



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Sumber Energi

Energi adalah sesuatu yang abstrak yang sulit dibuktikan tetapi dapat dirasakan. Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha (energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha). Menurut Hukum Pertama Termodinamika, energi adalah kekal. Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya.

Menurut Arif Alfatah & Muji Lestari (2009), energi adalah sesuatu yang dibutuhkan oleh benda agar benda dapat melakukan usaha. Dalam kenyataannya setiap dilakukan usaha selalu ada perubahan. Sehingga usaha juga didefinisikan sebagai kemampuan untuk menyebabkan perubahan. Definisi ini merupakan perumusan yang lebih luas daripada pengertian-pengertian mengenai energi yang pada umumnya dianut didunia ilmu pengetahuan. Dalam pengertian sehari-hari energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan suatu pekerjaan¹.

Energi gerak adalah sumber energi yang melimpah ruah adanya, bersih, bebas polusi, dan tidak akan habis sepanjang masa, merupakan usaha yang dibutuhkan untuk menggerakkan suatu objek dengan massa tertentu dari kondisi diam sampai mencapai kecepatan tertentu.

Secara etimologi, kata energi gerak berasal dari Bahasa Yunani, yaitu 'energeia' yang berarti usaha dan 'kinesis' yang berarti gerak. Secara teori, konversi energi yang dilakukan oleh generator adalah perubahan dari energi gerak menjadi energi listrik, Perubahan energi itu menggunakan generator, yang ketika bergerak, ia akan menggerakkan kumparan penghantar listrik di medan magnetik hingga

¹ Alfatah Arif, lestari Muji (2019) di akses dari <https://m.merdeka.com/jabar/mengenal-pengertian-energi-menurut-para-ahli-berikut-jenis-dan-fungsinya-klm.html?page=2> pada tanggal 10 April 2022



menghasilkan suatu arus listrik, Sehingga dari energi listrik tersebut dihasilkan daya yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan. Besar kecilnya daya listrik yang dihasilkan berbanding lurus dengan banyaknya putaran yang diterima oleh generator.

2.1.1. Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai tingkat di mana energi listrik disampaikan dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah Watt yang menyatakan besarnya daya listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/sekon). Pada penelitian ini yang akan dihitung adalah daya keluaran pada generator magnet permanen. Listrik yang dihasilkan oleh generator adalah listrik dengan arus bolak balik atau AC (Alternatif Current). Daya listrik, seperti daya mekanik, dilambangkan dengan huruf P dalam persamaan listrik. daya listrik sesaat dihitung menggunakan Hukum Joule, dinamai fisikawan Inggris James Joule, yang pertama kali menunjukkan bahwa energi listrik dapat diubah menjadi energi mekanik, dan sebaliknya. Daya listrik yang dilambangkan dengan huruf P juga dapat dianalisis dengan menggunakan rumus $P=V.I.Cos \phi$ karena daya yang dihasilkan oleh generator merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus listrik atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P=V.I.Cos\phi \dots\dots\dots (2.1)^2$$

Keterangan:

P adalah daya (watt atau W)

I adalah arus (ampere atau A)

V adalah tegangan atau perbedaan potensial (volt atau V)

Cos ϕ adalah faktor daya listrik

Jadi keluaran dari masing-masing sumber daya memiliki daya yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan diatas. Dengan begitu daya yang akan dicari adalah hasil perkalian antara tegangan dan arus keluaran

² Sumber https://www.academia.edu/39864793/Rumus_rumus_Kelistrikan



generator, dan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, besaran tegangan dan arus keluaran dari generator sangat dipengaruhi oleh putaran yang diperoleh dari gerakan kinetik.

2.2 Motor Listrik

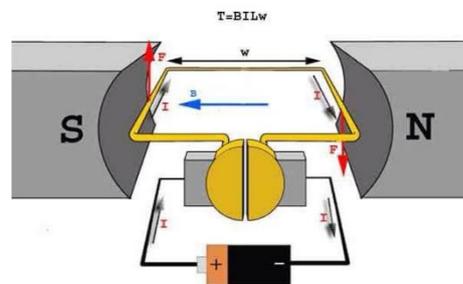
Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik, dimana energi mekanik tersebut berupa putaran dari motor. (Sumanto: 1995: 1)

Dalam sejarahnya alat berputar pertama yang digerakkan oleh elektromagnetisme dibuat oleh orang Inggris Peter Barlow pada tahun 1822 (Barlow's whells). Setelah banyak percobaan yang kurang lebih berhasil dengan dengan peranti berputar dan resiprokal yang relatif lemah seseorang yang berbahasa jerman menemukan motor listrik nyata pertama pada Mei 1834 yang benar-benar menghasilkan output mekanis yang luar biasa. Motor listrik dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin cuci, pompa air dan penyedot debu. Pada motor listrik tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah daya listrik menjadi magnet yang dikenal sebagai elektro magnet. Seperti yang kita ketahui bahwa: kutub magnet yang sama akan tolak menolak dan kutub magnet yang berbeda akan tarik menarik. Jadi kita bisa mendapatkan gerak jika kita menempatkan magnet pada sumbu yang berputar, dan magnet lain pada posisi tetap. Motor listrik kadang juga disebut kuda kerjanya industri, sebab motor menggunakan setidaknya 70% beban listrik.

