

Rancang Bangun Alat Peraga Motor Induksi Tiga Phase

Denny R. Pattiapon¹, Jacob J. Rikumahu²

^{1,2}Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro Polnam

redgiecilia@gmail.com¹, jj.rikumahu@gmail.com²

Abstrak - In fact, the time for practicum activities is very short, while students in the practicum process require a lot of testing and analysis of the practicum. In addition, what makes it difficult for students in the practicum process is the lack and completeness of the induction motor in the Ambon State Polytechnic Electrical Engineering laboratory as an effective support for the practicum process, this is because the existing induction motor and usually used in practicum activities are only artificial induction motors. factory and less varied or irreversible, while in the implementation of practicum in the laboratory, an induction motor module is needed whose parts can be removed one by one so that students can quickly understand and understand the practical implementation. To perform the test, the terminals on the module are connected using a jamper cable, where the greater the number of turns on the stator, the faster the motor speed is, so that the rotation of the motor without load and load has a difference that is not too large with the input voltage of 55 Volts and a frequency of 50 Hz.

Keywords: Three Phase Induction Motor

Abstrak - Pada kenyataannya waktu kegiatan praktikum yang dilakukan sangat singkat, sedangkan mahasiswa dalam proses praktikum tersebut membutuhkan banyak uji coba dan analisa terhadap praktikum. Disamping itu, yang menyulitkan mahasiswa dalam proses praktikum yaitu kekurangan dan kelengkapan akan motor induksi yang ada pada laboratorium Teknik Elektro Politeknik Negeri Ambon sebagai penunjang proses praktikum secara efektif, hal ini disebabkan karena motor induksi yang ada dan biasanya digunakan dalam kegiatan praktikum hanyalah motor induksi buatan pabrik dan kurang bervariasi atau tidak dapat diubah-ubah sedangkan dalam pelaksanaan praktikum di laboratorium dibutuhkan suatu modul motor induksi yang bagian-bagiannya dapat dilepas satu persatu agar mahasiswa lebih cepat memahami dan mengerti dalam pelaksanaan praktikum. Untuk melakukan pengujian, terminal-terminal pada modul tersebut disambung menggunakan kabel jamper, dimana semakin besar jumlah lilitan pada stator maka kecepatan motor semakin cepat, sehingga putaran motor tanpa beban dan berbeban mempunyai selisih tidak terlalu besar dengan tegangan input 55 Volt dan frekuensi 50 Hz.

Kata Kunci : Motor induksi Tiga Phase

I. PENDAHULUAN

Politeknik Negeri Ambon merupakan suatu lembaga yang mendidik sumber daya manusia yang dapat bekerja langsung ke masyarakat, dalam penerapan kurikulum terdapat perlakuan teori dan praktek yang secara perbandingan yaitu teori 40% dan praktek 60%, dengan penerapan 60% praktek mengharuskan sarana yang menunjang praktek tersebut. Jurusan Teknik Elektro memperlakukan sistem tersebut, sehingga ketersediaan peralatan yang menunjang praktek. Salah satunya adalah peralatan motor induksi. Dalam kegiatan praktikum yang dilakukan di laboratorium salah satu faktor penting yaitu dalam pembelajaran tentang motor induksi. Pembelajaran tentang motor induksi merupakan salah satu metode yang dipakai pengajar untuk melakukan proses pembelajaran langsung kepada mahasiswa. Oleh karena itu, dalam penggunaannya dalam proses pembelajaran dibutuhkan fasilitas-fasilitas penunjang, diantaranya yaitu: peralatan praktek yang dapat membantu mahasiswa dengan mudah dapat mengerti dan sesuai dengan prosedur praktek yang diberikan. Pada kenyataannya waktu kegiatan praktikum yang dilakukan sangat singkat, sedangkan mahasiswa dalam proses praktikum tersebut membutuhkan banyak uji coba dan analisa terhadap praktikum. Disamping itu, yang menyulitkan mahasiswa dalam proses praktikum yaitu kekurangan dan kelengkapan akan motor induksi yang ada pada Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ambon sebagai penunjang proses praktikum secara efektif, hal ini disebabkan karena motor induksi yang ada dan biasanya digunakan dalam kegiatan praktikum hanyalah motor induksi buatan pabrik dan kurang bervariasi atau tidak dapat diubah-ubah sedangkan dalam pelaksanaan praktikum di laboratorium dibutuhkan suatu modul motor induksi yang bagian-bagiannya dapat dilepas satu persatu agar mahasiswa lebih cepat memahami dan mengerti dalam pelaksanaan praktikum. Tujuan Penelitian ini adalah merancang bangun alat peraga simulasi motor induksi tiga phase dan melakukan uji coba dan analisa alat tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor induksi

Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor induksi tiga- fasa dioperasikan pada sistem tenaga tiga- fasa dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Bentuk gambaran motor induksi tiga - fasa ditunjukkan pada Gambar 1, dan contoh penerapan motor induksi ini di industri ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Motor Induksi Tiga Phase



