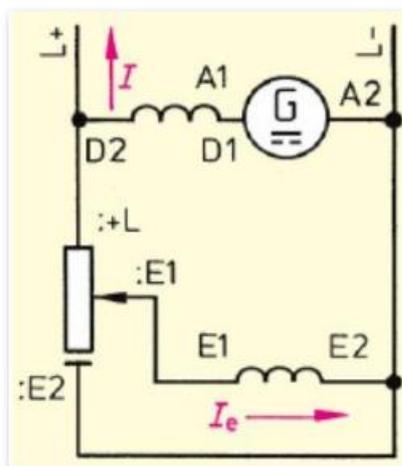


**Gambar 2. 4. Generator Shunt**

(Sumber: Putra, 2013)

### 3. Generator kompon

Generator kompon ini mempunyai dua penguat eksitasi pada inti kutub utama yang sama. Satu penguat eksitasi merupakan penguat shunt, dan lainnya merupakan penguat seri.



**Gambar 2. 5. Generator kompon**

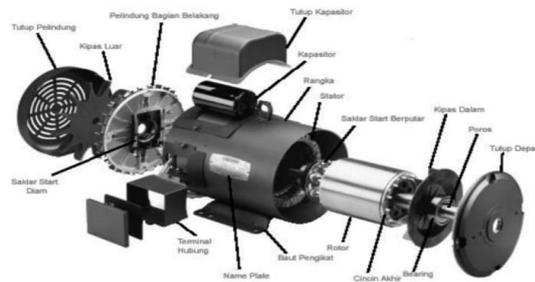
(Sumber: Putra, 2013)

### 2.4. Motor Induksi

Motor induksi adalah motor listrik arus bolak balik (AC), motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet statornya, yang dimana arus rotor ini bukan di peroleh dari sumber tertentu, tetapi dari arus yang terinduksi akibat perbedaan putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh

arus stator. Motor induksi yang sering di gunakan adalah motor induksi 3-fase dan motor induksi 1-fase (Bagia dan Parsa, 2018).

Prinsip kerja dari motor AC 1-fasa berbeda dengan motor AC 3-fasa, dimana pada motor AC 3-fasa untuk belitan pada statornya terdapat tiga belitan yang digunakan untuk menghasilkan medan putar dan pada rotor sangkar terjadi induksi dan interaksi torsi yang menghasilkan putaran. Sedangkan pada motor 1-fasa memiliki dua belitan stator, yaitu belitan fasa utama dan belitan fasa bantu (Darwanto, 2021)



**Gambar 2. 6 Komponen Dasar dari Motor Induksi 1-Fase**

(Sumber: Rizki, 2019)

Motor induksi mempunyai keuntungan dan kekurangan sebagai berikut (Darwanto, 2021):

#### A. Keuntungan

1. Bentuknya sederhana, konstruksinya cukup kuat
2. Biayanya murah dan dapat diandalkan
3. Efisiensi tinggi pada keadaan normal tidak memerlukan sikat, sehingga rugi-rugi gesekan dapat dikurangi
4. Perawatan yang minimum
5. Pada waktu mulai beroperasi tidak memerlukan tambahan peralatan khusus.

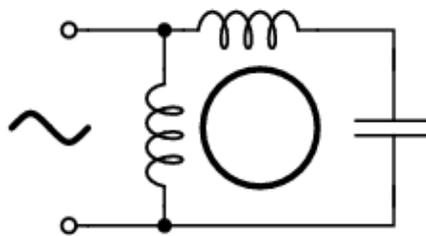
#### B. Kekurangan

1. Pengaturan kecepatannya sangat mempengaruhi efisiensinya
2. Kecepatannya akan berkurang jika bebannya bertambah
3. Kopel mulanya lebih rendah daripada mesin arus searah paralel.

