



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

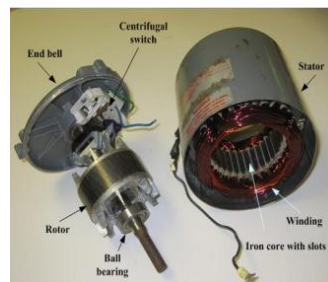
2.1 Motor Induksi

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 rotor 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. Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga.

Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fase dan motor induksi 1-fase. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. 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 sebagainya karena motor induksi 1 fasa mempunyai daya Motor-Motor Listrik keluaran yang rendah.

2.1.1 Konstruksi Motor Induksi

Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.1 sebagai berikut :

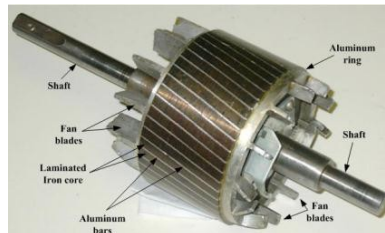


Gambar 2. 1 Rotor dan Stator Motor Induksi



1. Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
2. Celah : Merupakan celah udara: Tempat berpindahnya energi dari startor kerotor.
3. Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet darikumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.

Bentuk konstruksi rotor sangkar motor induksi secara lebih rinci diperlihatkan pada gambar 2.2 :



Gambar 2. 2 Konstruksi Rotor Sangkar Motor Induksi

Konstruksi stator motor induksi pada dasarnya terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

1. Rumah stator (rangka stator) dari besi tuang..
2. Inti stator dari besi lunak atau baja silikon.
3. Alur, bahannya sama dengan inti, dimana alur ini merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan stator).
4. Belitan (kumparan) stator dari tembaga.

Rangka stator motor induksi ini didisain dengan baik dengan empat tujuan yaitu:

1. Menutupi inti dan kumparannya.
2. Melindungi bagian-bagian mesin yang bergerak dari kontak langsung dengan manusia dan dari goresan yang disebabkan oleh gangguan objek atau gangguan udara terbuka (cuaca luar).



3. Menyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung mesin dan oleh karena itu stator didisain untuk tahan terhadap gaya putar dan guncangan.
4. Berguna sebagai sarana rumah ventilasi udara sehingga pendinginan lebih efektif.

Berdasarkan bentuk konstruksi rotornya, maka motor induksi dapat dibagimenjadi dua jenis yaitu :

1. Motor induksi dengan rotor sangkar (squirrel cage).
2. Motor induksi dengan rotor belitan (wound rotor)

Konstruksi rotor motor induksi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

1. Inti rotor, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti stator.
2. Alur, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti. Alurmerupakan tempat meletakkan belitan (kumparan) rotor.
3. Belitan rotor, bahannya dari tembaga.
4. Poros atau as.

Diantara stator dan rotor terdapat celah udara yang merupakan ruangan antara stator dan rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga meyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin.



2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3-fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3-fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar.

Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (ggl) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Penghantar (kumparan) rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator. Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus; dan sesuai dengan Hukum Lenz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan

rotor disebut slip.

Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun. Pada rangka stator terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slot – slotnya 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:



$$N_s = \frac{60 \cdot f}{p} \dots\dots\dots(2.1)^2$$

Dimana:

N_s = Kecepatan sinkron (RPM)

f = Frekuensi (Hz)

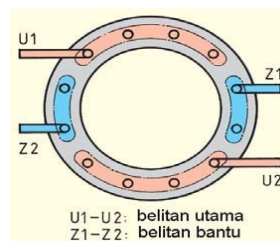
p = Jumlah Kutub

2.2 Motor Listrik 1 Fasa

Motor listrik 1 fasa ini adalah motor listrik yang dijalankan dengan suplay 1 fasa. Suplay 1 fasa adalah listrik pada rumah-rumah komersial bertegangan 220 V. Pada motor listrik 1 fasa motor dibagi menjadi 3 jenis motor. Yaitu : Motor induksi kapasitor, Motor Shaded Pole dan Motor Universal.

2.2.1 Prinsip Kerja Motor Listrik 1 Fasa

Motor AC satu fasa berbeda cara kerjanya dengan motor AC tiga fasa. Pada motor AC tiga fasa, belitan stator terdapat tiga belitan yang menghasilkan medan putar dan pada rotor sangkar terjadi induksi dan interaksi torsi yang menghasilkan putaran. Pada motor satu fasa memiliki dua belitan stator, yaitu belitan fasa utama (belitan U1-U2) dan belitan fasa bantu (belitan Z1-Z2) gambar 2.3.