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama (Daryanto, 2016) yang artinya sebagai berikut :³

³ Daryanto (2016)

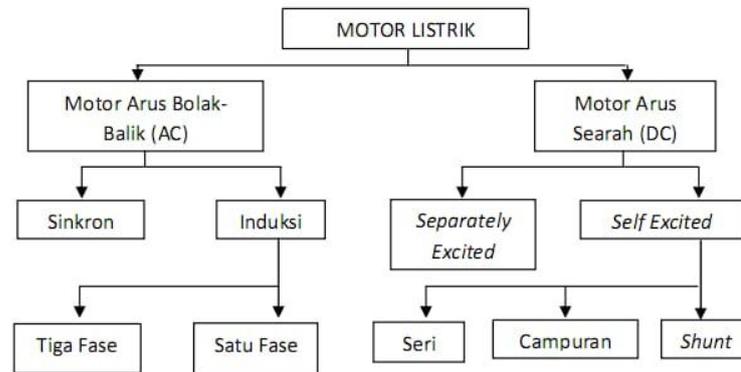
- a. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya
- b. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop, yaitu sudut kanan medan magnet akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan
- c. Pasangan gaya menghasilkan gaya putar/torque untuk memutar kumparan
- d. Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.



Gambar 2. 1 Prinsip dasar kerja motor listrik

Prinsip dasar motor berbasis elektromagnetik adalah memanfaatkan gaya mekanik pada kabel pembawa arus dalam medan magnet. Gaya dapat dijelaskan oleh hukum gaya Lorentz dan tegak lurus terhadap kawat dan medan magnet. Secara umum terdapat 2 macam motor listrik yaitu motor listrik AC dan motor listrik DC, secara umum motor listrik tersebut dapat di klasifikasikan pasokan input, mekanisme konstruksi dan output yang dihasilkan dan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.⁴

⁴ Sumber <https://artikel-teknologi.com/prinsip-kerja-motor-listrik/>



Gambar 2. 2 Jenis utama pada motor listrik

2.3 Motor AC (Alternatif Current)

Motor AC adalah motor listrik yang digerakkan oleh arus bolak-balik (AC). Motor AC biasanya terdiri dari dua bagian dasar, stator luar yang memiliki kumparan yang disuplai dengan arus bolak-balik untuk menghasilkan medan magnet yang berputar, dan rotor dalam yang dipasang pada poros keluaran yang menghasilkan medan magnet putar kedua. Medan magnet rotor dapat dibangkitkan oleh magnet permanen

Motor AC sangat populer terhadap industri-industri karena keadalan dan kemudahan dalam perawatan inilah banyak digemari oleh para pengusaha. Dalam Hal ini motor AC pada umumnya dapat dibedakan menjadi 2 yaitu:

2.4 Motor Induksi (Asinkron)

Menurut Arindya (2013: 50), motor induksi merupakan suatu mesin listrik yang berfungsi merubah energi listrik menjadi energi gerak. Motor Induksi adalah motor listrik yang bekerja berdasarkan arus induksi, Motor induksi selalu bergantung pada perbedaan kecepatan yang kecil antara medan magnet putar stator dan kecepatan poros rotor yang disebut (Slip) untuk menginduksi arus rotor pada belitan rotor AC. Akibatnya, motor induksi tidak dapat menghasilkan torsi mendekati kecepatan sinkron di mana induksi (atau slip) tidak relevan atau tidak ada lagi.



2.4.1 Slip

Kecepatan berputarnya rotor tidak sama dengan kecepatan medan putar. Tetapi hal ini memang harus demikian, sebab bila rotor berputar sama cepatnya dengan medan putar, berarti dalam kawat-kawat rotor tidak akan timbul ggl dan dengan sendirinya tidak akan ada arus yang mengalir. Garis-garis gaya medan putar tidak akan dapat saling berpotongan dengan kawat-kawat rotor, bila masing-masing sama cepat putarannya. Slip adalah persentase selisih antara banyaknya putaran rotor dengan banyaknya putaran medan putar untuk tiap menit yang dinyatakan dengan:

$$S = \left(\frac{n_s - n_r}{n_s} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)^5$$

Dimana : S = slip (%)

ns = putaran medan stator

nr = putaran rotor [rpm]

