

PENGUNAAN MOTOR SINKRON TIGA PHASA TIPE *SALIENT POLE* SEBAGAI GENERATOR SINKRON

Denny R. Pattiapon¹⁾, Jacob J. Rikumahu²⁾, Marselin Jamlaay³⁾

^{1,2,3)}Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ambon

¹⁾redgiecilia@gmail.com ²⁾j.j.rikumahu@gmail.com, ³⁾marselin90@gmail.com

ABSTRACT

In operating synchronous motors as synchronous generators, synchronous motors do not have field excitation or self excitation, so a DC voltage power supply that can be adjusted for the rotor field excitation needs is needed. The amplifier or excitation itself is used to produce field excitation on the synchronous motor so that it can operate as a synchronous generator. The DC power supply circuit can be a separate circuit from the generator or an inseparable circuit in this case the generator output voltage is rectified and used as a field excitation power supply. The method used to complete this research is research and development which is a method used to develop certain models, tools or applications based on the research process. Where synchronous motors are operated as synchronous generators using separate field amplifiers, with a load of 0 - 210 Watt, it turns out that What happens is that the greater the load given to the generator, the generator speed and the output voltage generated from the generator decreases, so the generator speed must be stabilized again at 1500 rpm and the output voltage at each phase must be stabilized at 220 VAC, while using own field amplifier with a load of 0-240 Watt, what happens is the generator excitation voltage generated from the field amplifier itself (self excitation) will remain stable, and will be synchronous motor rotation decreases and must be stabilized again at 1500 Rpm rotation, the generator excitation voltage which is supplied from the field amplifier itself remains stable. While the output voltage on the synchronous generator has decreased from 252 VAC at zero load to 220 VAC at maximum load and the current has increased.

ABSTRAK

Dalam mengoperasikan motor sinkron sebagai generator sinkron adalah motor sinkron tidak memiliki penguatan medan atau eksitasi sendiri (*self excitation*), sehingga dibutuhkan catu daya tegangan DC yang dapat diatur untuk kebutuhan eksitasi medan rotor. Penguat atau eksitasi sendiri digunakan untuk menghasilkan eksitasi medan pada motor sinkron agar dapat beroperasi sebagai generator sinkron. Rangkaian catu daya DC dapat berupa rangkaian yang terpisah dari generator ataupun rangkaian yang tidak terpisah dalam hal ini tegangan keluaran (*output*) generator disearahkan dan digunakan sebagai catu daya eksitasi medan. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah riset dan pengembangan yaitu suatu metode yang dipakai untuk mengembangkan model, alat atau aplikasi tertentu berdasarkan proses penelitian. Dimana motor sinkron dioperasikan sebagai generator sinkron yang menggunakan penguat medan terpisah, dengan beban 0 – 210 Watt, ternyata yang terjadi adalah semakin besar beban yang diberikan pada generator, maka putaran generator dan tegangan keluaran yang dihasilkan dari generator mengalami penurunan, sehingga putaran generator harus distabilkan kembali pada putaran 1500 Rpm dan tegangan keluaran pada masing-masing fasa harus distabilkan pada 220 VAC, sedangkan dengan menggunakan penguat medan sendiri dengan beban 0 - 240 Watt, yang terjadi adalah tegangan eksitasi generator yang dihasilkan dari penguat medan sendiri (*self excitation*) akan tetap stabil, dan akan adalah putaran motor sinkron menurun dan harus distabilkan kembali pada putaran 1500 Rpm, tegangan eksitasi generator yang disuplai dari penguat medan sendiri tetap stabil. Sedangkan tegangan keluaran pada generator sinkron mengalami penurunan dari 252 VAC pada beban nol sampai 220 VAC pada beban maksimum dan arus mengalami peningkatan

Kata kunci : Motor Sinkron Tiga Fasa; Self Excitation; Generator Sinkron

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mesin sinkron memiliki konstruksi yang sama, baik sebagai generator maupun motor. Pada kebanyakan mesin sinkron, belitan armaturnya terdapat pada stator dan belitan medannya terdapat pada rotor. Rotor tipe *salient pole* terdiri dari kutub menonjol dengan belitan yang terpusat. Generator sinkron merupakan mesin

sinkron yang digunakan untuk mengubah daya mekanik menjadi daya listrik.

Untuk dapat bekerja sebagai mesin sinkron belitan harus dieksitasi oleh catu daya *Direct Current* (DC). Bila bekerja sebagai motor maka belitan stator dihubungkan pada catu daya *Alternating Current* (AC) dan belitan rotor dieksitasi oleh catu daya DC. Kelebihan utama motor sinkron dibandingkan motor

induksi adalah motor ini dapat digunakan untuk perbaikan faktor daya seperti halnya kapasitor, dimana daya reaktif yang dihasilkan dikembalikan ke jala-jala.

Suatu motor sinkron bila hendak digunakan sebagai generator sinkron maka motor tersebut harus digerakan oleh suatu penggerak mula pada kecepatan sinkron dan belitan rotornya harus dieksitasi melalui suatu catu daya DC. Penguat medan atau eksitasi merupakan pemberian arus listrik untuk membuat kutub magnet pada generator. Dengan mengatur besar kecil arus listrik tersebut, kita dapat mengatur besar tegangan *out put* generator.