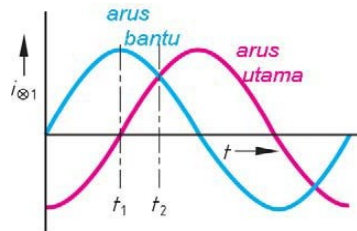


Gambar 2. 3 Prinsip Medan Magnet Utama dan Medan Magnet Bantu
Motor Satu Fasa

² I Nyoman Bagia, dan I Made Parsa, Motor- Motor Listrik (Kupang: CV. Rasi Terbit, 2018), hal 38.

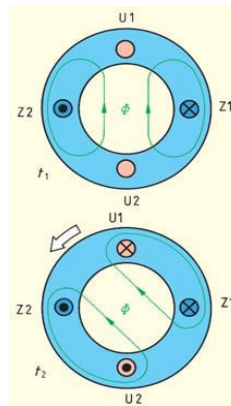


Belitan utama menggunakan penampang kawat tembaga lebih besar sehingga memiliki impedansi lebih kecil. Sedangkan belitan bantu dibuat dari tembaga berpenampang kecil dan jumlahnya lebih banyak, sehingga impedansinya lebih besar dibanding impedansi belitan utama.



Gambar 2. 4 Gelombang Arus Medan Bantu dan Arus Medan Utama

Grafik arus belitan bantu I_{bantu} dan arus belitan utama I_{utama} berbeda fasa sebesar ϕ gambar 2.4, hal ini disebabkan karena perbedaan besarnya impedansi kedua belitan tersebut. Medan magnet utama yang dihasilkan belitan utama juga berbeda fasa sebesar ϕ dengan medan magnet bantu.



Gambar 2. 5 Medan Magnet Pada Stator Motor Satu Fasa ⁶

Belitan bantu Z1-Z2 pertama dialiri arus I_{bantu} menghasilkan fluks magnet Φ tegak lurus, beberapa saat kemudian belitan utama U1- U2 dialiri

⁶ Siswoyo. 2018. *Teknik Listrik Industri Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

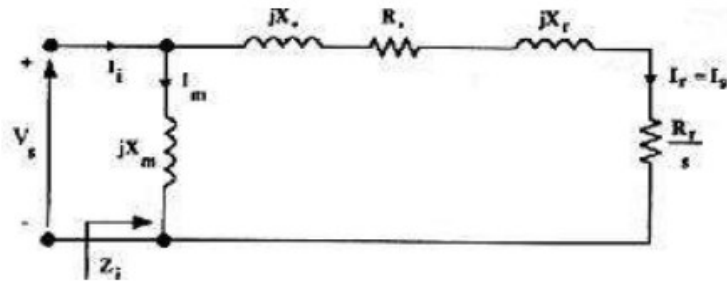


arus utama I_{utama} , yang bernilai positif. Hasilnya adalah medan magnet yang bergeser sebesar 45^0 dengan arah berlawanan jarum jam gambar-2.5. Kejadian ini berlangsung terus sampai satu siklus sinusoida, sehingga menghasilkan medan magnet yang berputar pada belitan statornya.



Gambar 2. 6 Rotor Sangkar

Belitan rotor yang dipotong oleh medan putar stator, menghasilkan tegangan induksi, interaksi antara medan putar stator dan medan magnet rotor menghasilkan torsi putar pada rotor.



Gambar 2. 7 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi 1 Fasa Sederhana ³

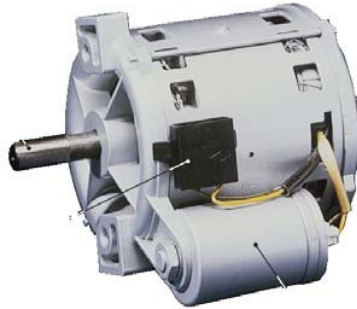
2.2.2 Motor Kapasitor

Motor kapasitor satu fasa banyak digunakan dalam peralatan rumah tangga seperti motor pompa air, motor mesin cuci, motor

³ Ken Hasto dkk, *Kendali Arus Starting Motor Induksi Satu Fasa Menggunakan Magnetic Energy Recovery Switch (Mers)*, 8(2), 12-19, Media ElektriKa, 2015, hal 14.



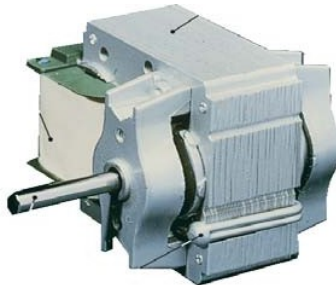
lemari es, motor air *conditioning* gambar 2.7. Konstruksinya sederhana dengan daya kecil dan bekerja dengan suplay PLN 220 V menjadikan motor kapasitor banyak dipakai pada peralatan rumah tangga.