Jenis-jenis motor induksi 1-fase:

1. Motor induksi *Split-Phase* (Motor *Fase Belah*)

Motor jenis ini merupakan motor yang mempunyai kumparan utama dan kumparan bantu yang ditambah dengan saklar sentrifugal (*sentrifugal switch*). Kumparan pada motor ini menggunakan gulungan tipe kurungan (*squirrel cage winding*) yang terdiri dari gulungan kawat email yang ditempatkan pada alur rotor. Kemudian ujung dari masing-masing kawat email tersebut dihubungkan dengan komutator.

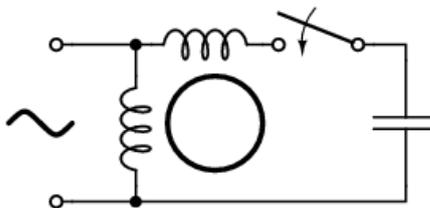


**Gambar 2. 7 Rangkaian Ekuivalen *Split-Phase***

(Sumber: Robith, 2015)

2. Motor induksi *Capasitor-Start*

Motor jenis ini sama dengan motor induksi split phase hanya saja bedanya pada *switch* yang dipasang antara salah satu stator winding dan kapasitornya. Pada motor ini kondisi switch akan menutup ketika motor mulai berputar dan menjadi terbuka ketika motor mulai mencapai kecepatan yang diinginkan.



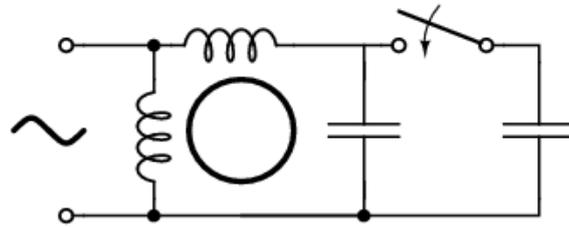
**Gambar 2. 8 Rangkaian Ekuivalen *Capacitor-Start***

(Sumber: Robith, 2015)

3. Motor induksi *capacitor – run*

Pada motor induksi tipe ini memiliki kapasitor yang besar yang diparalel dengan switch dan kapasitor lainnya yang kecil. Umumnya motor induksi tipe ini bekerja

pada torsi yang lebih tinggi sama seperti motor induksi sebelumnya, hanya saja arus yang mengalir motor ini cukup kecil.

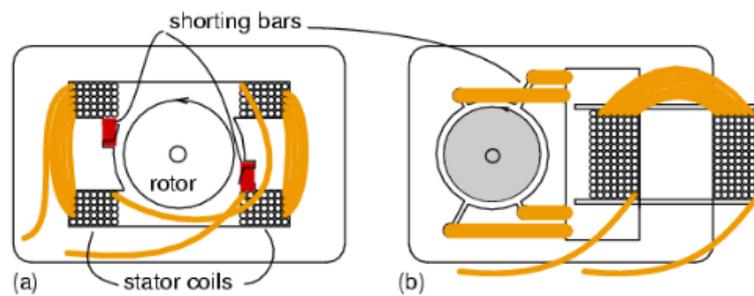


**Gambar 2. 9 Rangkaian Ekivalen *Capacitor Run***

(Sumber: Robith, 2015)

#### 4. Motor induksi *shaded pole*

Pada motor induksi ini memiliki 1/3 dari kutub pada stator yang ditutup dengan tembaga untuk menghasilkan perbedaan sudut *fluks* yang lebih besar, sehingga rotor pada motor ini dapat berputar dengan mudah.



**Gambar 2. 10 Rangkaian Motor Induksi *Shaded Pole***

(Sumber: Robith, 2015)

#### 2.4.1 Klasifikasi Motor Induksi

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama (Bagia dan Parsa, 2018):

- Motor induksi 3- fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di berbagai bidang industri dengan kapasitas yang tepat.
- Motor induksi 1-fasa dioperasikan pada sistem tenaga 1-fasa dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan lainnya.

### 2.4.2 Komponen Motor Induksi

- a. Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik terhadap kumparan rotornya.
- b. Celah : Merupakan celah udara, tempat berpindahnya energi dari stator ke rotor.
- c. Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.

