

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam tugas akhir ini, penulis memaparkan empat penelitian terdahulu yang relevan dengan perangkat yang akan dirancang bangun yaitu *trainer Variable Speed Drive* (VSD) ATV303 sebagai pengendali motor induksi tiga fasa.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Putri (2015) dengan judul “Pengaturan Kecepatan Konveyor Berbasis PLC (Studi Kasus : *Monitoring Kecepatan dan Safety Device* Konveyor pada Mesin Pengekstraksi Biji Kapuk” memaparkan bahwa perangkat konveyor menggunakan beberapa komponen untuk menggerakkannya, seperti motor induksi yang digunakan untuk memutar bidang konveyor, VSD (*Variabel Speed Drive*) untuk mengatur kecepatan putar motor induksi, dan PLC (*Progammable Logic Control*) sebagai pengendali semua sistem yang bekerja pada perangkat. VSD yang digunakan yaitu VSD tipe ABB ACS 300. Penggunaan VSD dapat meningkatkan efisiensi kerja motor dengan mengatur kecepatan putar sesuai kebutuhan serta menghemat penggunaan energi yang berpengaruh pada biaya produksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor induksi 3 fasa terkontrol VSD ABB ACS 300 memiliki efisiensi diatas 100 % pada frekuensi 5 - 45 Hz dan efisiensi dibawah 100 % pada frekuensi 50 Hz yaitu 86,68 %.

Huda (2015) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengujian Unjuk Kerja *Variable Speed Drive* dengan Beban Motor Induksi 3 Fasa 1 HP” memaparkan bahwa kecepatan motor induksi tiga fasa dapat diubah dengan cara mengubah nilai frekuensi yaitu dengan menggunakan VSD (*Variable Speed Drive*). VSD yang digunakan adalah VSD tipe VF-S9 yang memiliki daya 1 HP. VSD tersebut diberi beban motor induksi 3 fasa dengan daya 1 HP. Hasil pengujian membuktikan bahwa putaran motor induksi dapat diatur dengan mengubah frekuensi. Perubahan frekuensi sebanding dengan perubahan tegangan atau dengan kata lain V/f konstan. Selain itu torsi motor induksi bernilai konstan dengan mengatur arus yang masuk ke kumparan stator pada nilai konstan.

Haq (2015) dalam penelitiannya yang berjudul “*Soft Starting* dan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Micromaster 440 pada Aplikasi Penggerak *Blade* Mesin Ekstraksi Biji Kapuk” memaparkan bahwa VSD (*Variable Speed Drive*) dapat digunakan untuk mengatur arah putaran dan kecepatan putar motor induksi tiga fasa. VSD yang digunakan dalam penelitiannya adalah tipe Micromaster 440. Penggunaan VSD dapat meningkatkan efisiensi kerja motor dengan mengatur kecepatan putar sesuai kebutuhan. Hasil pengujian kecepatan motor induksi tiga fasa dengan VSD Micromaster 440, dalam kondisi berbeban terjadi kondisi arus motor induksi mencapai *current limit*. Hal ini dikarenakan motor induksi membutuhkan torsi yang besar untuk proses ekstraksi biji kapuk.

Badruzzaman (2015) dalam penelitiannya dengan judul “Sistem *Monitoring* Kendali Motor Induksi Tiga Fasa dengan *Variable Speed Drive* Berbasis PLC dan SCADA” memaparkan bahwa pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa dapat

dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah dengan menggunakan *Variable Speed Drive* yang berfungsi untuk mengatur frekuensi sumber sehingga mendapatkan kecepatan (rpm) motor yang diinginkan. Dalam penelitiannya, Baduzzaman menggunakan *Variable Speed Drive* tipe ATV61. Hasil yang didapatkan adalah motor induksi tiga fasa yang dapat diatur kecepatannya dengan rentang pengaturan yang sangat luas mulai dari 0 - 50 Hz.