Kecepatan motor AC ditentukan terutama oleh frekuensi suplai AC dan jumlah kutub pada belitan stator, menurut hubungan:

$$N_s = 120 \cdot F / p \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana : N_s = Kecepatan sinkron, dalam putaran per menit

F = Frekuensi daya AC, dalam siklus per detik

p = Jumlah kutub per belitan fasa

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi 2 kelompok utama yaitu motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa

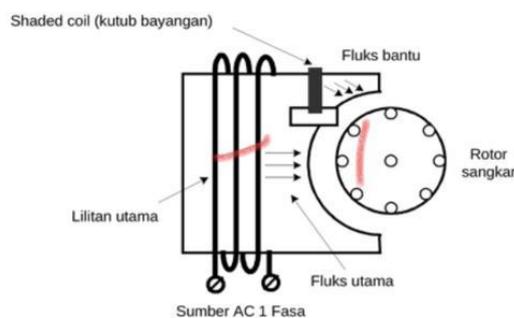
⁵ Sumber <https://www.carailmu.com/2021/12/rumus-dasar-motor-listrik.html?m=1>

2.5 Motor Induksi Satu Fasa

Seperti motor pada umumnya, Motor induksi 1 fasa mempunyai 2 bagian utama pada konstruksinya, yaitu stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang diam pada motor induksi, sedangkan rotor adalah bagian yang bergerak motor induksi. Prinsip kerja motor 1 fasa adalah dengan menggunakan induksi elektromagnetik yang ditimbulkan dari medan magnet antara stator dan rotor. Motor induksi 1 fasa ini mempunyai 3 macam diantaranya adalah:

2.5.1 Motor Shaded Pole

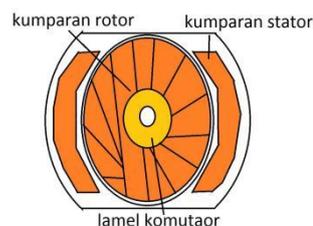
Pada dasarnya motor ini adalah motor sangkar bajing yang kumparannya di beri cincin tembaga yang melingkar di setiap kutubnya yang akan mengakibatkan keterlambatan medan magnet pada bagian kutub.



Gambar 2. 3 Konstruksi motor shaded pole

2.5.2 Motor Universal

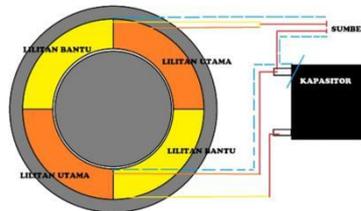
Merupakan motor listrik dengan 2 tenaga sekaligus, pertama tenaga yang dihasilkan dari kumparan stator dan kedua dihasilkan dari kumparan motor



Gambar 2. 4 konstruksi motor universal

2.5.3 Motor Kapasitor

Adalah sebuah jenis motor yang mengandalkan kumparan yaitu kumparan utama dan kumparan bantu.

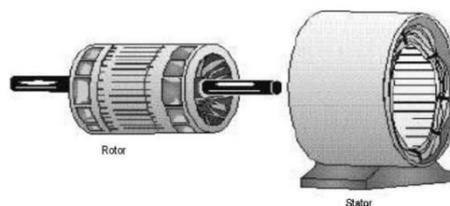


Gambar 2. 5 Konstruksi motor kapasitor ⁶

2.6 Motor Sinkron

Motor sinkron adalah yang dimana pada keadaan tunak rotasi poros disinkronkan dengan frekuensi atau suplai. Motor sinkron tidak bergantung pada induksi slip untuk pengoperasiannya dan menggunakan magnet permanen, memiliki kutub magnet yang menonjol, atau belitan rotor yang dieksitasi secara independen. Motor sinkron menghasilkan torsi pengenalnya pada kecepatan sinkron yang benar

Komponen Komponen utama pada Motor AC ini yaitu:



Gambar 2. 6 Rotor dan Stator

1. Rotor

Rotor adalah komponen yang bergerak dari sistem elektromagnetik pada motor listrik, generator listrik, atau alternator. Rotasinya disebabkan oleh interaksi antara belitan dan medan magnet yang menghasilkan torsi di sekitar poros rotor. Terdapat 2 macam rotor pada motor sikron yaitu 1)Motor sangkar dan 2)Motor

⁶ Sumber <https://www.kelistrikanku.com/2016/10/3-motor-listrik-1-fasa.html?m=1>

belitan. Perbedaan utama antara motor sinkron dan asinkron yaitu motor sinkron berjalan pada kecepatan yang sama pada medan magnet sedangkan motor asinkron tidak atau memiliki slip

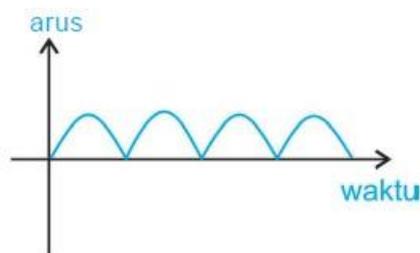
2. Stator

Stator adalah bagian yang diam dan terdiri atas badan motor, stator dibuat dengan sejumlah slot untuk membawa gulungan 1 fasa maupun 3 fasa