Gambar 2. 8 Bentuk Fisik Motor Kapasitor

2.2.3 Motor *Shaded Pole*

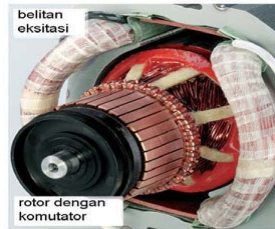
Motor *shaded pole* atau motor fasa terbelah termasuk motor satu fasa daya kecil, banyak digunakan untuk peralatan rumah tangga sebagai motor penggerak kipas angin, blender.



Gambar 2. 9 Bentuk Fisik Motor *Shaded Pole*

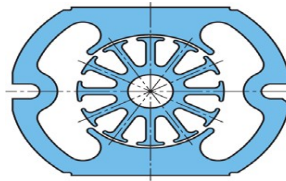
2.2.4 Motor Universal

Motor Universal termasuk motor satu fasa dengan menggunakan belitan stator dan belitan rotor. Motor universal dipakai pada mesin jahit, motor bor tangan. Perawatan rutin dilakukan dengan mengganti sikat arang yang memendek atau peas sikat arang yang lembek. Kontruksinya yang sederhana, handal, mudah dioperasikan, daya yang kecil, torsinya yang cukup besar motor universal dipakai untuk peralatan rumah tangga.



Gambar 2. 10 Komutator Pada Motor Universal

Bentuk stator dari motor universal terdiri dari dua kutub stator. Belitan rotor memiliki dua belas alur belitan gambar-2.9, dilengkapi komutator dan sikat arang yang menghubungkan secara seri antara belitan stator dengan belitan rotornya. Motor universal memiliki kecepatan tinggi sekitar 3000 rpm. Aplikasi motor universal untuk mesin jahit, untuk mengatur kecepatan dihubungkan dengan tahanan geser dalam bentuk pedal yang ditekan dan dilepaskan.



Gambar 2. 11 Stator dan Rotor Motor Universal

2.3 Generator Asinkron

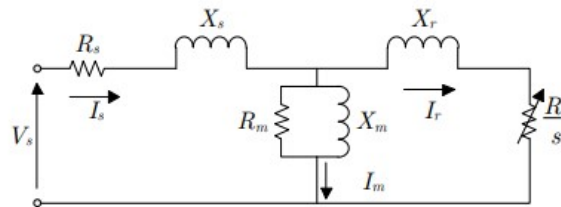


Gambar 2. 12 Generator Asinkron

Generator merupakan alat yang digunakan untuk mengubah daya poros turbin (putaran) menjadi daya listrik. Untuk aplikasi dengan sistem AC ada dua tipe generator yang biasa digunakan yaitu generator sinkron dan



asinkron (induksi) 1 fasa maupun 3 fasa. Generator asinkron merupakan generator tidak serempak karena putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan magnet pada stator. Generator ini juga disebut generator induksi.



Gambar 2. 13 Rangkaian Ekuivalen Generator Induksi ⁸

2.3.1 Konstruksi Generator Asinkron

Generator induksi terdiri dari dua bagian utama, yaitu bagian yang berputar disebut rotor, dan bagian yang tidak berputar yang disebut stator.

A. Stator

Stator adalah bagian terluar dari mesin yang merupakan gulungan kawat yang disusun sedemikian rupa dan ditempatkan pada alur-alur inti besi. Bagian stator dipisahkan dengan bagian rotor oleh celah udara yang sempit (air gap). Bagian stator terdiri atas tumpukan laminasi inti yang memiliki alur yang menjadi tempat belitan dililitkan yang berbentuk silinder.

Alur pada tumpukan laminasi inti diisolasi dengan kertas, tiap elemen laminasi inti dibentuk dari lembaran besi. Tiap lembaran besi tersebut memiliki beberapa alur dan beberapa lubang pengikat untuk menyatukan inti. Kawat belitan yang digunakan terbuat dari tembaga yang dilapisi dengan isolasi tipis. Kemudian tumpukan inti dan belitan stator diletakkan dalam cangkang silinder.

⁸ Alan Silva H.F dkk, *Parametric Regression Applied for Determination of Electrical Parameters of Synchronous and Induction Generators Operating in Parallel on the Electrical Energy Repowering System*, 1-21, 14(3875), *Energies*, 2021, hal 4.