2.2 *Variable Speed Drive* (VSD) ATV303

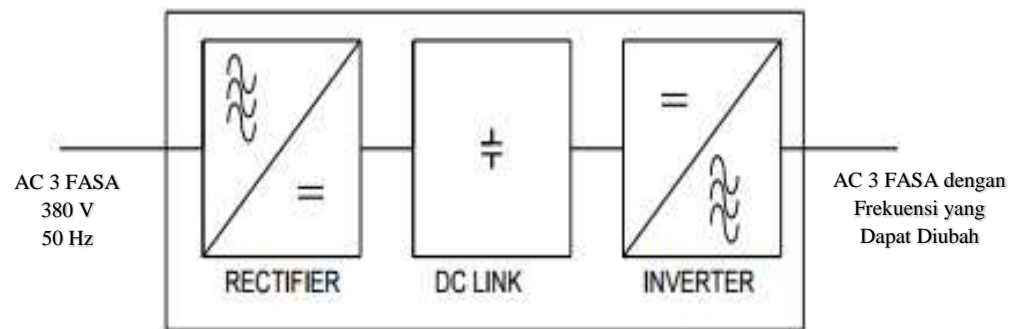
Sama seperti *Variable Speed Drive* (VSD) pada umumnya, *Variable Speed Drive* (VSD) ATV303 merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor AC dengan mengubah nilai frekuensi masukan yang menuju ke motor. Pengaturan nilai frekuensi ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran yang diinginkan atau sesuai kebutuhan dengan mempertahankan agar *power* pada motor tetap konstan. VSD ATV303 diproduksi oleh Schneider Electric dan memiliki *power rating* sebesar 0,37 - 11 KW. Berikut terdapat gambar VSD ATV303 seperti yang tunjukkan pada Gambar 2.1 :



Gambar 2.1 VSD ATV303

2.2.1 Prinsip Kerja *Variable Speed Drive* (VSD) ATV303

Prinsip kerja dari *Variable Speed Drive* (VSD) ATV303 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut :



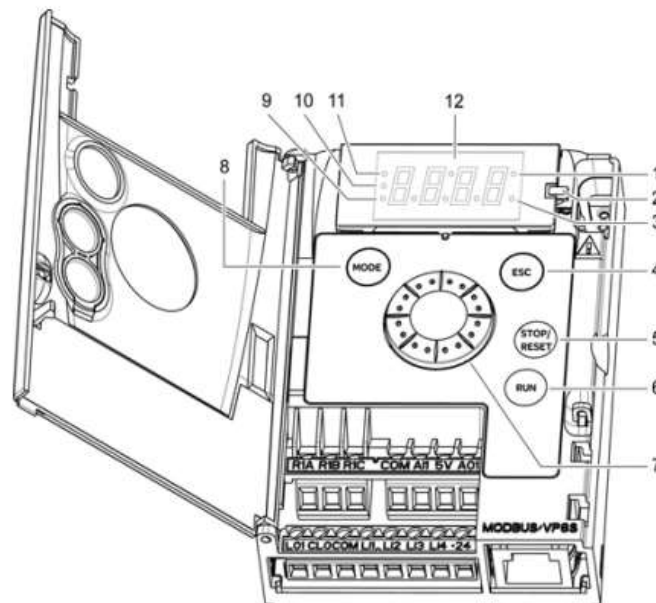
Gambar 2.2 Blok Diagram Prinsip Kerja VSD ATV303

Gambar 2.2 merupakan blok diagram prinsip kerja *Variable Speed Drive* (VSD) ATV303, dimana prinsip kerjanya yaitu :

1. Tegangan AC (*Alternating Current*) yang masuk dari jala-jala PLN 380 volt dan frekuensi 50 Hz, dialirkan ke *board rectifier* untuk disearahkan dari tegangan AC menjadi tegangan DC (*Direct Current*).
2. Untuk meratakan tegangan DC, maka tegangan tersebut dimasukkan ke *DC link*.
3. Tegangan DC kemudian diumpankan ke rangkaian *inverter* untuk dijadikan tegangan AC kembali dengan frekuensi sesuai kebutuhan. Komponen *switching*nya adalah semikonduktor aktif seperti IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) atau mosfet.
4. Tegangan keluaran dari VSD ATV303 berupa tegangan AC yang frekuensi bisa diatur.