2.7 Motor DC (Direct Current)

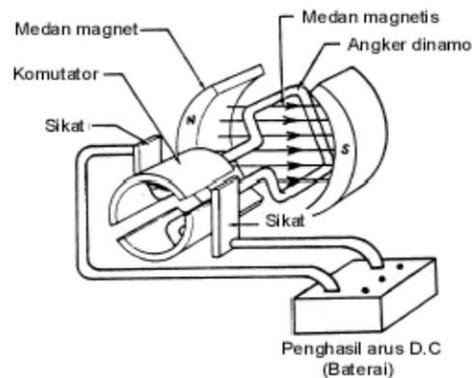
Mesin arus searah pada dasarnya sama dengan mesin arus bolak balik, kecuali bahwa mesin arus searah mempunyai suatu komutator, yang berfungsi mengubah tegangan bolak balik menjadi tegangan searah (Zuhail, 2000: 136).

Motor DC membutuhkan suplai tegangan langsung ke kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika kumparan Jangkar bagian dalam berputar dalam medan magnet, maka akan terjadi tegangan (ggl) yang berubah arah pada setiap setengah putaran.



Gambar 2. 7 Prinsip arus searah

Bentuk paling sederhana ini memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas diantara kutub-kutub magnet permanen, motor DC memiliki bagian-bagian yang penting dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2. 8 Motor DC Sederhana

1, Badan Mesin

Badan mesin ini berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluks magnet kutub magnet yang dihasilkan, jadi itu harus terbuat dari bahan feromagnetik, seperti dari besi cor dan pelat baja.

2, Sikat-sikat

Sikat-sikat ini berfungsi sebagai jembatan untuk aliran arus jangkar dengan bebas.

3, Komutator

Komutator ini berfungsi sebagai penyearah mekanik yang dipakai bersamaan dengan sikat.⁷

4, Jangkar

Jangkar biasa ditempatkan dalam daerah yang induksinya besar, agar GGL induksi yang dihasilkan besar.

5, Belitan Jangkar

Belitan jangkar berfungsi sebagai tempat timbulnya tenaga putaran motor.

6, Inti Kutub magnet

⁷ Sumber <https://wiraelectrical.com/id/komponen-motor-dc/>

Inti kutub magnet ini berfungsi untuk mengalirkan arus listik agar terjadinya proses elektromagnet.

Pada dasarnya motor searah (DC) memiliki belitan arus yang terbagi menjadi 2 yaitu:

(a) Belitan Gelung

Belitan gelung adalah kumparan yang dihubungkan satu dengan yang lainnya hingga dapat dihubungkan dan dibentuk sedemikian rupa hingga kembali ke sisi berikutnya, seperti di tunjukan pada gambar dibawah ini.

(b) Belitan Gelombang

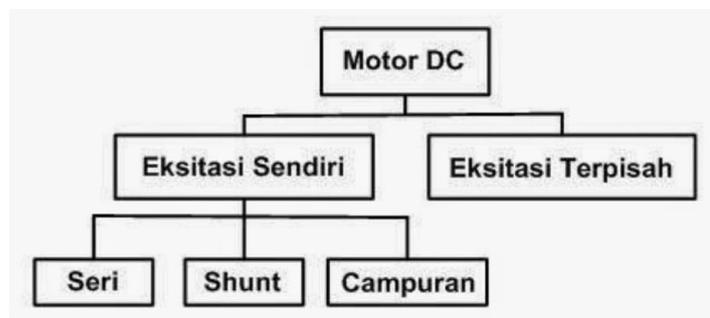
Kumparan pada belitan gelombang dihubungkan serta dibentuk demikian rupa sehingga terbentuk gelombang, seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 9 Bentuk kumparan a)Gelung b)Gelombang

Jenis Jenis Motor DC, Secara umum motor searah memiliki berbagai macam jenis

8



Gambar 2. 10 Jenis-jenis Motor DC

1. Motor Arus Searah Menggunakan Penguat Terpisah

Pada motor jenis ini penguatan magnetnya mendapat arus dari sumbernya sendiri dan terpisah dengan sumber arus ke motor, sehingga baik arus yang diberikan oleh jangkar maupun arus yang diberikan untuk penguat magnet tidak terkait antara satu dengan lainnya.