B. Rotor

Rotor merupakan bagian yang bergerak pada generator. Ada dua jenis rotor yang biasanya digunakan, yaitu rotor sangkar (squirrel cage rotor) dan rotor belitan (wound rotor).

- Rotor Sangkar Tupai (squirrel cage rotor)

Generator induksi dengan rotor sangkar atau rotor kurungan (Squirrel Cage) adalah konstruksi dari inti berlapis dengan konduktor dipasang paralel dengan poros dan mengelilingi permukaan inti. Konduktornya tidak terisolasi dari inti karena arus motor secara alamiah akan mengalir melalui tahanan yang paling kecil yaitu konduktor rotor. Pada setiap ujung rotor, konduktor rotor semuanya dihubungkan singkat dengan cincin ujung. Konduktor rotor dan cincin ujung serupa dengan sangkar tupai yang berputar sehingga dinamakan demikian. Rotor sangkar merupakan tipe rotor yang konstruksinya sangat sederhana sehingga harganya pun murah.

- Rotor Cincin Geser (Wound Rotor)

Rotor cincin geser disebut juga rotor belitan atau rotor gelang seret. Pada rotor ini terdapat juga alur-alur yang bentuknya lebih dalam daripada alur-alur pada rotor sangkar. Dalam alur-alur terdapat kawat yang dibelitkan pada sebuah rotor dengan hubungan bintang ataupun hubungan segitiga seperti belitan kawat pada stator. Dengan adanya hubungan ini, maka belitan-belitan pada rotor mempunyai tiga ujung. Ujung belitan rotor dihubungkan dengan suatu tahanan awal melalui tiga buah cincin geser yang ada pada poros. Kemudian melalui cincin geser ini ujung-ujung kumparan jangkar dihubungkan dengan tahanan luar atau dihubungkan singkat.

Rotor jenis ini kurang banyak digunakan dibandingkan dengan rotor sangkar tupai karena harganya yang mahal dan biaya



pemeliharaannya lebih besar. Kekurangan lainnya regulasi kecepatan jelek, apabila bekerja dengan tahanan pada rangkaian rotor. Akan tetapi konstruksi rotor seperti ini memungkinkan penambahan tahanan dari luar sehingga arus saat starting dapat dibatasi serta dapat menghasilkan kopel mula yang lebih besar. Kelebihan lainnya pengaturan kecepatan yang bagus selama bekerja dengan beban konstan.

2.3.2 Prinsip Kerja Generator Asinkron

Prinsip kerja generator induksi adalah kebalikan daripada saat mesin induksi bekerja sebagai motor. Ketika mesin bekerja sebagai motor, kumparan stator diberi tegangan tiga fasa sehingga akan timbul medan putar dengan kecepatan sinkron (n_s). Namun jika motor berfungsi generator, pada rotor motor diputar oleh sumber penggerak dengan kecepatan lebih besar daripada kecepatan sinkronnya.

Bila suatu konduktor yang berputar didalam medan magnet (kumparan stator) akan membangkitkan tegangan sebesar :

$$e = B.l.V \dots\dots\dots (2.2)^5$$

Dimana :

e = tegangan induksi yang dihasilkan [volt]

B = fluks magnetic [weber]

l = panjang konduktor yang dilewati medan magnet [m]

V = kecepatan medan magnet melewati konduktor [m/det]

⁵ S Ingriany Mahaganti dkk, *Pra-desain Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut Menggunakan Generator Asinkron*, E-Journal Teknik Elektro dan Komputer, 2014, hal 4.



Dan bila dihubungkan ke beban akan mengalirkan arus. Arus pada rotor ini akan berinteraksi dengan medan magnet pada kumparan stator sehingga timbul arus pada kumparan stator sebagai reaksi atas gaya mekanik yang diberikan. Pada proses perubahan motor induksi menjadi generator induksi dibutuhkan daya reaktif atau daya magnetisasi untuk membangkitkan tegangan pada terminal keluarannya. Dalam hal ini yang berfungsi sebagai penyedia daya reaktif adalah kapasitor yang besarnya disesuaikan dengan daya reaktif yang diperlukan.

2.3.3 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:

$$S = \frac{ns - nr}{ns} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

S = slip (%)

ns = putaran medan stator (RPM)

nr = putaran rotor (RPM)

Nilai nr diperoleh dari putaran rotor yang dihasilkan oleh prime mover sedangkan nilai ns dihasilkan oleh kumparan yang dialiri oleh arus dengan frekuensi tertentu.