Masalah utama dalam mengoperasikan motor sinkron sebagai generator sinkron adalah motor sinkron tidak memiliki penguatan medan atau eksitasi sendiri (*self excitation*), sehingga dibutuhkan catu daya tegangan DC yang dapat diatur untuk kebutuhan eksitasi medan rotor. Penguat atau eksitasi sendiri digunakan untuk menghasilkan eksitasi medan pada motor sinkron agar dapat beroperasi sebagai generator sinkron. Rangkaian catu daya DC dapat berupa rangkaian yang terpisah dari generator ataupun rangkaian yang tidak terpisah dalam hal ini tegangan keluaran (*output*) generator disearahkan dan digunakan sebagai catu daya eksitasi medan.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang masalah diatas maka dapat dirumuskan masalah yaitu bagaimana cara mengoperasikan motor sinkron tiga fasa tipe *salient pole* sebagai generator sinkron.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memperjelas penulisan ini agar lebih terperinci maka masalahnya akan dibatasi pada beberapa hal, sebagai berikut :

1. Motor yang dipakai sebagai generator sinkron adalah motor sinkron tiga fasa 220 V tipe *salient pole*. Untuk menjalankan motor sinkron sebagai generator sinkron diperlukan sumber penguat medan (*excited*) DC.
2. Tipe eksitasi yang digunakan adalah eksitasi/penguatan terpisah (*separately excitation*) dan eksitasi sendiri (*self excitation*).

1.4. Tujuan penulisan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan eksitasi/penguat terpisah pada beban maksimum dengan putaran yang konstan, untuk mendapatkan eksitasi sendiri agar motor sinkron dapat beroperasi sebagai generator sinkron dengan eksitasi sendiri (*self excitation*). Dari data eksitasi terpisah tersebut kemudian dibuat sebuah eksitasi medan sendiri.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (Guntoro, 2008). Energi

mekanik ini digunakan untuk memutar *impeller* pompa, *blower*, menggerakkan kompresor, dan mengangkat bahan. Motor listrik juga digunakan di rumah (*mixer*, bor listrik, kipas angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja”nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Motor listrik hanya memiliki 2 komponen utama yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian motor listrik yang diam dan rotor adalah bagian motor listrik yang bergerak (berputar). Sedangkan berdasarkan sumber tegangan, motor listrik dibagi menjadi 2 lagi, yaitu : Motor Listrik AC (*Alternating Current*) dan Motor Listrik DC (*Direct Current*).

2.1 Motor Listrik AC

Motor listrik AC adalah sebuah motor yang mengubah arus listrik menjadi gerak maupun mekanik dari pada rotor yang didalamnya. Motor listrik AC tidak terpengaruh kutub positif maupun negatif, dan bersumber tenaga listrik. Motor ini berkerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa sumber untuk menimbulkan gaya putar pada rotornya. Motor listrik AC menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu.

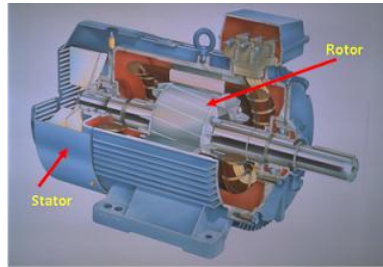
Berdasarkan sumber dayanya, motor listrik AC dibedakan menjadi 2, yaitu sumber daya sinkron dan sumber daya induksi.

2.2 Motor Sinkron

Motor sinkron adalah motor AC, yang berkerja pada kecepatan tetap dan pada sistem frekwensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC), untuk membangkitkan daya dan memiliki torsi awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekwensi, dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistem, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik. Bentuk dari motor sinkron ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Motor sinkron menurut penggunaannya dapat didefinisikan sebagai motor yang mendapat masukan dari tenaga listrik untuk menghasilkan putaran atau memperbaiki faktor daya (Manik, D.N 2012).

Kumparan jangkarnya berbentuk sama dengan mesin induksi, sedangkan kumparan medan mesin sinkron dapat berbentuk kutub sepatu (*salient*) atau kutub dengan celah udara sama rata (*rotor silinder*). Arus searah (DC) untuk menghasilkan fluks pada kumparan medan dialirkan ke rotor melalui cincin dan sikat (Faisal Nisbah. 2013).



Sumber: Manik, D.N, 2012

Gambar 1. Bentuk Motor Sinkron

Disebut motor sinkron karena, putaran motor sama dengan fluks magnet sesuai dengan persamaan (Manik, D.N 2012) :

$$Nr = 120.f/P \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- Nr :kecepatan putar rotor/kecepatan medan magnet (rpm)
- F : Frekuensi listrik (50 Hz – 60 Hz)
- P : Jumlah kutub

Motor sinkron memiliki beberapa keuntungan, antara lain :

1. Daya motor sinkron lebih baik sehingga efisiensi energi sangat besar
2. Putaran tidak berkurang meskipun beban bertambah.
3. Bila terjadi *overload*, maka motor akan langsung berhenti sehingga akan lebih aman.
4. Dapat memperbaiki faktor daya.
5. Dapat beroperasi pada penyetelan arus penguat medan.

Perbedaan utama antara motor sinkron dan motor induksi adalah bahwa rotor motor sinkron bekerja pada kecepatan yang sama dengan perputaran medan magnet. Hal ini memungkinkan karena medan magnet rotor tidak lagi terinduksi. Rotor memiliki magnet permanen atau arus DC *excited*, yang dipaksa untuk mengunci pada posisi tertentu bila dihadapkan dengan medan magnet lainnya.

2.2.1. Prinsip Kerja Motor Sinkron

Motor sinkron mempunyai kumparan jangkar pada stator dan kumparan medan pada rotor. Kumparan jangkarnya terbentuk sama dengan motor induksi, sedangkan kumparan medan rotor sinkron berbentuk kutub sepatu (*salient pole*) atau kutub dengan celah udara sama rata (*rotor silinder*). Arus searah (DC) untuk menghasilkan fluks pada kumparan medan dialirkan ke rotor melalui cincin dan sikat. Apabila jangkar dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa, maka akan menimbulkan medan putar pada stator. Kutub medan rotor yang diberi penguat arus searah mendapat tarikan dari kutub medan stator hingga turut berputar dengan kecepatan yang sama

atau sinkron.