### 2.4.3 Kecepatan Kerja Motor Induksi

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator terhadap kumparan rotornya. Jika kumparan stator motor induksi 3-fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3-fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar (Bagia dan Parsa, 2018).

Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor terhadap rotor, sehingga terinduksi arus dan sesuai dengan hukum Lenz, rotor akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor oleh karena itu akan memperbesar arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor akan bertambah besar. Apa bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun. Pada rangka stator terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slot-slot yang dililitkan pada sejumlah kutub tertentu. Jumlah kutub ini menentukan kecepatan berputarnya medan stator yang terjadi yang diinduksikan ke rotornya. Makin besar jumlah kutub akan mengakibatkan makin kecilnya kecepatan putar medan stator dan sebaliknya. Kecepatan berputarnya medan putar ini disebut kecepatan sinkron. Besarnya kecepatan sinkron ini adalah sebagai berikut:

$$\omega_{\text{sink}} = 2\pi f \text{ (listrik, rad/dt)} \dots\dots\dots(2,7)$$

$$2\pi f / P \text{ (mekanik, rad/dt)} \dots\dots\dots(2,8)$$

atau :

$$N_s = 60. f / P \text{ (putaran/menit, rpm)} \dots\dots\dots(2,9)$$

yang mana :

f = frekuensi sumber AC (Hz)

P = jumlah pasang kutub

$N_s$  dan  $\omega_{sink}$  = kecepatan putaran sinkron medan magnet stator

(Bagia dan Parsa, 2018)

## 2.5. Alternator

Alternator adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanis yang di dapatkan dari mesin menjadi tenaga listrik. Alternator mensuplai kebutuhan listrik pada mobil sewaktu mesin hidup. Tetapi jika jumlah pemakaian listrik lebih besar dari pada yang dihasilkan alternator, maka baterai ikut memikul beban kelistrikan tersebut. Alternator berfungsi untuk menghasilkan arus listrik untuk mengisi baterai (Hariyanto dan Abdurrahman, 2017).

Alternator memiliki beberapa komponen, sebagai berikut :

1. Fan
2. *Pulley*
3. Stator coil
4. Rotor coil
5. Rectifier
6. Slip ring
7. Ball bearing
8. Brush



**Gambar 2. 11 Altetnator**

(Sumber: Lubis, 2018)

## 2.6. *Pulley*

Puli merupakan suatu alat yang mekanis sebagai tempat *v-belt* serta menggerakkan rotor coil, puli menggerakkan rotor coil yang terhubung dengan *output* putaran dari mesin. Puli yang menyalurkan gerakan putar dari *crankhaft* ke puli yang nantinya akan menggerakkan rotor coil yang ada pada alternator (Miftahudin, 2020).

*Pulley* memiliki 2 jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Puli tetap (*fixed pulley*) : terdiri dari sebuah cakra dan sebuah tali yang dilingkarkan pada alur (*groove*) di bagian atasnya dan pada ujungnya digantungi beban.
2. Puli bergerak (*movable pulley*): terdiri dari cakra dan poros yang bebas, tali dilingkarkan dalam alur bawah, salah satu ujung tali dilingkarkan tetap dan ujung lainnya ditahan atau ditarik pada waktu pengangkatan, beban digantungkan pada kait (*Hook*).