2.2.2 Bagian - bagian *Variable Speed Drive (VSD) ATV303*

Adapun bagian-bagian dari *Variable Speed Drive (VSD) ATV303* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3 Bagian-bagian VSD ATV303

Dari Gambar 2.3 diatas dapat dilihat bahwa VSD ATV303 terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

1. *Value* LED
2. *Change* LED
3. Unit LED
4. Tombol ESC (*escape*)

Tombol ESC merupakan tombol yang digunakan untuk keluar dari menu, parameter, atau pun membatalkan nilai yang ditampilkan untuk kembali ke nilai sebelumnya dalam memori.

5. Tombol *Stop / Reset*

Berguna untuk menghentikan motor. Tombol ini hanya berfungsi ketika *drive* berada pada mode kontrol lokal.

6. Tombol *Run*

Berfungsi sebagai tombol untuk menghidupkan motor. Sama seperti tombol *stop/reset*, tombol ini hanya berfungsi ketika *drive* berada pada mode kontrol lokal.

7. *Jog Dial*

Jog dial ini memiliki tiga fungsi, yaitu :

- a. Sebagai potensiometer ketika *drive* berada pada mode kontrol lokal, dimana *jog dial* ini dapat digunakan untuk mengubah nilai frekuensi masukan.
- b. Sebagai navigasi untuk berbalik searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam.
- c. Sebagai tombol seleksi untuk memilih mode atau parameter, dengan cara menekan *enter* pada *jog dial*.

8. Tombol Mode

Yaitu tombol yang digunakan untuk melakukan pemindahan mode *drive*.

9. LED Mode Konfigurasi

LED mode konfigurasi merupakan LED yang menandakan bahwa mode konfigurasi sedang aktif. LED ini berada pada kanan layar VSD ATV303.

10. LED Mode *Monitoring*

LED mode *monitoring* merupakan LED yang menandakan bahwa *drive* berada pada mode *monitoring*. LED ini berada pada kanan layar VSD ATV303.

11. LED Mode Referensi

LED mode referensi merupakan LED yang menandakan bahwa mode referensi sedang aktif. LED ini berada pada kanan layar VSD ATV303.

12. *Display Empat 7-segment*

Merupakan *display* yang berfungsi untuk menampilkan nilai, menu, maupun parameter dari VSD ATV303.

2.2.3 Mode pada *Variable Speed Drive* (VSD) ATV303

Pada *Variable Speed Drive* (VSD) ATV303 memiliki tiga mode, yaitu mode konfigurasi (COnF), mode referensi (reF), dan mode *monitoring*.

1. Mode Konfigurasi (COnF)

Mode konfigurasi merupakan mode yang digunakan untuk melakukan pengaturan (*setting*) berbagai parameter pada VSD ATV303, seperti pengaturan mode kontrol *drive*, pengaturan kipas pendingin, pengaturan arah putaran motor, pengaturan tombol *reset*, pengaturan analog *output*, dan lain-lain.

2. Mode Referensi (reF)

Mode referensi merupakan mode yang digunakan untuk melakukan pengaturan nilai referensi.

3. Mode *Monitoring*

Mode *monitoring* merupakan mode yang berfungsi untuk melakukan *monitoring* kinerja dari *drive*. Ada beberapa menu untuk *monitoring*, diantaranya *monitoring* arus motor, *monitoring main voltage*, *monitoring* status termal motor, *monitoring* status termal *drive*, dan *monitoring output power*.

2.2.4 Pengaturan Pabrik *Variable Speed Drive (VSD) ATV303*

Variable Speed Drive (VSD) ATV303 memiliki pengaturan pabrik sebagai berikut :

1. Tampilan *Drive*

Tampilan layar awal pada VSD ATV303 yaitu --00, yang menandakan bahwa VSD dalam keadaan siap.