$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

n_s = kecepatan medan putar stator (RPM)

f = frekuensi pada stator (Hz)

P = jumlah kutub magnet

Berubah-ubahnya kecepatan rotor mengakibatkan berubahnya harga slip dari 100% pada saat start mesin induksi ($n_r = 0$) menjadi 0% saat nilai $n_r = n_s$ atau saat kecepatan putar medan stator sama dengan kecepatan putar rotor. Hal ini terjadi jika nilai putaran rotor lebih besar daripada nilai medan putar stator.

2.3.4 Jenis-Jenis Generator Asinkron

Dalam aplikasinya generator induksi dibagi menjadi dua jenis, yaitu generator induksi masukan ganda (Doubly Fed Induction Generator atau DFIG) dan generator induksi berpenguat sendiri (Self Excited Induction Generator atau SEIG). Pembagian jenis generator ini berdasarkan pada sumber eksitasi generator berasal.

A. Generator Induksi Masukan Ganda

Pada generator induksi masukan ganda, eksitasi diperoleh dari jaringan listrik yang telah terpasang. Generator induksi jenis ini menyerap daya reaktif dari jaringan listrik untuk membangkitkan medan magnet yang dibutuhkan. Pada generator ini, terminal keluaran generator dihubungkan dengan inverter yang kemudian dihubungkan dengan bagian rotor generator.

Keuntungan dari generator masukan ganda diantaranya adalah tegangan dan frekuensi yang dihasilkan dapat tetap besarnya walaupun kecepatan putarnya berubah – ubah. Namun generator induksi jenis ini membutuhkan inverter sebagai pengatur tegangan pada rotor dan juga rotor jenis kumparan karena generator ini membutuhkan sumber pada



rotornya. Sehingga tidak semua jenis mesin induksi dapat digunakan sebagai generator induksi jenis ini.

Selain itu juga generator ini membutuhkan adanya jaringan listrik untuk dapat beroperasi, karena sumber daya reaktif yang dibutuhkan oleh generator berasal dari jaringan. Sehingga apabila tidak ada jaringan listrik atau generator lain yang memberikan daya reaktif maka generator jenis ini tidak dapat beroperasi. Selain itu jika terjadi gangguan pada jaringan atau blackout jaringan generator ini juga tidak dapat beroperasi.

B. Generator Induksi Berpenguat Sendiri

Pada generator induksi berpenguat sendiri, eksitasi diperoleh dari kapasitor yang dipasang paralel pada terminal keluaran generator. Generator induksi jenis ini bekerja seperti mesin induksi pada daerah saturasinya hanya saja terdapat bank kapasitor yang dipasang pada terminal statornya. Karena sumber eksitasi generator ini berasal dari kapasitor yang dipasang pada terminalnya maka mesin induksi dengan rotor kumparan maupun sangkar bajing dapat digunakan sebagai generator induksi berpenguat sendiri.

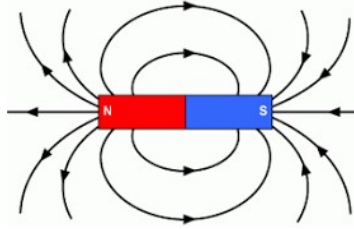
Generator induksi jenis ini memiliki beberapa keuntungan yaitu tidak membutuhkan pengaturan tegangan pada rotornya, tidak memerlukan inverter, desain peralatan yang tidak rumit, harga pembuatan lebih murah, perawatan yang diperlukan murah dan tidak sulit. Namun generator induksi berpenguat sendiri juga dapat beroperasi dalam suatu jaringan listrik dan tetap dapat beroperasi walaupun terdapat gangguan pada jaringan. Oleh karena itu generator induksi berpenguat sendiri lebih fleksibel dalam pengoperasiannya.

2.4 Magnet

Magnet atau magnit adalah suatu obyek yang mempunyai suatu medan magnet. Kata magnet (magnit) berasal dari bahasa Yunani *magnítis*



líthos yang berarti batu Magnesian. Magnesia adalah nama sebuah wilayah di Yunani pada masa lalu yang kini bernama Manisa (sekarang berada di wilayah Turki) di mana terkandung batu magnet yang ditemukan sejak zaman dulu di wilayah tersebut. Kemagnetan adalah suatu sifat zat yang teramati sebagai suatu gaya tarik atau gaya tolak antara kutub-kutub tidak senama maupun senama.



Gambar 2. 14 Sebuah Magnet Batang

Pada saat ini, suatu magnet adalah suatu materi yang mempunyai suatu medan magnet. Materi tersebut bisa dalam berwujud magnet tetap atau magnet tidak tetap. Magnet yang sekarang ini ada hampir semuanya adalah magnet buatan. Magnet selalu memiliki dua kutub yaitu: kutub utara (north/ N) dan kutub selatan (south/ S). Walaupun magnet itu dipotong-potong, potongan magnet kecil tersebut akan tetap memiliki dua kutub.