Berdasarkan typenya *Pulley* terbagi menjadi 5, yaitu (Darwanto, 2021):

1. *Pulley Type V*
2. *Pulley Timing*
3. *Pulley Variable* (*Pulley V* bisa disetting besar kecil)
4. *Pulley Round* (alur U)
5. *Loss Pulley* (biasa sebagai adjustment)

Berdasar material yang digunakan, *pulley* dapat diklasifikasikan dalam menjadi 4 bagian :

1. *Cast Iron Pulley*
2. *Steel Pulley*
3. *Wooden Pulley*
4. *Paper Pulley*



**Gambar 2. 12 *Pulley Tipe A***

(Sumber: Darwanto, 2021)

## 2.7. V-Belt

V-belt adalah suatu alat yang berfungsi untuk meneruskan putaran dari *drive pulley* ke *driven pulley*. V-belt yang sudah aus (rusak) dapat mempengaruhi putaran pada *driven pulley*, karena pada V-belt akan sering terjadi selip. V-belt mempunyai penampang trapesium terbuat dari bahan kevlar yang tahan gesek dan tahan panas. Jenis V-belt yang ada di otomotif jika dilihat terdapat empat jenis V-belt. Yakni Raw Edge V-belt, Timing V-belt, Poli V-belt, dan Variabel Speed V-belt (Tanjung, 2014).

V-Belt memiliki kelebihan sebagai berikut:

1. Slip antar sabuk dan puli diabaikan.
2. Memberikan umur mesin lebih lama.
3. Sabuk – V mudah dipasangan dan dibongkar.
4. Operasi sabuk dengan puli tidak menimbulkan getaran.
5. Sabuk – V juga dapat dioperasikan pada arah yang berlawanan.
6. Sabuk – V yang dibuat tanpa sambungan sehingga memperlancar putaran.
7. Sabuk – V mempunyai kemampuan untuk menahan guncangan saat mesin dinyalakan.

Sedangkan kelemahan V-Belt yaitu :

1. Sabuk – V tidak seawet belt datar
2. Konstruksi puli dan sabuk – V lebih rumit dari pada sabuk datar (Dea, 2018)



**gambar 2. 13 Van belt**

(Sumber: Darwanto, 2021)

## 2.8. Rotor

Rotor merupakan sebuah alat yang terdapat plat-plat, fungsinya sebagai kutub-kutub magnet dan slip ring menyalurkan listrik ke kumparan rotor,

berputarnya rotor ditumpu oleh bearing (bantalan) yang menjadikan simbang (Hariyanto dan Abdurrahman, 2017).

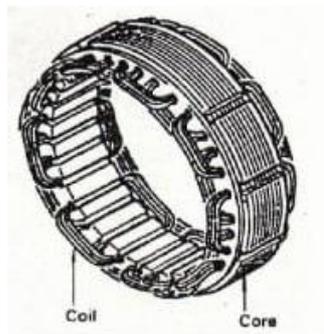


**Gambar 2. 14 Rotor**

(Sumber: Sudirman lubis, 2018)

## 2.9. Stator

Stator merupakan bagian yang diam dalam alternator, arus listrik keluar dari kumparan ini apabila rotor berputar. Kumparan stator pada alternator tipe IC sama dengan kumparan stator pada alternator konvensional yang terdiri dari empat ujung yaitu tiga ujung kumparan stator dan satu ujung yang merupakan gabungan dari tiga ujung kumparan stator yang disebut terminal natural (N). Keempat ujung kumparan tersebut dibaut pada dioda di terminal T1, T2, T3, dan T4. Kumparan tersebut kumparan jenis bintang karena mempunyai terminal N. Untuk kumparan stator yang berbentuk delta atau segitiga, sejumlah ujung kumparan statornya ada tiga. Kumparanstator berfungsi untuk menghasilkan atau membangkitkan tegangan bolak-balik (Hariyanto dan Abdurrahman, 2017).



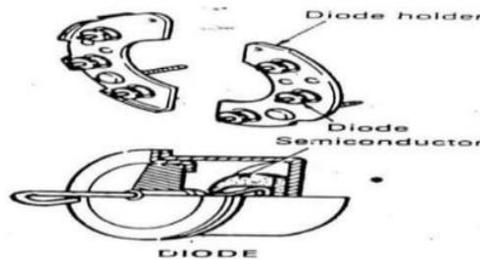
**Gambar 2. 15 Kumparan Stator**

(Sumber: Miftahudin, 2020)