2.2.2 Komponen Utama Motor Sinkron

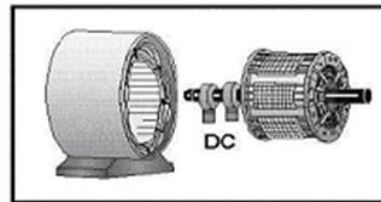
Motor sinkron terdiri dari :

- a. Rangka Stator (*Housing*), terbuat dari besi tuang. Rangka motor merupakan rumah dari bagian-bagian motor yang lain.
- b. Stator, bagian yang diam, terdiri dari belitan-belitan stator. Pada saat belitan stator tersebut diberi aliran listrik maka akan menghasilkan fluks magnet stator (medan putar).
- c. Rotor, bagian yang berputar, terdiri dari belitan-belitan penguat. Inti magnet dan *slip ring* ini berfungsi untuk memasukan listrik DC pada belitan penguat sehingga timbul kutub magnet pada rotor.

Tipe rotor pada motor sinkron :

- Rotor Penuh
- Rotor Kutub
- Cincin Geser atau *Slip Ring*

Rotor ini terbuat dari bahan kuningan atau tembaga yang dipasang pada poros dengan menggunakan bahan isolasi. Jumlah *slip ring* ada 2, yang masing-masing dapat menggeser sikat arang. Positif dan negatif berguna untuk mengalirkan arus penguat magnet rotor. Komponen motor sinkron ditunjukkan pada Gambar 2.



Sumber: Manik, D.N, 2012

Gambar 2. Komponen Motor Sinkron

2.2.3 Karakteristik Motor Sinkron

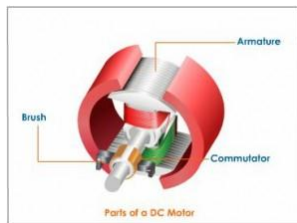
Motor sinkron memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a. Sebuah stator tiga fasa sama dengan motor induksi. Stator yang memiliki tegangan menengah sering digunakan.
- b. Sebuah rotor yang bersinggungan (bidang yang berputar) yang memiliki jumlah kutub yang sama sebagai statornya, dan dipasang oleh sumber eksternal arus DC. Tipe *brush* dan *brushless exciters* digunakan untuk memasok medan arus DC ke rotor. Arus pada rotor membentuk suatu hubungan kutub magnetik Utara-Selatan pada kutub-kutub rotor, yang memungkinkan rotor untuk “mengunci” dengan fluks stator yang berputar.
- c. Dimulai sebagai sebuah motor induksi. Rotor motor sinkron juga mempunyai sebuah *squirrel-cage winding* yang dikenal sebagai *Amortisseur winding*,

- yang berfungsi menghasilkan torsi untuk menyalakan motor.
- d. Motor sinkron akan dijalankan pada kecepatan sinkron
 - e. Motor sinkron dapat bekerja pada power faktor yang berbeda-beda baik power faktor terlambat (*lagging*) atau power faktor mendahului (*leading*) bila arus eksitasi dirubah.
 - f. Motor sinkron tidak dapat start dengan sendirinya. Untuk menjalankan motor sinkron ini memerlukan bantuan peralatan tambahan yang dapat membantu berputar hingga mencapai kecepatan sinkron atau mendekati kecepatan sinkron hingga motor dapat bekerja normal.

2.3 Motor Listrik DC

Motor arus searah merupakan salah satu mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor arus searah banyak sekali digunakan, motor-motor kecil untuk aplikasi elektronik menggunakan motor arus searah seperti : pemutar kaset, pemutar piringan magnetik di *harddisk* komputer, kipas pendingin komputer dll. Gerak atau putaran yang dihasilkan oleh motor arus searah diperoleh dari interaksi dua buah medan yang dihasilkan oleh bagian ‘jangkar’ (*armature*) dan bagian ‘medan’ (*field*) dari motor arus searah. Bagian motor arus DC ditunjukkan pada Gambar 3.



Sumber: Pratama, M.A, 2013

Gambar 3. Bagian Motor Arus Searah

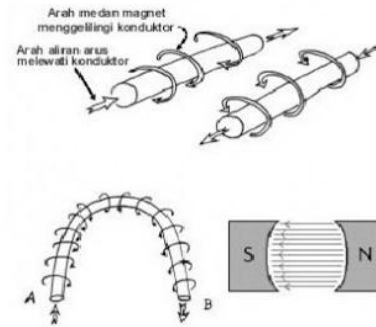
Pada Gambar 3, bagian medan berbentuk suatu kumparan yang terhubung ke sumber arus searah. Sedangkan bagian jangkar ditunjukkan sebagai magnet permanen (U-S), bagian jangkar ini tidak harus berbentuk magnet permanen, bias juga berbentuk belitan yang akan menjadi elektro-magnet apabila mendapatkan sumber arus searah.

Bagian lain yang tidak kalah penting pada motor arus searah adalah adanya ‘komutator’ (*comutator*). Berdasarkan sumber dayanya, motor listrik DC dibedakan menjadi dua, yaitu sumber daya terpisah (*Separately Excited*) dan sumber daya sendiri (*Self Excited*). Keuntungan dari motor DC ini adalah dapat menjaga pasokan daya dengan cara mengendalikan kecepatan. Pengendalian ini dapat dilakukan dengan cara : (1) Mengubah tegangan dinamo, bila dinaikkan maka akan meningkatkan kecepatan, sedangkan bila diturunkan maka akan menurunkan kecepatan. (2)

Mengubah arus medan, kenaikan arus medan sebanding dengan kenaikan kecepatan (Muhammad Arfan P. 2013).

2.3.1 Prinsip Kerja Motor DC

Jika arus melewati sebuah batang konduktor, maka akan timbul medan magnet di sekitar batang konduktor. Prinsip kerja motor DC dimana medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor, ditunjukkan pada Gambar 4.



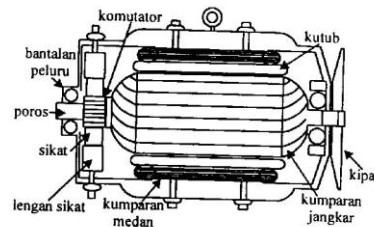
Sumber: Pratama, M.A, 2013

Gambar 4 Prinsip kerja motor DC

Aturan genggam tangan kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis fluks. Pada gambar 2.4, menunjukkan medan magnet yang terbentuk disekitar konduktor berubah arah karena bentuk U. Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor tersebut. Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan diantara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub.