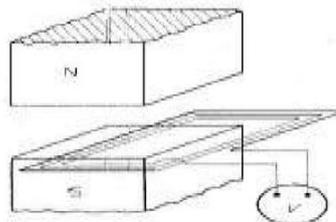
2. Motor Arus Searah Menggunakan Penguat Sendiri

Pada motor jenis ini penguatan magnet didapat dari motor itu sendiri, motor DC dengan penguatan sendiri dapat dibedakan menjadi 3 yaitu

- a) Motor Shunt
- b) Motor Seri
- c) Motor Kompon(Campuran)

2.8 Generator

Generator adalah sumber tegangan listrik yang diperoleh melalui perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga timbul ggl induksi. Daya reaktif yang akan disalurkan ke generator sebanding dengan arus eksitasi. Apabila nilai arus eksitasi naik maka akan membuat nilai daya reaktif yang disalurkan akan naik, sebaliknya apabila nilai dari arus eksitasi turun atau sedikit maka akan membuat nilai dari daya reaktif akan turun (Feliks A. Tiantoro)



Gambar 2. 11 GGL yang di induktasikan disetiap kumparan



Generator sinkron merupakan suatu mesin listrik yang memiliki fungsi untuk menghasilkan energi listrik dengan cara mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik (Armansyah,2016). Generator bekerja berdasarkan hukum faraday yang secara garis besar menyatakan besar dari gaya listrik yang diinduksikan akan berbanding lurus dengan nilai laju perubahan jumlah dari garis gaya yang melalui kumparan.

Kecepatan putaran rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar memiliki kecepatan yang sama dengan medan putar stator, hal menjadi sumber dari kecepatan sinkron pada generator itu sendiri. Rotor generator terdiri dari belitan medan yang disuplai oleh arus searah dan akan menghasilkan medan magnet yang memiliki kecepatan serta arah putar yang sama dengan putaran dari rotor tersebut. Hubungan antara medan magnet mesin dengan frekuensi listrik generator dapat dijelaskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$F = n.p/120.....(2.4)^9$$

Dimana: f = Frekuensi listrik (Hz)

n = Kecepatan putar rotor atau kecepatan putar medan magnet (rpm)

p = Jumlah kutub

2.9 Komponen Generator Sinkron

Generator sinkron memiliki fungsi menghasilkan energi listrik dengan cara mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik bersumber dari penggerak awal yang memutar rotor, sedangkan energi listrik itu sendiri bersumber dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan-kumparan stator (Feliks, 2009).

Struktur kumparan pada generator sinkron ada dua yaitu kumparan yang berfungsi untuk mengalirkan penguatan DC serta kumparan jangkar yang berfungsi sebagai tempat dibangkitkannya GGL arus bolak-balik.

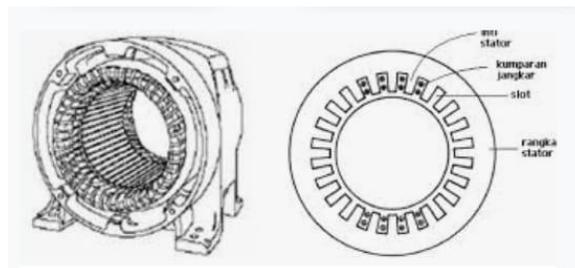
⁹Sumber <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2013/09/Menghitung-Arus-Motor-AC.html?m=1>

Secara garis besar bagian-bagian generator sinkron itu terdiri dari :

1. Stator merupakan bagian diam dari generator.
2. Rotor merupakan bagian dari generator yang bergerak.
3. Celah udara merupakan ruang yang berada diantara stator dan rotor.

2.9.1 Bagian yang diam (stator)

Stator adalah bagian generator yang diam, dan sering disebut juga kumparan medan. Stator tersusun dari beberapa belitan kawat email yang dilapisi bahan isolator. Coil atau sering disebut belitan adalah tempat tegangan terbentuk dan tempat mengalirnya arus. Jumlah dari kumparan akan mempengaruhi kuantitas tegangan keluaran generator.



Gambar 2. 12 Penampang Stator

Komponen dari stator terdiri dari rangka stator, inti stator, alur (gigi) dan gigi, kumparan stator (kumparan Jangkar).

a) Rangka Stator

Pada rangka stator ini terdapat beberapa lubang yang fungsinya sebagai pendingin atau mensirkulasikan udara dan gas disekitarnya.

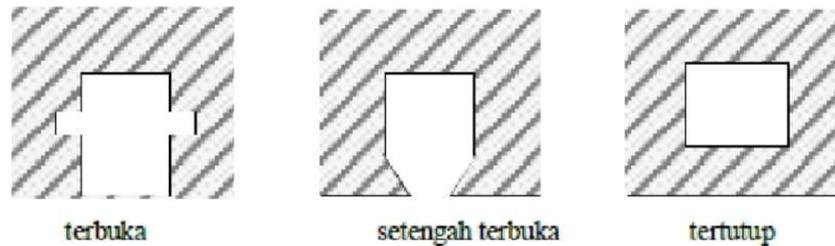
b) Inti Stator

Fungsi nya sama dengan rangka stator sebagai pendingin atau mensirkulasikan udara tetapi pada inti stator lebih difokuskan untuk memperkecil kemungkinan atau nilai dari rugi arus eddy.

c) Alur Slot dan Gigi

Slot merupakan tempat dilteakkannya konduktor atau komparan stator dimana letaknya berada pada bagian dalam di sepanjang keliling stator.