## 2.10. Rectifier atau diode

Rectifier atau diode adalah sebuah alat yang merubah arus AC menjadi DC, dimana bila diode diberi aliran arus listrik dari arah yang terbalik, maka aliran listrik tersebut akan sulit menembus diode, sedangkan jika arus tersebut datang dari arah

yang benar, maka lebih mudah listrik mengalir. Diode yang biasa digunakan dibuat dari logam silikon dan diode ini diberi lambang seperti gambar (Miftahudin, 2020)



**Gambar 2. 16 Rectifier atau Diode**

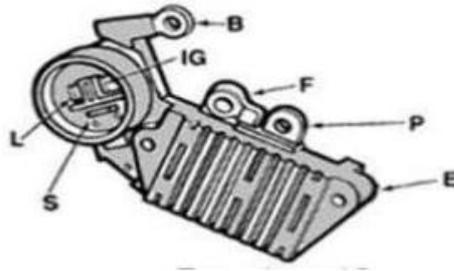
(Sumber: Hariyanto dan Abdurrahman, 2017)

### **2.11. Regulator IC**

Regulator tipe IC adalah sebuah alat yang dapat mengatur arus yang masuk ke kumparan rotor secara elektronik. Komponen yang aktif bekerja sebagai pengganti kumparan dan kontak poin adalah transistor. Transistor bekerja ON dan OFF secara periodik untuk mengatur besar dan kecilnya medan magnet pada kumparan rotor.

Prinsip kerja regulator IC serta terminal yang terdapat pada regulator ini adalah terminal E, P, F, S, L, IG, dan B. Terminal E merupakan terminal yang berhubungan langsung dengan massa atau bodi alternator. Terminal P adalah terminal yang di hubungkan dengan salah satu ujung kumparan stator. Terminal F merupakan terminal yang tidak di hubungkan dengan terminal manapun pada saat regulator terpasang pada alternator. Terminal F ini digunakan untuk melakukan pengetesan saat terjadi gangguan pada sistem pengisian untuk mengetahui apakah IC alternator rusak atau tidak. Terminal S adalah terminal yang di pasang dengan terminal positif baterai. Terminal ini berfungsi untuk menyensor tegangan yang masuk ke baterai. Di dalam terminal S terdapat diode zener sebagai pendeteksi kelebihan tegangan. Terminal L (lampu) adalah terminal alternator yang di hubungkan langsung dengan lampu pengisian sebagai indikator ada tidaknya atau normal tidaknya sistem pada pengisian. Terminal IG adalah terminal yang di hubungkan dengan kunci kontak. Pada terminal IG berfungsi sebagai sumber catu daya terhadap regulator IC. Terminal B merupakan output arus DC yang keluar

melalui alternator yang di hubungkan dengan baterai. Berikut gambar menunjukkan gambar regulator IC dan regulator konvensional.



**Gambar 2. 17 Regulator IC**

(Sumber: Miftahudin, 2020)

### 2.12. Sikat Arang

Sikat arang (*Carbon Brush*) merupakan suatu komponen yang terbuat dari bahan Ferro Carbon yang di padatkan. Oleh karena itu sikat arang diletakkan berhadapan dengan komutator, agar sikat arang selalu terhubung dengan lamel-lamel komutator. Sikat arang diletakkan dalam pemegang sikat (*Brush Holder*) yang dilengkapi dengan pegas. Pegas akan menekan sikat ke permukaan komutator. Tekanan terhadap pegas harus terukur serta tidak boleh terlalu lemah atau terlalu kuat dan sikat arang harus diperiksa secara periodik. Jika terlalu pendek atau cacat segera diganti dengan yang baru (Fitria dan Pamuji, 2015).