Magnet dapat menarik benda lain. Beberapa benda bahkan tertarik lebih kuat dari yang lain, yaitu bahan logam. Namun tidak semua logam mempunyai daya tarik yang sama terhadap magnet. Besi dan baja adalah dua contoh materi yang mempunyai daya tarik yang tinggi oleh magnet. Sedangkan oksigen cair adalah contoh materi yang mempunyai daya tarik yang rendah oleh magnet. Satuan intensitas magnet menurut sistem metrik pada Satuan Internasional (SI) adalah Tesla dan SI unit untuk total fluks magnetik adalah weber. $1 \text{ weber/m}^2 = 1 \text{ tesla}$, yang memengaruhi satu meter persegi.

2.4.1 Sifat-Sifat Kemagnetan

Sifat kemagnetan dapat bersifat tetap dan dapat bersifat sementara. Suatu bahan memiliki sifat magnet dapat dijelaskan menurut hipotesa (teori)



Weber. Benda-benda yang ada di sekitar kita berdasarkan sifat kemagnetannya dapat di bedakan menjadi 2 macam, yaitu :

1. Benda Magnetik

Benda magnetik adalah benda-benda yang dapat dipengaruhi (di tarik/ditolak) oleh magnet. Benda magnetik dapat di bedakan menjadi 3 yaitu :

- Feromagnetik, yaitu benda-benda yang dapat di tarik kuat oleh magnet dan dapat di buat menjadi magnet.

Contoh : besi, baja, cobalt, nikel

- Paramagnetik, yaitu benda-benda yang di tarik lemah oleh magnet dan tidak dapat di tarik magnet.

Contoh : mangan, platina, aluminium dan uranium

- Diamagnetik, yaitu benda-benda yang seolah-olah di tolak oleh magnet dan tidak dapat di buat menjadi magnet.

Contoh : bismut, seng, emas

2. Benda non Magnetik

- Benda non magnetik adalah benda-benda yang tidak dapat di tarik oleh magnet.

Contoh : kertas, kayu, palstik, kaca

Berdasar teori Weber ini dapatlah dijelaskan bahwa besi lebih mudah dijadikan magnet dan sebaliknya, mudah juga kehilangan kemagnetannya. Sedangkan baja lebih sukar dijadikan magnet tetapi kalau sudah menjadi magnet maka kemagnetannya bersifat tetap (karenanya disebut magnet permanen). Beberapa bahan, seperti besi lunak, mudah dibuat menjadi magnet. Tetapi bahan tersebut mudah kehilangan kemagnetannya. Magnet yang dibuat dari bahan besi lunak seperti itu disebut magnet sementara. Magnet lain dibuat dari bahan yang sulit dihilangkan kemagnetannya. Magnet demikian disebut magnet tetap. Kobalt, nikel, dan besi adalah bahan



yang digunakan untuk membuat magnet tetap. Banyak magnet tetap dibuat dari campuran aluminium, nikel, kobalt dan besi.

Teori lain tentang sifat magnet adalah teori Weiss yang mendasarkan pada sifat spin elektron. Weiss mengemukakan bahwa setiap elektron yang ada pada atom unsur selalu berputar pada sumbunya dan bersifat sebagai magnet elementer. Arah perputaran (spin) elektron yang satu dengan elektron lainnya dapat saling berlawanan (oleh karena itu jika arah yang satu diberi harga positif maka arah kebalikannya diberiharga negatif). Semakin banyak suatu logam memiliki elektron berspin sama (berarah sama), semakin kuat sifat kemagnetan dari logam itu. Logam transisi tertentu (terutama besi dan campurannya), spin elektronnya dapat diarahkan menjadi spin searah. Kelompok elektron yang mempunyai spin searah disebut kelompok Weiss, kelompok-kelompok Weiss dalam logam akan saling memperkuat dan membuat logam itu bersifat magnet.



Gambar 2. 15 Magnet Tetap yang Menginduksi Besi

Dalam kemagnetan dikenal gaya koersif, yakni gaya atau kekuatan yang dapat mengembalikan keadaan kelompok elektron berspin sama ke keadaan semula. Dalam hal ini, gaya koersif baja lebih besar daripada besi. Karena sentuhan atau karena pemanasan, sifat kemagnetan suatu bahan akan berkurang dan seterusnya dapat hilang sama sekali.