Bentuk dari slot ini terdapat 3 jenis, yaitu slot terbuka, slot setengah terbuka, dan slot tertutup.



Gambar 2. 13 Berbagai jenis bentuk alur slot¹⁰

d) Kumparan Stator

Kumparan Stator adalah tempat timbulnya GGL

2.9.2 Bagian yang bergerak (rotor)

Rotor adalah bagian generator yang bergerak atau berputar. Pada bagian rotor inilah tempat tersusunnya magnet permanen sebagai penghasil medan magnet yang diperlukan dalam pembangkitan tegangan. Pada generator kecepatan rendah dan menengah tipe rotor yang digunakan yaitu kutub menonjol (Salient). Rotor inilah yang akan dihubungkan dengan poros turbin untuk diputar (Charles, 1992). Pada motor terdapat 3 komponen utama yaitu slip ring, kumparan rotor, dan poros rotor. Pada rotor terdapat 3 komponen utama yaitu slip ring, kumparan rotor (kumparan medan), dan poros rotor.

a. Slip Ring

Slip ring atau cincin geser biasanya terbuat dari kuningan ataupun dari tembaga, dimana slip ring tersenut dipasang melingkar pada poros rotor tetapi dipisahkan oleh isolasi tertentu. Terminal rotor dipasangkan ke slip ring kemudian di hubungkan ke sumber arus searah melalui brush yang letaknya terhubung pada slip ring. Slip ring ini kemudian akan berputar bersama-sama dengan poros dan rotor.

¹⁰Parawati, (2017, Karakteristik Generator Sinkron Yang Berbeban Berat Dan Tidak Konstan :Jurnal Ilmiah Genertor Sinkron, <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/ampere/article/download/177> rotor.

b. Kumparan Rotor (Kumparan Medan)

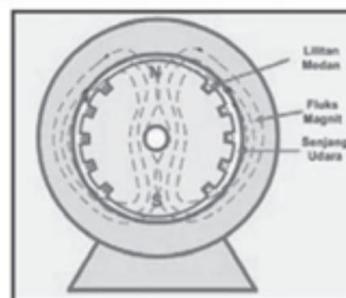
Kumparan rotor atau kumparan medan ini merupakan kumparan yang mendapatkan arus searah yang berasal dari sistem eksitasi tertentu. kumparan rotor ini memiliki peranan penting dalam menghasilkan medan magnet.

c. Poros Rotor

Poros rotor merupakan tempat yang memiliki fungsi untuk melekatkan kumparan medan, diaman poros rotor tersebut telah membentuk slot-slot yang secara paralel terhadap poros rotor. Untuk medan motor sendiri tergantung dari kecepatan mesin yang digunakan. Kutub medan magnet yang digunakan ada 2 yaitu dapat berupa salient pole (kutub menonjol) dan dapat pula non salient pole (kutub silinder) (Sepannur, 2013).

a. Kutub Silinder (Non Salient Pole)

Jenis kutub silinder ini terbuat dari baja yang berbentuk silinder serta memiliki jalur-jalur yang terdapat pada sisi luarnya. Alir-alaur tersebut memiliki fungsi untuk menjadi tempat pemasangan belitan-belitan medan dan dihubungkan dengan slip yang terhubung dengan sistem eksitasi. Kutub silinder memiliki konstruksi dimana kutub magnet rata dengan permukaan rotor.



Gambar 2. 14 Rotor Kutub Silinder (Non Salient Pole) (Feliks, 2009)¹¹

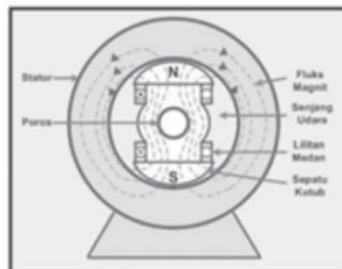
Rotor jenis silinder ini baik digunakan pada kecepatan tinggi (1500-3000 rpm), karena:

¹¹ Feliks, (2009)

- Memiliki konstruksi mekanik yang baik serta beroperasi baik dengan kecepatan tinggi.
- Bentuk gelombang yang dihasilkan saat kondisi distribusi di sekeliling rotor mendekati bentuk sinus.

b. Kutub Menonjol (Salient Pole)