2.3.2 Komponen Utama Motor DC

Motor DC digunakan pada penggunaan khusus, dimana diperlukan penyalaan torsi yang tinggi atau percepatan yang tepat untuk kisaran kecepatan yang luas. Komponen motor DC ditunjukkan pada Gambar 5.



Sumber: Pratama, M.A, 2013

Gambar 5. Komponen Motor DC

Sebuah motor DC mempunyai tiga komponen utama :

a. Kutub Medan

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

b. Dinamo

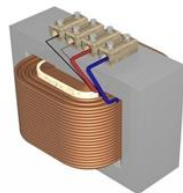
Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti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

c. Komutator

Komutator berguna untuk membalik arah arus listrik dari dalam dinamo. Komutator juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

2.4 Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu (1) atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip kerja induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang listrik maupun elektronika. Bentuk dari transformator ditunjukkan pada Gambar 6.

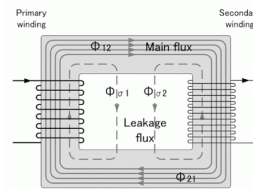


Sumber: Supriyono, M, 2013

Gambar 6. Bentuk Transformator

Penggunaan transformator dalam dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh. Transformator itu sendiri terdiri dari pasangan kumparan primer dan sekunder yang diisolasi (terpisah) secara listrik dan dililitkan pada inti besi lunak. Inti besi lunak dibuat dari pelat besi yang berlapis-lapis untuk mengurangi daya yang hilang

karena arus pusar. Kumparan primer dan sekunder dililitkan pada kaki inti besi yang terpisah. Kumparan primer dan sekunder ditunjukkan pada Gambar 7.



Sumber: Supriyono, M, 2013

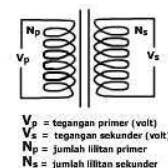
Gambar 7. Kumparan Primer dan Sekunder

Transformator berfungsi untuk merubah besar tegangan sumber agar bisa dimanfaatkan sesuai kebutuhan, transformator bisa menaikkan tegangan listrik dan bisa menurunkan tegangan listrik pada implementasinya transformator digunakan sebagai :

- Power Supply (catu daya)
- Adaptor
- Transmisi Listrik jarak jauh

2.4.1 Hubungan Primer Sekunder

Hubungan primer sekunder ditunjukkan pada Gambar 2.8.



V_p = tegangan primer (volt)
 V_s = tegangan sekunder (volt)
 N_p = jumlah lilitan primer
 N_s = jumlah lilitan sekunder

Sumber: Supriyono, M, 2013

Gambar 8. Hubungan Primer Sekunder

Hubungan antara tegangan primer, jumlah lilitan primer, tegangan sekunder, dan jumlah lilitan sekunder, dapat dinyatakan dalam persamaan dibawah ini :

$$V_p/V_s = N_p/N_s \dots \dots \dots (2)$$

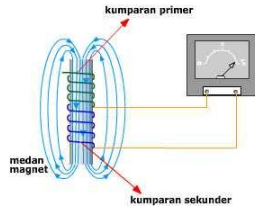
Dimana :

- V_p : Tegangan Primer (Volt)
- V_s : Tegangan Sekunder (Volt)
- N_p : Jumlah lilitan primer
- N_s : Jumlah lilitan sekunder

2.4.2 Prinsip Kerja Transformator

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum Faraday yaitu arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Bila pada salah satu kumparan pada transformator diberi arus listrik bolak balik maka jumlah garis gaya magnet berubah ubah akibatnya pada

kumparan primer terjadi induksi. Kumparan sekunder menerima garis gaya magnet dari kumparan primer terjadi yang jumlahnya juga berubah ubah. Maka pada kumparan sekunder juga timbul induksi dan akibatnya antara dua ujung kumparan terdapat beda tegangan. (Ahadi, M 2013). Prinsip kerja transformator ditunjukkan pada Gambar 9.

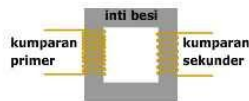


Sumber: Supriyono, M, 2013

Gambar 9. Prinsip Kerja Transformator

2.4.3 Komponen Transformator

Transformator terdiri dari tiga komponen pokok yaitu : kumparan primer yang bertindak sebagai input, kumparan sekunder yang bertindak sebagai output, dan inti besi yang berfungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan. Komponen transformator ditunjukkan pada Gambar 10.

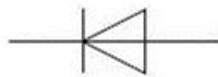


Sumber: Supriyono, M, 2013

Gambar 10. Komponen transformator

2.5 Dioda

Dioda merupakan jenis komponen pasif. Dioda memiliki dua kaki atau kutub yaitu kaki anoda dan kaki katoda. Dioda terbuat dari bahan bahan semi-konduktor tipe P dan semi-konduktor tipe N yang disambungkan. Dioda bersifat menghantarkan arus listrik hanya pada satu arah saja, yaitu kutub anoda kita hubungkan pada tegangan positif (+) dan kutub katoda kita hubungkan pada tegangan negatif (-). Karena sifat dioda yang bekerja sebagai konduktor jika kita beri bias maju dan bekerja sebagai isolator pada bias mundur, maka dioda sering digunakan sebagai penyearah (*rectifier*) arus bolak-balik. Contoh penggunaannya pada rangkaian adaptor, catu daya DC dsb. Simbol dari dioda ditunjukkan pada Gambar 11.