**Gambar 2. 18 Sikat Arang**

(Sumber: Miftahudin, 2020)

### 2.13. Baterai / Aki

Baterai adalah suatu komponen yang berfungsi untuk menyimpan tenaga listrik yang dihasilkan oleh sistem pengisian, energi listrik yang diubah dalam bentuk energi kimia. Baterai juga berfungsi sebagai penyedia tenaga listrik sementara (dalam bentuk tegangan DC) yang diperlukans ebagai sistem kelistrikan seperti sepeda motor, dengan didukung oleh sistem pengisian. Kontruksi sel baterai

dari bak atau *case*, plat positif, plat negative dan elektrolit baterai. Setiap sel baterai akan menghasilkan beda tegangan 2 volt (Putra, 2017).

### 2.13.1 Jenis – jenis Aki

#### a. Aki Basah

Pada saat ini aki yang sering digunakan adalah aki basah yang berisi cairan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Ciri utamanya memiliki lubang dengan penutup yang berfungsi sebagai menambah air aki, kekurangan air karena penguapan air yang sering terjadi pada saat reaksi kimia antara sel dengan air aki. Selnnya menggunakan bahan timbal (Pb).

Kelebihan dari aki basah yaitu dapat langsung dipakai tanpa harus disetrum, harga lebih murah dibandingkan aki kering, dan lebih hemat karena dapat diisi ulang. Tetapi aki basah juga memiliki kekurangan, yaitu harus mengisi air aki apabila sudah habis, dan tegangan kurang stabil (Prasetyo dan Saputro, 2018).



**Gambar 2. 19 Aki Basah**

(Sumber: Hariyanto dan Abdurrahman, 2019)

#### b. Aki Hybrid

Aki *hybrid* tidak jauh berbeda dengan aki basah. Bedanya terdapat pada material komponen sel aki, pada aki *hybrid* selnya menggunakan low-antimonial pada sel (+) dan kalsium pada sel (-). Jenis aki ini memiliki performa dan sifat self-discharge serta lebih baik dari aki basah konvensional.

Aki *Hybrid* memiliki kelebihan yaitu, persentase tingkat penguapan elektrolitnya lebih kecil dari aki basah dan perawatannya lebih mudah. Untuk kekuatannya, yaitu aki *hybrid* menggunakan elektrolit yang berbahaya jika mengenai bagian tubuh dan aki *hybrid* jarang diketahui oleh masyarakat

awam maka menjadi salah satu dari kekurangan aki *hybird* (Prasetyo dan Saputro, 2018).



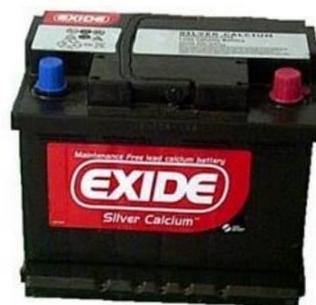
**Gambar 2. 20 Aki Hybrid**

(Sumber: Hariyanto dan Abdurrahman, 2019)

**c. Aki Calcium**

Kedua aki Calcium, baik (+) maupun (-) menggunakan material kalsium. Aki jenis ini memiliki kemampuan lebih baik dibanding aki *hybrid*. Karena penguapannya lebih kecil dibanding aki basah konvensional.

Aki calcium memiliki kelebihan yaitu harganya yang cukup terjangkau sehingga, dapat dijadikan salah satu alternatif bagi konsumen, kemampuan serta kualitasnya yang lebih baik dari aki basah, khususnya dalam aspek penyimpanan arus listrik, dan arus yang tersimpan lebih stabil. Untuk kekurangan dari aki kalsium ini terletak pada kurang populernya aki ini di masyarakat, fungsinya tidak jauh beda dengan aki basah, dan sukarnya untuk diperbaiki (Prasetyo dan Saputro, 2018).



**Gambar 2. 21 Aki Kalsium**

(Sumber: Hariyanto dan Abdurrahman, 2019)

**d. Aki Bebas Perawatan atau *Maintenance Free* (MF)**

Aki *maintenance free* (aki kering), aki ini di desain khusus yang mampu menekan tingkat penguapan air aki. Uap aki yang terbentuk akan mengalami kondensasi sehingga dan kembali menjadi air murni serta menjaga level air aki dalam kondisi ideal. Aki jenis ini terbuat dari basis jenis aki *hybrid* maupun aki kalsium.