Rotor kutub menonjol atau salient pole ini memiliki jumlah yang banyak serta putaran yang rendah serta belitan-belitan yang ada terhubung seri. Pada jenis rotor ini memiliki kutub magnet yang terlihat menonjol keluar dari permukaan rotor. Rotor tipe kutub menonjol ditandai dengan ukuran rotor yang besar serta memiliki panjang sumbu yang pendek. Apabila belitan medan diberi arus eksitasi, maka kutub yang berdekatan akan membentuk kutub yang saling berlawanan. Bentuk dari rotor jenis kutub menonjol ini dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar 2. 15 Rotor Kutub Menonjol (Salient Pole)(Feliks, 2009)¹²

Rotor jenis kutub menonjol ini baik digunakan untuk putaran rendah ataupun putaran sedang (120-400 rpm), karena :

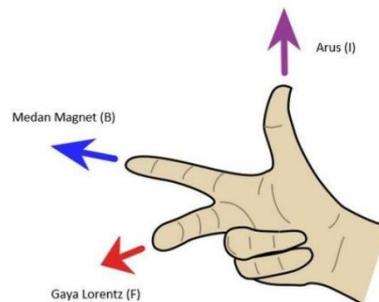
- Rotor jenis kutub menonjol tidak dapat menahan tekanan mekanis yang dihasilkan apabila rotor diputar dengan kecepatan tinggi karena konstruksinya yang tidak cukup kuat.
- Pada saat rotor jenis kutub menonjol ini diputar dengan kecepatan tinggi maka akan menghasilkan rugi-rugi angin yang besar serta akan bersuara bising.

¹² Feliks, (2009)

2.9.3 Celah Udara (Air Gap)

Antara rotor dan kumparan stator terdapat celah, inilah yang disebut dengan celah udara. Jarak antara rotor dan kumparan ini harus diperhitungkan untuk mendapatkan hasil kerja generator yang optimum.

Prinsip generator secara sederhana dapat dikatakan bahwa tegangan diinduksikan pada konduktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya. Hukum tangan kanan Fleming yang berlaku pada generator di tunjukkan pada gambar 2.16 menyebutkan bahwa terdapat hubungan antara penghantar bergerak, arah medan magnet dan arah resultan dari aliran arus yang terinduksi. Apabila ibu jari menunjukkan arah gerakan penghantar, telunjuk menunjukkan arah fluks, jari tengah menunjukkan arah aliran elektron yang terinduksi



Gambar 2. 16 Kaidah tangan kanan

Ibu jari dan telunjuk dibuka, adapun jari tengah setengah dibuka dan tegak lurus terhadap jari telunjuk. Ibu jari tangan kanan menunjukkan arah arus listrik (I) yang mengalir. Telunjuk kemudian menunjukkan arah dari medan magnet. Adapun jari tengah dan telapak tangan kanan menunjukkan arah gaya magnet atau gaya Lorentz. Arah medan magnet dan arus listrik akan selalu tegak lurus. Hal tersebut dikarenakan medan magnet dan arus listrik membentuk gelombang elektromagnetik yang bidangnya tegak lurus satu sama lain, kemanapun arah arus listrik, kita dapat menggunakan kaidah tangan kanan untuk menentukan arah medan magnet dan gaya magnetnya. Sehingga, kaidah tangan kanan dapat mempermudah dalam mempelajari elektromagnetika.

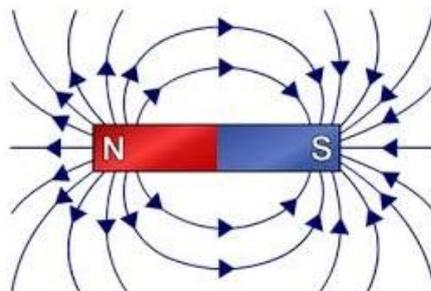
Hukum ini juga berlaku apabila magnet sebagai pengganti penghantar yang digerakkan. Jumlah tegangan yang diinduksikan pada penghantar saat penghantar bergerak pada medan magnet tergantung pada :

- a. Kekuatan medan magnet, makin kuat medan magnet makin besar tegangan yang diinduksikan.
- b. Kecepatan penghantar dalam memotong fluks, makin cepat maka semakin besar tegangan yang diinduksikan.
- c. Sudut perpotongan, pada sudut 90 derajat tegangan induksi maksimum dan tegangan kurang bila kurang dari 90 derajat.
- d. Panjang penghantar pada medan magnet.

2.10 Magnet

Magnet atau magnit adalah suatu obyek yang mempunyai suatu medan magnet. Magnet juga dapat diartikan sebagai suatu benda yang memiliki gejala dan sifat yang dapat mempengaruhi bahan-bahan tertentu yang berada di sekitarnya.