2.4.2 Magnet Tetap

Magnet tetap tidak memerlukan tenaga atau bantuan dari luar untuk menghasilkan daya magnet (berelektromagnetik).Jenis magnet tetap selama ini yang diketahui terdapat pada:

- Magnet neodymium,



Merupakan magnet tetap yang paling kuat. Magnet neodmium (juga dikenal sebagai NdFeB, NIB, atau magnet Neo), merupakan sejenis magnet tanah jarang, terbuat dari campuran logam neodmium,

- Magnet Samarium-Cobalt

Salah satu dari dua jenis magnet bumi yang langka, merupakan magnet permanen yang kuat yang terbuat dari paduan samarium dan kobalt.

2.4.3 Magnet Neodymium



Gambar 2. 16 Magnet Neodymium

Magnet permanen digunakan untuk generator daya kecil hingga menengah. Unsur-unsur alam yang digunakan dalam pembuatan magnet antara lain: besi, aluminium, kobal, nikel, titanium. Kombinasi unsur-unsur alam ini menghasilkan berbagai jenis magnet seperti: Alnico, Ticonal, dan rare-magnet earth.

Rare - magnet earth adalah magnet yang dibuat dengan mengkombinasikan unsur samarium, kobal, neodmium, iron, dan boron sehingga dikenal magnet samarium-kobal (SmCo) dan neodmium-iron-boron (NdFeB atau NIB). Kedua jenis magnet ini merupakan magnet yang sangat kuat.

Senyawa ini memberikan potensi untuk memiliki koersivitas tinggi (yaitu, perlawanan menjadi demagnetized). Oleh karena itu, sebagai kepadatan energi maksimum sebanding dengan Js2 magnet fase ini memiliki potensi untuk menyimpan sejumlah besar energi magnetik ($BH_{max} \sim 512$



kJ/m^3 atau 52 MGOe) dan mempunyai residual fluks density (Br) sebesar 4,5-14,8 KGs/1450- 1480mT, jauh lebih dari kobalt samarium (SmCo) magnet. Dalam prakteknya, sifat magnetik dari magnet neodmium bergantung pada komposisi paduan, struktur mikro, dan teknik manufaktur yang digunakan.

Neodymium magnet Alnico dan ferit magnet dalam banyak aplikasi berbagai teknologi modern di mana magnet permanen yang kuat diperlukan, karena kekuatan mereka lebih besar memungkinkan penggunaan yang lebih kecil. Beberapa contoh aplikasi penggunaannya :

- Untuk komputer hard disk
- Magnetic Resonance Imaging (MRI)
- Pengeras suara dan headphone
- Magnet bantalan dan kopling
- Motor magnet permanen:
- Generator magnet permanen

2.5 Motor Induksi 1 Phasa Sebagai Generator

Motor induksi memiliki kecepatan putar motor selalu lebih kecil dari kecepatan sinkron, sedangkan kecepatan putar rotor pada generator induksi harus dibuat lebih besar dari kecepatan sinkron. Generator induksi dapat dioperasikan dengan menghubungkan motor induksi dengan penggerak seperti turbin air agar motor dapat berputar. Slip pada generator induksi harus bernilai negative, agar generator induksi dapat mengeluarkan tegangan pada kedua ujung lilitan kumparan stator. ⁴

2.5.1 Generator Tanpa Beban

Apabila sebuah motor difungsikan sebagai generator dengan diputar pada kecepatan sinkron dan rotor diberi arus medan (I_f), maka pada

⁴ Alpensus Joni, Skripsi: *Perancangan Generator Menggunakan Motor Induksi 1 Fasa*, (Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma, 2013), hal 12.



kumparan jangkar stator akan diinduksikan tegangan tanpa beban (E_o), yaitu sebesar:

$$E_a = 4,44 \cdot K_d \cdot K_c \cdot f \cdot \phi \cdot T \dots\dots\dots (2.5)^1$$

Dimana :

E_a = Tegangan tanpa beban (Volt)

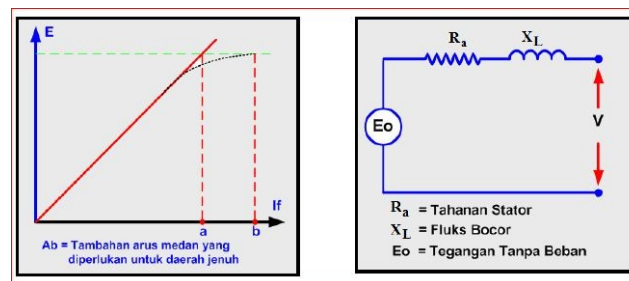
K_d = Faktor Distribusi

k_c = Faktor Kisar

ϕ = Fluks/kutub (Weber, Wb)