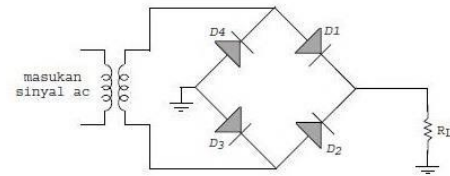


Sumber: Purnama, A, 2012

Gambar 11. Simbol Dioda

Dioda jembatan adalah gabungan dari empat buah dioda yang dirangkai menjadi rangkaian jembatan atau *bridge*. Dioda ini banyak digunakan pada rangkaian catu daya sebagai penyearah gelombang penuh (*full wave rectifier*).

Penyearah gelombang penuh dengan sistem jembatan ini bisa menggunakan sembarang trafo baik yang CT maupun yang biasa, atau bahkan bisa juga tanpa menggunakan trafo. Rangkaian dasarnya adalah seperti pada gambar penyearah gelombang penuh dengan sistem jembatan yang ditunjukkan pada Gambar 12.

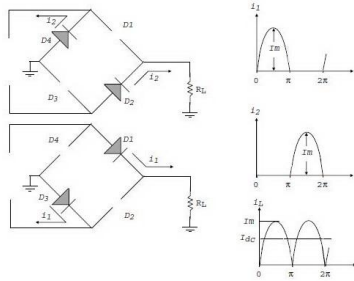


Sumber: Purnama, A, 2012

Gambar 12. Rangkaian Dasar Dioda Jembatan

Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan dapat dijelaskan melalui gambar dibawah. Pada saat rangkaian jembatan mendapatkan bagian positif dari siklus sinyal AC : D1 dan D3 hidup (ON), karena mendapat bias maju D2 dan D4 mati (OFF), karena mendapat bias mundur Sehingga arus i_1 mengalir melalui D1, R_L , dan D3. Sedangkan apabila jembatan memperoleh bagian siklus negatif, maka : D2 dan D4 hidup (ON), karena mendapat bias maju D1 dan D3 mati (OFF), karena mendapat bias mundur Sehingga arus i_2 mengalir melalui D2, R_L , dan D4.

Arah arus i_1 dan i_2 yang melewati R_L sebagaimana terlihat pada gambar penyearah gelombang penuh dengan sistem jembatan diatas.adalah sama, yaitu dari ujung atas R_L menuju ground. Dengan demikian arus yang mengalir ke beban (i_L) merupakan penjumlahan dari dua arus i_1 dan i_2 , dengan menempati paruh waktu masing-masing. Besarnya arus rata-rata pada beban adalah sama seperti penyearah gelombang penuh dengan trafo CT, yaitu: $I_{dc} = 2I_m/p = 0.636 I_m$. Untuk harga VDC dengan memperhitungkan harga V_γ adalah: $V_{DC} = 0,6363 (V_m - 2V_\gamma)$ Harga $2V_\gamma$ ini diperoleh karena pada setiap siklus terdapat dua buah dioda yang berhubungan secara seri. Disamping harga $2V_\gamma$ ini, perbedaan lainnya dibanding dengan trafo CT adalah harga PIV. Pada penyearah gelombang penuh dengan sistem jembatan ini PIV masing-masing dioda adalah: $PIV = V_m$. Prinsip kerja dari dioda jembatan ditunjukkan pada Gambar 13.



Sumber: Purnama, A, 2012

Gambar 13. Prinsip Kerja Dioda Jembatan

2.6 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang mampu menyimpan arus dan tegangan listrik untuk sementara waktu. Seperti juga halnya resistor, kapasitor termasuk salah satu komponen pasif yang banyak digunakan dalam membuat suatu rangkaian. Dalam bidang elektronika, komponen kapasitor disebut juga kondensator. Kapasitor sendiri berasal dari kata *kapasitance* (kapasitas), yang artinya adalah untuk menyimpan arus listrik (didalam istilah elektronika disebut muatan listrik). Jadi kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat diisi dengan muatan listrik kemudian disimpan untuk sementara waktu, selanjutnya dikosongkan melalui sebuah sistem atau dihubungkan ke bumi.

Seperti juga resistor, kapasitor juga mempunyai nilai satuan, yang dinyatakan dengan FARAD (F), nama farad diberikan sebagai penghargaan kepada penciptanya yang bernama Michael Faraday. Satuan farad adalah satuan yang sangat besar dan jarang digunakan dalam percobaan, biasanya digunakan satuan farad tersebut dalam bentuk pecahan.

- 1 farad (F) = 1000000 uF (mikro farad)
- 1 mikro farad (uF) = 1000 nF (nano farad)
- 1 nano farad (nF) = 1000 pF (piko farad)

2.6.1 Fungsi Kapasitor

Pemasangan kapasitor pada suatu rangkaian mempunyai maksud dan tujuan diantaranya :

- a. Sebagai penghubung (*coupling*) yang menghubungkan masing-masing bagian dalam suatu rangkaian.
- b. Memisahkan arus bolak-balik dari arus searah.
- c. Sebagai *filter* yang dipakai pada rangkaian catu daya.
- d. Sebagai pembangkit frekuensi dalam rangkaian pemancar.
- e. Menghemat daya listrik dalam rangkaian lampu TL.

2.6.2 Kapasitor Elektrolit

Kapasitor elektrolit pada umumnya dibuat dengan kapasitas yang besar dan memiliki kehandalan yang tinggi serta awet dalam pemakaiannya. Kapasitor jenis ini banyak dipergunakan dalam rangkaian *catu daya*

(*power supply*). Karakteristik utama adalah kapasitor ini memiliki perbedaan polaritas pada kedua kakinya yaitu kutub positif (+) dan kutub negatif (-), sehingga dalam pemasangannya juga harus diperhatikan karena bila salah menempatkan kakinya terbalik antara positif dengan negatif atau sebaliknya, maka kapasitor ini akan rusak dan bahkan bisa meledak. Untuk membedakan polaritas kakinya biasanya terdapat garis putus-putus atau strip pada bodi kapasitor, maka dapat dipastikan bahwa kaki yang berada dibawah strip itu mempunyai polaritas negatif (-). Besarnya nilai kapasitansi biasanya dituliskan dengan angka pada bodi kapasitor tersebut. Bentuk dari kapasitor elektrolit ditunjukkan pada Gambar 14.