Setiap magnet memiliki 2 kutub yaitu kutub utara (N) dan kutub selatan (S), kutub magnet adalah daerah yang berada pada ujung-ujung magnet dengan kekuatan yang paling besar berada pada kutub-kutub tersebut seperti ditunjukkan pada gambar 2.17



Gambar 2. 17 Fluks medan magnet



Secara garis besar ada 2 jenis magnet berdasarkan terciptanya, yaitu :

A.) Magnet Permanen

Magnet permanen tidak tergantung akan adanya pengaruh dari luar dalam menghasilkan medan magnetnya. Magnet ini dapat dihasilkan oleh alam atau dapat dibuat dari bahan feromagnetik (bahan yang memiliki respon yang kuat terhadap medan magnet)

B.) Elektromagnet

Elektromagnet adalah magnet yang medan magnetnya tercipta karena adanya arus listrik yang mengalir. Semakin besar arus yang diberikan, maka semakin besar pula medan magnet yang dihasilkan.

2.11 Perhitungan Perancangan Generator

Perancangan generator magnet permanen seperti konfigurasi kecepatan putaran rotor generator yang di modelkan dengan kecepatan sebesar 3000 rpm terhadap frekuensi yang dibangkitkan sebesar 50 Hz, celah udara 15 mm dan pembangkitan tegangan yang ditentukan dari jumlah lilitan pada tiap-tiap kumparan yang terpasang pada stator sehingga terhitung pembangkitan GGL dari generator yang menggunakan magnet neodimum N52 adalah sebagai berikut :

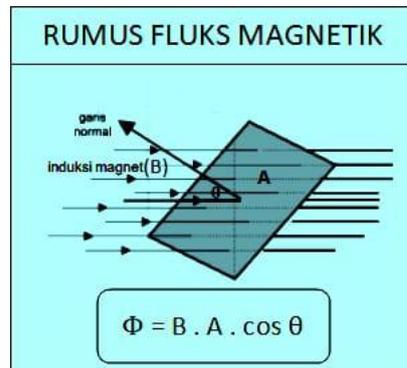
1. Perhitungan jumlah kutub (p) dan jumlah kumparan stator (Ns)

$$n=(120 \times f) / p$$

$$3000=(120 \times 50) / p$$

$$p=2 \text{ kutub magnet}$$

Ggl induksi akan timbul pada ujung-ujung kumparan yang disebabkan adanya perubahan fluks magnetik yang dilingkupi kumparan. Rumus fluks magnetik sebagai berikut.



Gambar 2. 18 Rumus Flulks Magnet

Keterangan :

Φ = fluks magnetik (Wb)

B = Induksi magnetik (T)

A = luas permukaan bidang (m²)

θ = sudut antara B dengan garis normal

Rumus ggl induksi sebagai berikut.

Gambar 2. 19 Rumus GGL Induksi¹³

Keterangan:

ϵ = ggl induksi (volt)

¹³ Sumber: <https://agfi.staff.ugm.ac.id/blog/index.php/2009/01/plc-diagram->



N = banyak lilitan

$\Delta\Phi$ = perubahan fluks magnetik (Wb)

Δt = selang waktu perubahan fluks magnetik (s)

l = panjang kawat penghantar (m)

v = kecepatan kawat penghantar (m/s)

θ = sudut antara v dengan B

A = luas penampang kumparan (m^2)

ω = frekuensi sudut putaran (rad/s)

2.12 Motor Induksi Sebagai Generator

Motor Induksi Sebagai Generator Dalam penelitiannya Hasdziselimovic et al (2013) mengatakan bahwa motor induksi dapat dioperasikan sebagai generator. Generator induksi dipilih karena dianggap tepat untuk diterapkan didaerah terpencil, ini disebabkan generator induksi dapat diterapkan dalam kondisi tanpa jaringan listrik (Gupta dan Wadwhani, 2012),

Juga dalam penelitiannya Farraq dan Putrus (2014) mengungkapkan generator induksi dapat beroperasi secara optimal dalam kondisi stand alone, mudah dioperasikan dan dapat berkinerja secara baik dalam kondisi berbeban. Generator induksi dapat dioperasikan dengan menghubungkan generator dengan mesin penggerak mula-mula. Slip pada generator induksi harus bernilai negatif, agar generator induksi dapat mengeluarkan tegangan pada kedua ujung lilitan kumparan stator (Joni, 2013).

2.13 Efisiensi Generator

Efisiensi merupakan perbandingan yang terbaik antara input (masukkan) dengan output (keluaran). Jati (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa perhitungan efisiensi sangat dipengaruhi oleh perbandingan dari output dan input. Jadi, efisiensi generator induksi dihitung menggunakan persamaan :



$$n = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)^{14}$$

n adalah efisiensi generator (%), P_{out} adalah output generator induksi dan P_{in} adalah daya input generator induksi. Besarnya daya output generator induksi dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$P_{out} = V \times I \times \cos \phi \dots \dots \dots (2.5)$$

V adalah tegangan generator (Volt) dan I adalah arus yang dihasilkan generator (Ampere).

¹⁴ Sumber: <https://www.carailmu.com/2021/12/rumus-dasar-motor-listrik.html?m=1>