2. Mode Kontrol *Drive*

Pada pengaturan pabrik, VSD ATV303 memiliki *setting* pada mode terminal analog *input*. Dimana pada mode ini, VSD hanya bisa mengontrol motor AC melalui terminal analog *input*. Artinya, tombol dan *jog dial* pada *drive* tidak berfungsi.

3. Frekuensi

Frekuensi pada pengaturan pabrik ini di *setting* pada frekuensi 50 Hz.

4. *Logic Input*

VSD ATV303 memiliki empat *logic input*, yaitu LI1, LI2, LI3, dan LI4. LI1 merupakan *logic input* yang digunakan untuk *forward*, sedangkan LI2, LI3, dan LI4 belum memiliki *setting* dari pabrik dan dapat digunakan untuk parameter lain.

5. *Logic Output*

VSD ATV303 ini memiliki satu *logic input*, yaitu LO1. Dimana pada *setting* dari pabrik, LO1 ini belum *disetting* untuk parameter tertentu.

6. *Analog Input*

Analog input pada VSD ATV303 hanya ada satu, yaitu AI1 yang digunakan untuk mengubah nilai frekuensi masukan.

7. *Analog Output*

Analog output pada VSD ATV303 hanya ada satu, yaitu AO1. Dimana AO1 tersebut belum memiliki *setting* dari pabrik.

2.2.5 Tipe Kontrol *Variable Speed Drive* (VSD) ATV303

Variable Speed Drive (VSD) ATV303 memiliki dua tipe kontrol, yaitu kontrol tipe 2 *wire* dan kontrol tipe 3 *wire*.

1. Kontrol Tipe 2 *Wire*

Yaitu tipe kontrol yang hanya menggunakan 2 *wire* untuk mengontrol arah putaran motor, yaitu *forward* dan *reverse*. Dimana ketika salah satu *logic* “*close*” maka *logic* tersebutlah yang akan mengirimkan sinyal ke motor. Contohnya, ketika *logic forward* “*close*”

maka VSD ATV303 akan mengirimkan sinyal *forward* ke motor dan motor akan berputar searah jarum jam (*forward*).

2. Kontrol Tipe 3 Wire

Untuk tipe kontrol ini sama seperti tipe kontrol 2 *wire*, bedanya hanya pada penggunaan 3 *wire*. Dimana bila menggunakan 3 *wire* maka ada satu tambahan pengontrol motor yaitu *stop*. *Stop* disini berfungsi sebagai perintah untuk menghentikan motor.

2.3 Motor Induksi Tiga Fasa

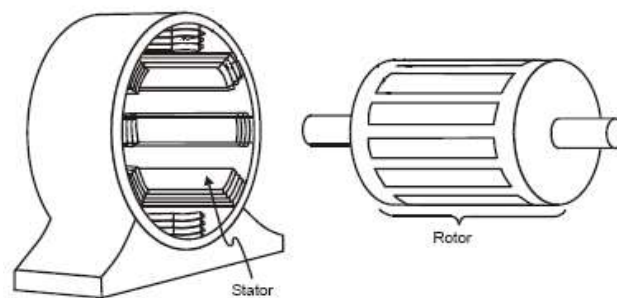
Motor induksi tiga fasa merupakan suatu motor yang dicatu oleh arus bolak-balik pada statornya secara langsung dan pada rotornya dengan imbas atau *transformator* dari stator. (Fitzgerald, A. H., dkk. 1986 : 439)

Motor induksi tiga fasa berputar dengan kecepatan yang pada dasarnya adalah konstan, mulai dari keadaan tidak berbeban sampai mencapai keadaan beban penuh. Kecepatan putaran motor ini dipengaruhi oleh frekuensi, dengan demikian pengaturan kecepatan tidak dapat dengan mudah dilakukan terhadap motor ini.

2.3.1 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa memiliki dua komponen penting, yaitu stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang diam, dan rotor sebagai bagian yang berputar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Antara bagian stator dan rotor dipisahkan oleh *air gap* (celah udara) dengan jarak berkisar dari 0,4 mm sampai 4 mm.