Sumber: Dourangga, 2011

Gambar 14. Bentuk Kapasitor Elektrolit

3. METODOLOGI

Dalam melakukan suatu penelitian perlu menetapkan metode penelitian. Metode Penelitian ini meliputi : hal-hal yang berkaitan dengan alat dan bahan, metode penelitian, jenis data, teknik pengambilan data, diagram alir penelitian (*flowchart*).

3.1 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, penulis memerlukan alat dan bahan yang akan dipakai untuk penelitian ini.

3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Peralatan

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1.	DC Permanent Magnet machine	Type EM-3330-1A Daya 0.4 KW, Tegangan 180 Vdc, Arus 2.7 A, 2500 rpm	1 Buah
2.	Three-Phase Salient Pole Synchronous Machine	Type EM-3330-3A Daya 0.3 KW, Tegangan 220 Vac, Arus 1.17 A, 50/60 Hz, 1500/1800 rpm	1 Buah
3.	Three-Phase AC/DC Power Supply	EM-3310-1B	1 Buah
4.	Three-Phase Current Limit Protection Swicht	EM-3310-2A	1 Buah
5.	Three Phase AC/DC Power Supply	EM-3310-1D	1 Buah
6.	Digital RPM Meter	EM-3310-3G	1 Buah
7.	Digital DC V Meter	EM-3310-3B	2 Buah
8.	Toolbox		1 Set
9.	AVOMeter		1 Buah
10.	Transformator CT	3A/45V	1 Buah
11.	Reactive Compensator	EM-3310-4F	1 Buah

Sumber: penulis, 2019

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Bahan

No.	Nama Bahan	Spesifikasi	Jumlah
1.	Kabel	1 x 2.5 mm NYA	5 meter
		4 x 2.5 mm NYHYrd-O	1 meter
2.	Klem Kabel	9 mm	1 Dos
3.	Papan Simulasi	50 x 100 cm	1 Lembar
4.	Vitting	4 A / 250 V	6 Buah
5.	Lampu pijar	5 watt	3 Buah
		10 watt	3 Buah
		15 watt	6 Buah
		25 watt	6 Buah
		40 watt	3 Buah
		60 watt	3 Buah
75 watt	3 Buah		
6.	Saklar seri		3 Buah
7.	Kapasitor Elektrolit	160V/470µf	1 Buah
8.	Dioda	1n4002	4 Buah

Sumber: penulis, 2019

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah *Riset and Development* (riset dan pengembangan) yaitu suatu metode yang dipakai untuk mengembangkan model, alat atau aplikasi tertentu berdasarkan proses penelitian.

3.3 Jenis Data

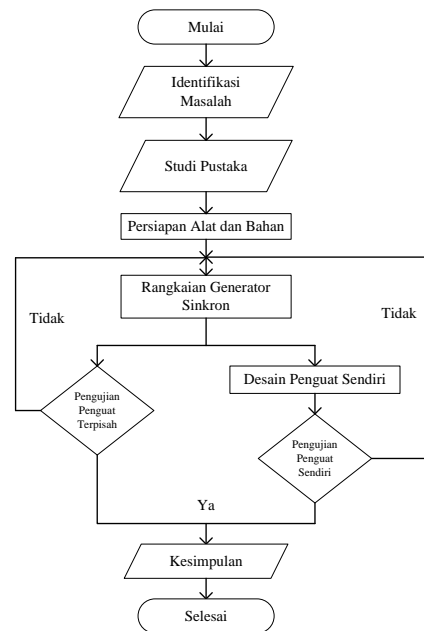
Jenis data yang dipakai dalam melakukan penelitian ini adalah

- a. Data Primer
Data utama yang diperoleh dari hasil pengujian.
- b. Data Sekunder
Data yang didapat dari hasil studi pustaka dan digunakan sebagai data pendukung.

3.4 Teknik Pengambilan Data

- Teknik pengambilan data yang dilakukan adalah
- Observasi yaitu pengumpulan data secara langsung pada lokasi yaitu Bengkel Teknik Elektro pada Politeknik Negeri Ambon.
 - *Literature* (pustaka) yaitu pengumpulan dan pencarian data melalui internet dan buku-buku sebagai referensi yang menunjang hasil penelitian.

3.5 Diagram Alir Penelitian (Flowchart)



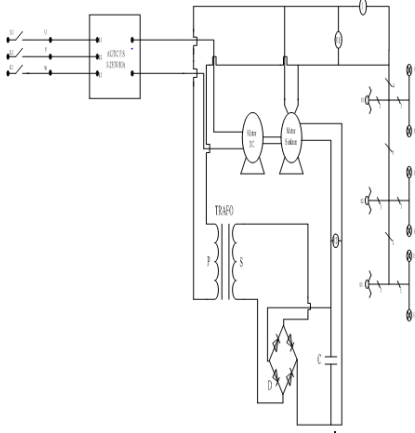
Sumber: penulis, 2019

Gambar 15. Diagram Alir Penelitian (Flowchart)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambar Rangkaian

Tahap pertama dalam melakukan penelitian ini adalah merancang rangkaian pengujian yang terdiri dari beberapa komponen yang dirangkai dalam satu rangkaian. Proses perancangannya dimulai dengan menggambar rangkaian Motor Generator yang akan ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Sumber: penulis, 2019

Gambar 16. Rangkaian Motor Generator

Keterangan :

- L1 : fasa R
- L2 : fasa S
- L3 : fasa T
- U : fasa 1
- V : fasa 2
- W : fasa 2
- S1 : Saklar Seri 1
- S2 : Saklar Seri 2
- S3 : Saklar Seri 3
- H1 : lampu 1
- H2 : lampu 2
- H3 : lampu 3
- H4 : lampu 4
- H5 : lampu 5
- H6 : lampu 6
- C : kapasitor
- V1 : Tegangan output
- V2 : Tegangan eksitasi
- Transformator
- Dioda jembatan
- AC/DC Power Supply
- Motor DC
- Motor Sinkron