T = Jumlah lilitan per fasa

Bila besarnya arus medan dinaikkan, maka tegangan keluaran juga akan naik sampai titik saturasi (jenuh), Kondisi generator tanpa beban bisa digambarkan rangkaian ekuivalennya seperti diperlihatkan pada gambar dibawah`



Gambar 2. 17 Kurva dan Rangkaian Ekuivalen Generator Tanpa Beban

2.5.2 Generator Berbeban

Bila generator diberi beban yang berubah - ubah maka besarnya tegangan terminal V akan berubah - ubah pula, hal ini disebabkan adanya kerugian tegangan pada:

¹ Zuriman Anthony, *Mesin Listrik Dasar* (Padang: ITP Press: 2018), hal 19.



a. Resistansi Jangkar

Resistansi jangkar / fasa R_a menyebabkan terjadinya kerugian tegangan / fasa (tegangan jatuh / fasa) dan $I.R_a$ yang sefasa dengan arus jangkar.

b. Reaktansi Bocor Jangkar

Saat arus mengalir melalui penghantar jangkar, sebagian fluks yang tidak mengimbas pada jalur yang telah ditentukan, hal seperti ini disebut dengan Fluks Bocor.

c. Reaksi Jangkar

Adanya arus yang mengalir pada kumparan jangkar saat generator dibebani akan menimbulkan fluksi jangkar (Φ_A) yang berintegrasi dengan fluksi yang dihasilkan pada kumparan, maka dihasilkan suatu fluksi resultan sebesar:

$$\Phi_R = \Phi_F + \Phi_A \dots\dots\dots(2.6)^7$$

Dimana :

Φ_A = fluksi jangkar (Weber)

Φ_F = fluksi pada kumparan medan rotor (Weber)

2.5.3 Efisiensi Generator

Efisiensi generator induksi dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

⁷ Diky Syahrudin, Skripsi: *Modifikasi Alternator Sepeda Motor menjadi Generator 220 Volt pada Frekuensi 50 Hz*, (Bandung: JBPTPOLBAN, 2013), hal 16.



Dimana :

η = Efisiensi generator (%)

P_{out} = Daya keluaran generator (Watt)

P_{in} = Daya masukan generator (Watt)

2.5.4 Regulasi Tegangan

Regulasi tegangan adalah perubahan tegangan terminal antara keadaan beban nol dengan beban penuh, dan ini dinyatakan dengan persamaan :

$$\text{Regulasi tegangan} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

V_{NL} = Tegangan tanpa beban (Volt)

V_{FL} = Tegangan beban penuh (Volt)

2.6 Dimmer AC 220 Volt

Dimmer AC merupakan salah satu alat tambahan untuk mengatur kecepatan sebuah alat seperti bor atau dinamo. Bentuknya seperti kotak berwarna hitam dengan tombol pengatur kecepatan serta level yang ditunjukkan oleh alat pengatur tersebut.

Kadang disebut juga dengan motor regulator karena sesuai dengan fungsinya yang dapat mengatur gerakan mesin yang bergerak. Cara kerja dimmer yaitu menangkap sinyal AC yang diperoleh lalu diubah menjadi phase yang dapat menurunkan kecepatan.



Gambar 2. 18 Dimmer AC 220 Volt



2.7 Watt Meter Digital

Wattmeter elektronik digital modern/energy meter menghasilkan sampel tegangan dan arus ribuan kali dalam sedetik. Nilai rata-rata tegangan instan yang dikalikan dengan arus adalah true power (daya murni). Daya murni yang dibagi oleh volt-ampere (VA) nyata adalah power factor. Rangkaian komputer menggunakan nilai sampel untuk menghitung tegangan RMS, arus RMS, VA, power (watt), power factor, dan kilowatt-hours (kwh). Model yang sederhana menampilkan informasi tersebut pada layar display LCD. Model yang lebih canggih menyimpan informasi tersebut dalam beberapa waktu lamanya, serta dapat mengirimkannya ke peralatan lapangan atau lokasi pusat.



Gambar 2. 19 Watt Meter Digital

2.8 Rpm Meter DC

Rpm meter DC adalah sebuah generator DC yang memproduksi tegangan keluaran DC yang proporsional dengan kecepatan batang. Terdiri dari magnet permanen dan bagian yang berputar yang terbuat dari koil, dan juga terjadi konversi langsung.

Prinsip kerjanya adalah terjadinya proses konversi langsung antara kecepatan dan tegangan.



Gambar 2. 20 Rpm Meter DC