(Berahim, H. 1991 : 119) Dalam konstruksinya, *air gap* (celah udara) pada motor haruslah memiliki ukuran yang pas agar rotor dan stator konsentris dan mencegah induksi yang tidak merata. Ketika *air gap* terlalu luas maka efisiensi mesin menjadi rendah. Sebaliknya, ketika *air gap* terlalu sempit maka akan menimbulkan kerusakan mekanis pada mesin.



Gambar 2.4 Penampang Stator dan Rotor pada Motor Induksi Tiga Fasa
(<http://bungaelin19.blogspot.co.id>)

2.3.2 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

(Berahim, H. 1991 : 119) Prinsip kerja motor induksi tiga fasa yaitu berdasarkan induksi elektromagnetis, yakni bila belitan atau kumparan stator diberi sumber tegangan bolak-balik tiga fasa maka arus akan mengalir pada kumparan tersebut, sehingga menimbulkan medan putar (garis-garis gaya *fluks*) yang berputar dengan kecepatan sinkron dan akan mengikuti Persamaan (2.1) sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120 f}{p} \text{ rpm} \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

- N_s : Kecepatan putar dari medan putar stator (rpm)
- f : Frekuensi (Hz)
- p : Jumlah kutub

Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor. Akibatnya pada batang konduktor dari rotor akan timbul EMF (*Elektro Motoris Force*) atau GGL (Gaya Gerak Listrik) atau tegangan induksi. Karena batang konduktor merupakan rangkaian yang tertutup maka GGL akan menghasilkan arus (I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. GGL induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar GGL induksi tersebut timbul, diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (N_s) dengan kecepatan berputar rotor (N_r).

Perbedaan kecepatan antara kecepatan medan putar stator (N_s) dan kecepatan berputar rotor (N_r) disebut *slip* (S), sehingga dapat dinyatakan dengan Persamaan (2.2) berikut :

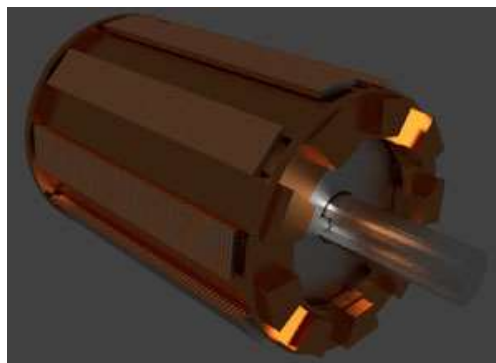
$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \dots\dots\dots (2.2)$$

Bila $N_r = N_s$, maka GGL induksi tidak akan timbul dan arus tidak mengalir pada batang konduktor (rotor), dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila $N_r < N_s$.

2.3.3 Motor Induksi Tiga Fasa dengan Rotor Tipe Sangkar Tupai

Motor induksi tiga fasa dengan rotor tipe sangkar (*squirrel cage*) memiliki bentuk seperti roda *gear*, berbentuk tabung dan diberi beberapa slot pada

permukaannya. Slot tersebut dibuat tidak lurus namun sedikit miring untuk memperhalus suara pada saat motor berputar dan menghilangkan kecenderungan *lock* yang disebabkan karena interaksi langsung antara medan magnet stator dan rotor. Pada kedua ujung rotor dipasang cincin alumunium. Rotor tipe sangkar tupai umumnya terbuat dari alumunium atau tembaga. Pada Gambar 2.5 berikut menunjukkan rotor jenis sangkar tupai.