4.2 Prinsip Kerja Rangkaian

Prinsip kerja dari rangkaian generator sinkron yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 adalah :

1. Ketika MCB (*Miniature Circuit Braker*) 3 fasa dihidupkan maka arus listrik akan mengalir ke AC/DC Power Supply dengan spesifikasi EM-3310-1B, dan arus listrik akan menghidupkan seluruh instrumen alat ukur yang dipakai pada rangkaian generator sinkron.
2. Catu daya (*power supply*) diatur pada putaran 1500 Rpm dengan tegangan 110 VDC, untuk menjalankan

motor DC yang telah terhubung dengan motor sinkron. Dimana motor sinkron ini yang akan berfungsi sebagai generator sinkron. Penguat medan magnet pada motor sinkron didapat dari transformator yang tegangan sekundernya telah disearahkan. Generator sinkron tersebut setelah berputar akan menghasilkan tegangan keluaran sebesar 252 VAC pada beban nol. Untuk mendapatkan tegangan keluaran, maka generator ini akan dihubungkan dengan beban yang bervariasi. Dimulai dari 30 Watt sampai dengan beban puncak yaitu 240 Watt.

4.3 Langkah-Langkah Merakit Rangkaian Generator Sinkron

Ditunjukkan pada Gambar 4.1, maka langkah-langkah berikut ini untuk merakit suatu motor generator sinkron :

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan dipakai.
2. Menempatkan alat dan bahan pada meja pengujian.
3. Memasang atau mengopel Motor DC dengan Motor Sinkron.
4. Menghubungkan semua peralatan dengan alat ukur sesuai dengan fungsi.
5. Menghubungkan beban dengan rangkaian generator.
6. Setelah selesai pemasangan, lakukan pemeriksaan, dan rangkaian siap untuk di uji coba.
7. Uji coba rangkaian atau alat.
8. Pencatatan hasil pengukuran pada setiap perubahan beban.
9. Menganalisis hasil uji coba rangkaian atau alat.

4.4 Hasil Uji Coba

Setelah selesai menghubungkan semua peralatan maka dilakukan pengujian dengan cara :

1. Saklar catu daya (*switch power supply*) di on-kan.
2. Semua instrumen alat ukur dalam kondisi stabil atau dalam kondisi on.
3. Catu daya (*power supply*) diatur pada putaran 1500 Rpm dengan tegangan 110 VDC, untuk menjalankan motor DC yang telah terhubung dengan motor sinkron.
4. Menaikkan nilai beban sampai dengan beban maksimum dan mencatat semua nilai yang terbaca pada tampilan instrumen alat ukur yang dipakai.
5. Setelah selesai melakukan uji coba, catu daya (*power supply*) dan semua instrumen alat ukur yang dipakai di off-kan.

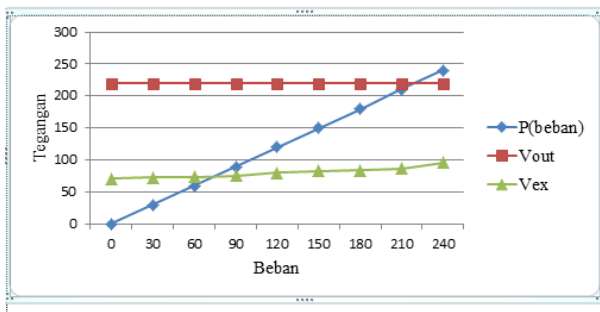
4.5 Pembahasan

4.5.1 Pengujian generator sinkron dengan penguat medan terpisah

Tabel 3. Hasil pengujian dengan penguat medan terpisah (*separately excitation*)

RPM	f	P		V		I		
		P (beban)	P (terbaca)	Vout	Vex	IL1	IL2	IL3
1504.8	50.2 Hz	0	0	220	71	0	0	0
1504.2	50.1 Hz	30	36	220	73	0.05	0.05	0.04
1504.8	50.2 Hz	60	85	220	74	0.13	0.13	0.13
1506	50.2 Hz	90	190	220	76	0.16	0.16	0.15
1504.2	50.2 Hz	120	106	220	80	0.17	0.17	0.16
1505.4	50.1 Hz	150	138	220	83	0.22	0.23	0.20
1503	50.2 Hz	180	151	220	84	0.25	0.24	0.24
1502.4	50.1 Hz	210	182	220	87	0.31	0.29	0.29

Sumber: penulis, 2019



Sumber: penulis, 2019

Gambar 17. Grafik hasil pengujian dengan penguat medan terpisah

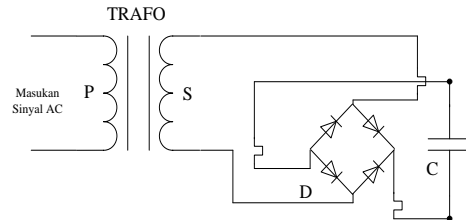
Berdasarkan hasil pengujian dan pengamatan pada saat motor sinkron dioperasikan sebagai generator sinkron yang menggunakan penguat medan terpisah, dengan beban 0 – 240 Watt. Ternyata yang terjadi adalah semakin besar beban yang diberikan pada generator, maka putaran generator dan tegangan keluaran yang dihasilkan dari generator mengalami penurunan, sehingga putaran generator harus distabilkan kembali pada putaran 1500 Rpm dan tegangan keluaran pada masing-masing fasa harus distabilkan pada 220 VAC. Sedangkan tegangan eksitasi yang diberikan oleh penguat medan terpisah harus disesuaikan dengan tegangan keluaran dari masing-masing fasa.

Hasil pengujian generator sinkron dengan penguat medan terpisah ditunjukkan pada Tabel 3, dan grafik hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 17.