Kelebihan Aki *Maintenance Free* (MF) ini yaitu, bebas perawatan karena tidak perlu mengecek ketinggian airnya sehingga untuk pemakaiannya lebih praktis. Untuk kekurangan Aki *Maintenance Free* (MF) yaitu harganya mahal, selain itu aki ini lebih cepat rusak dan cairan elektrolit berbahaya (Prasetyo dan Saputro, 2018).



**Gambar 2. 22 Aki Kering**

(Sumber: Hariyanto dan Abdurrahman, 2019)

**2.14. Inverter**

Inverter adalah suatu elektronik yang dapat digunakan untuk mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC. Keluaran inverter berupa tegangan yang dapat diatur serta tegangannya tetap. Sumber tegangan yang masuk melalui inverter dapat berupa baterai, tenaga surya, atau sumber tegangan DC lainnya. Adapun output dari inverter adalah berupa tegangan AC 120 V, 220 V dan 115 V (Faroda, 2018)

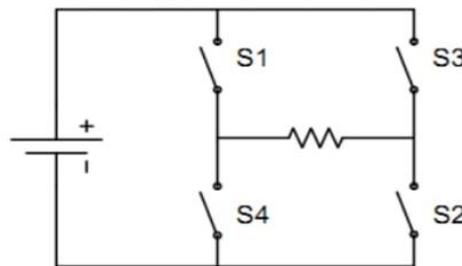


**Gambar 2. 23 Inverter**

(Sumber: Hariyanto dan Abdurrahman, 2019)

Untuk mendapatkan tegangan output agar bervariasi, dapat dilakukan dengan cara membuat variasi tegangan input DC serta menjaga penguatan inverter agar bernilai tetap. Sebaliknya, jika tegangan input DC tidak dapat dikendalikan, maka dapat diperoleh tegangan output yang bervariasi dengan cara memvariasikan penguatan dari inverter. Penguatan inverter dapat diartikan rasio perbandingan antara tegangan output AC terhadap tegangan input DC. Variasi dari penguatan inverter biasanya didapatkan dengan pengontrolan melalui PWM (*Pulse Width Modulation*) di dalam inverter.

*Full Bridge* inverter memiliki konfigurasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar berikut. Memiliki 4 buah *switching device* yang dimana dua buah *switching device* pada setiap terminal atau kaki. Dalam satu kaki/terminal, *switching device* ini hanya boleh ON pada satu buah *switching device*, jika tidak maka akan terjadi *short-circuit*.



**Gambar 2. 24 Full Brige Inverter**

(Sumber: Azmi, dkk, 2017)

Prinsip kerja dari *full bridge* inverter adalah jika saklar S1 dan S2 dalam keadaan ON, maka arus akan mengalir ke beban R dari arah kiri ke kanan, sehingga terbentuklah gelombang pada periode setengah gelombang yang pertama. Jika saklar S3 dan S4 dalam keadaan ON, maka arus akan mengalir ke beban R dari arah kanan ke kiri maka terbentuklah gelombang pada setengah periode kedua.

**Tabel 2.1. Teori Full Brige Inverter Satu Fasa**

Saklar ON	Saklar OFF	Tegangan Keluaran ( $V_o$ )
S1 dan S2	S3 dan S4	$+ V_o$
S3 dan S4	S1 dan S2	$3. V_o$
S1 dan S3	S2 dan S4	<b>OFF</b>
S2 dan S4	S1 dan S3	<b>OFF</b>

Adapun tegangan yang keluar rumus *square wave* inverter dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$V_o = \left( \frac{2}{T_o} \int_0^{T_o/2} V_s^2 dt \right)^{1/2} = V_s \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

$V_o$  = Tegangan output inverter

$T_o$  = Periode awal

$V_s$  = Tegangan sumber

(Azmi, 2017)