Gambar 2.5 Rotor Tipe Sangkar Tupai (www.insinyoer.com)

2.3.4 Pengasutan *Inverter* pada Motor Induksi Tiga Fasa

Pengasutan *inverter* pada motor induksi tiga fasa dapat dilakukan dengan menggunakan VSD (*Variable Speed Drive*). VSD terdiri dari dua bagian utama yaitu penyearah tegangan AC (dengan frekuensi 50 Hz) ke DC dan bagian kedua adalah membalikan tegangan dari tegangan DC ke tegangan AC dengan frekuensi yang diinginkan. VSD memanfaatkan sifat motor sesuai dengan Persamaan (2.3) berikut :

$$\text{RPM} = \frac{120 f}{p} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

RPM : Kecepatan putaran motor (rpm)

F : Frekuensi (Hz)

p : Jumlah kutub pada motor

2.3.5 Pengaturan Frekuensi pada Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa akan berputar pada suatu kecepatan konstan saat dihubungkan pada tegangan dan frekuensi yang konstan, kecepatannya sangat mendekati kecepatan sinkronnya. Pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa dapat dilakukan dengan cara mengatur nilai frekuensi masukan dari jala-jala. Pengaturan frekuensi ini memerlukan sebuah pengubah frekuensi, seperti VSD (*Variable Speed Drive*).

Seperti pada Persamaan (2.3) diatas dapat dilihat jika frekuensi motor induksi tiga fasa dinaikkan maka kecepatan putaran motor juga akan meningkat, sebaliknya dengan memperkecil frekuensi masukan maka akan memperlambat kecepatan putaran motor induksi tiga fasa.

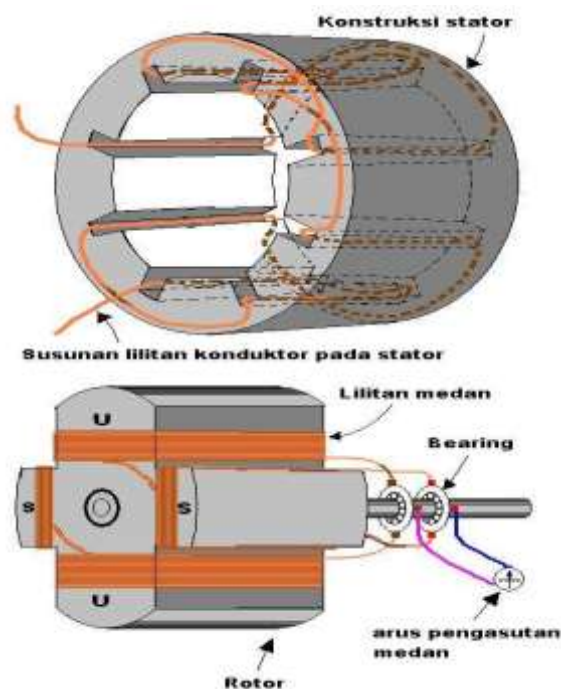
2.4 Generator AC (*Alternating Current*) Satu Fasa

Generator AC (*Alternating Current*) merupakan sebuah alat yang dapat mengubah tegangan mekanis menjadi tegangan listrik arus bolak-balik. Generator AC merupakan jenis generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Salah satu jenis generator AC adalah generator AC satu fasa. Generator AC satu fasa merupakan generator yang menghasilkan arus listrik AC (bolak-balik) berfasa tunggal (satu fasa).

2.4.1 Konstruksi Generator AC Satu Fasa

Konstruksi dari generator AC satu fasa terdiri dari dua bagian, yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian yang tidak dapat berputar (diam) dari generator AC satu fasa. Sedangkan rotor adalah bagian dari generator AC satu fasa yang dapat berputar.

Untuk lebih jelasnya mengenai konstruksi generator AC satu fasa dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6 Konstruksi Generator AC Satu Fasa (stefanuswindarhariadi.wordpress.com)

2.4.2 Prinsip Kerja Generator AC Satu Fasa

Prinsip kerja generator AC satu fasa yaitu menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan timbul Gaya Gerak Listrik (GGL).

Ketika rotor diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub magnet, sehingga terjadi perbedaan tegangan yang akan menimbulkan adanya arus listrik. Arus listrik tersebut akan melalui kabel/kawat yang ke dua ujungnya dihubungkan dengan cincin geser. Pada cincin-cincin tersebut menggeser sikat-sikat, sebagai terminal penghubung keluar.