4.5.2 Penguat Medan Sendiri

Dari data penguat medan terpisah, maka penulis merakit sebuah penguat medan sendiri (*self excitation*)

yang terbuat dari transformator, dioda jembatan dan sebuah kapasitor elektrolit 160V/470 μ f untuk menghasilkan eksitasi medan pada motor sinkron agar dapat beroperasi sebagai generator sinkron. Rangkaian penguat medan sendiri (*self excitation*) ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Sumber: penulis, 2019

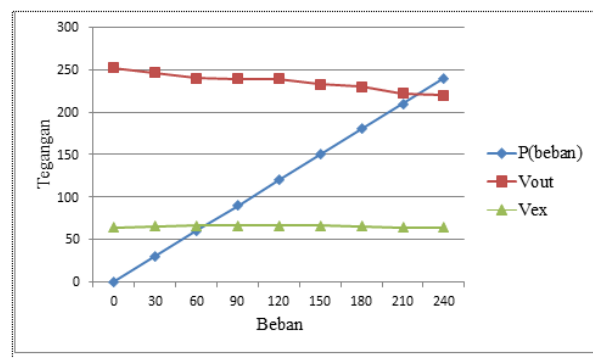
Gambar 18. Rangkaian Penguat Medan Sendiri (*self excitation*)

4.5.3 Pengujian generator sinkron dengan penguat medan sendiri

Tabel 4. Hasil pengujian dengan penguat medan sendiri (*self excitation*)

Rpm	f	P		V		I		
		P (beban)	P (terbaca)	Vout	Vex	IL1	IL2	IL3
1502.4	50.1 Hz	0	0	252	64	0	0	0
1505.4	50.2 Hz	30	36.4	246	65	0.05	0.05	0.05
1506	50.2 Hz	60	87.5	240	66	0.14	0.14	0.13
1504.8	50.1 Hz	90	105	239	66	0.17	0.16	0.16
1501.2	50.1 Hz	120	106	239	66	0.18	0.17	0.16
1506.6	50.2 Hz	150	134	233	66	0.22	0.23	0.20
1504.8	50.1 Hz	180	150	230	65	0.25	0.24	0.23
1502.4	50.1 Hz	210	182	222	64	0.30	0.28	0.28
1503	50.1 Hz	240	222	220	64	0.37	0.34	0.35

Sumber: penulis, 2019



Sumber: penulis, 2019

Gambar 19 Grafik hasil pengujian dengan penguat medan sendiri

Dari hasil pengujian dan pengamatan yang ditunjukkan

pada Tabel 17 dan Gambar 19, dapat dilihat bahwa motor sinkron yang beroperasi sebagai generator sinkron dengan menggunakan penguat medan sendiri dengan beban 0 – 240 Watt, yang terjadi adalah putaran motor sinkron menurun dan harus distabilkan kembali pada putaran 1500 Rpm, tegangan eksitasi generator yang disuplai dari penguat medan sendiri tetap stabil. Sedangkan tegangan keluaran pada generator sinkron mengalami penurunan dari 252 VAC pada beban nol sampai 220 VAC pada beban maksimum dan arus mengalami peningkatan.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan pengujian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Motor sinkron dioperasikan sebagai generator sinkron yang menggunakan penguat medan terpisah, dengan beban 0 – 210 Watt, ternyata yang terjadi adalah semakin besar beban yang diberikan pada generator, maka putaran generator dan tegangan keluaran yang dihasilkan dari generator mengalami penurunan, sehingga putaran generator harus distabilkan kembali pada putaran 1500 Rpm dan tegangan keluaran pada masing-masing fasa harus distabilkan pada 220 VAC.
2. Sedangkan dengan menggunakan penguat medan sendiri dengan beban 0 - 240 Watt, yang terjadi adalah tegangan eksitasi generator yang dihasilkan dari penguat medan sendiri (*self excitation*) akan tetap stabil, dan akan adalah putaran motor sinkron menurun dan harus distabilkan kembali pada putaran 1500 Rpm, tegangan eksitasi generator yang disuplai dari penguat medan sendiri tetap stabil. Sedangkan tegangan keluaran pada generator sinkron mengalami penurunan dari 252 VAC pada beban nol sampai 220 VAC pada beban maksimum dan arus mengalami peningkatan

5.2 Saran

Untuk penelitian yang lebih lanjut dapat dilakukan penelitian dengan motor sinkron yang kapasitas dayanya lebih besar dari 300 Watt dengan beban yang bervariasi agar dapat mengetahui umur pakai dari generator.

DAFTAR PUSTAKA

- Purnama, A 2012. *Definisi dan Prinsip Kerja Motor Listrik*. <http://elektronika-dasar.web.id>. Diakses pada tanggal 31 Maret 2014
- Purnama, A 2012. *Dioda Jembatan*. <http://elektronika-dasar.web.id>. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2014
- Purnama, A 2012. *Prinsip Kerja Motor DC*. <http://elektronika-dasar.web.id>. Diakses pada tanggal 31 Maret 2014
- Manik, D.N 2012. *Motor Sinkron*. <http://dismanmanik.blogspot.com>. Diak

- ses pada tanggal 31 Maret 2014
- Dourangga, 2011. *Kapasitor*. <http://infokomel.wordpress.com>. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2014
- Nizbah, F 2013. *Pengertian dan Prinsip Kerja Motor Sinkron*. <http://faizalnizbah.blogspot.com>. Diakses pada tanggal 31 Maret 2014
- Guntoro, H 2008. *Motor Listrik*. <http://dunia-listrik.blogspot.com>. Diakses pada tanggal 1 April 2014
- Supriyono, M 2013. *Jenis dan Fungsi Trafo*. <http://informasicuy.blogspot.com>. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2014
- Pratama, M.A 2013. *Motor DC*. <http://blogs.itb.ac.id>. Diakses pada tanggal 1 April 2014
- Ahadi, M 2013. *Prinsip Kerja Trafo*. <http://www.masuklis.com>. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2014