Gambar 2. Motor induksi tiga phase yang penerapan pada industri

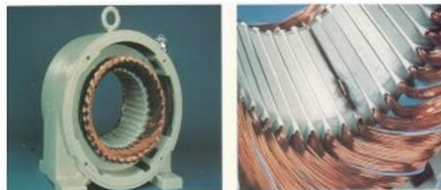
Konstruksi Motor Induksi Tiga Phase

Sebagaimana mesin pada umumnya menunjukkan bahwa motor induksi juga memiliki konstruksi yang sama baik motor DC maupun AC. Konstruksi dimaksud terdiri dari 2 bagian utama yaitu stator dan rotor. Secara lengkap dan detail dari kedua konstruksi, ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Konstruksi Motor Tiga-Phase

Stator, Stator pada motor induksi adalah sama dengan yang dimiliki oleh motor sinkron dan generator sinkron. Konstruksi stator terbuat dari laminasi-laminasi dari bahan besi silikon dengan ketebalan (4 s/d 5) mm dengan dibuat alur sebagai tempat meletakkan belitan/kumparan, secara detail ditunjukkan pada Gambar 4..



Gambar 4. Konstruksi Stator

Dalam alur-alur stator diletakkan belitan stator yang posisinya saling berbeda satu dengan lainnya, sesuai dengan fase derajat listrik yaitu 120° antar fase (motor 3 fase). Jumlah gulungan pada stator dibuat sesuai dengan jumlah 11 kutub dan jumlah putaran yang diinginkan atau ditentukan

Rotor, adalah bagian yang berputar dari motor. Seperti dengan stator atas, rotor terdiri dari satu set laminasi baja beralur ditekan bersama dalam bentuk jalur magnetik silinder dan sirkuit listrik. Rotor menurut jenisnya, salah satu ialah rotor sangkar tupai. Rotor Sangkar Tupai (*Squirrel Cage Rotor*), rotor yang terdiri dari sejumlah lilitan yang berbentuk Batang tembaga yang dihubungkan singkat pada setiap ujungnya kemudian disatukan (di cor) menjadi satu kesatuan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.

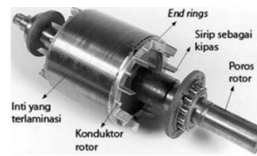


Gambar 5. Rotor

Sumber : Staf Pengajar.2008.Motor Tiga Fasa.<http://kuliahelektro.blogspot.co.id>.

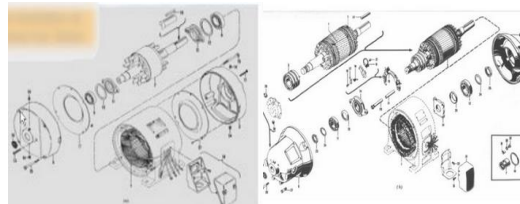
Jenis rotor sangkar tupai, yang terdiri dari satu set tembaga atau potongan aluminium yang dipasang ke dalam slot, yang terhubung ke sebuah akhir-cincin pada setiap akhir rotor. Konstruksi gulungan rotor ini menyerupai 'kandang

tupai'. Potongan aluminium rotor biasanya dicor mati ke dalam slot rotor, yang membuat konstruksinya sangat kasar. Alasan umum yang diperoleh adalah karena konstruksi yang sederhana dan juga lebih murah harganya. Konstruksi rotor berikut ini, menunjukkan konstruksi batang-batang konduktor dari bahan tembaga atau aluminium yang dihubungkan singkat, ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Konstruksi Rotor Sangkar Tupai

Belitan-belitan yang terpasang pada rotor telah diisolasi sebagaimana belitan yang terdapat pada stator. Belitan yang ada pada rotor diletakkan juga pada alur-alur rotor dan pada setiap ujungnya dihubungkan secara langsung pada cincin (slipring) yang posisinya dibagian depan dari rotor serta menjadi satu dengan poros. Belitan rotor ini di desain sama dengan kutub yang dimiliki belitan statornya dan selalu dalam bentuk belitan 3 fasa sekalipun statornya hanya fasa. Pada gambar di bawah ini menunjukkan detail dari konstruksi motor induksi dengan rotor sangkar dan rotor belitan termasuk bagian-bagiannya, ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Konstruksi rotor sangkar dan belitan pada motor induksi tiga-phase

Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Phase

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektro magnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (ggl) atau tegangan induksi dan 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 seandainya arah pergerakan medan induksi stator. 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.

Keuntungan dan kerugian motor induksi tiga phase :

a. Keuntungan penggunaan motor induksi tiga phase

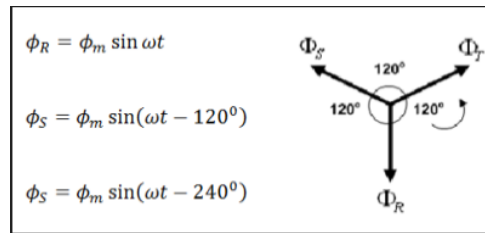
- Konstruksi sangat kuat dan sederhana terutama bila motor dengan rotor sangkar.
- Harganya relatif murah dan keandalannya tinggi.
- Effisiensi relatif tinggi pada keadaan normal, tidak ada sikat sehingga rugi gesekan kecil.
- Biaya pemeliharaan rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan.

b. Kerugian penggunaan motor induksi tiga phase

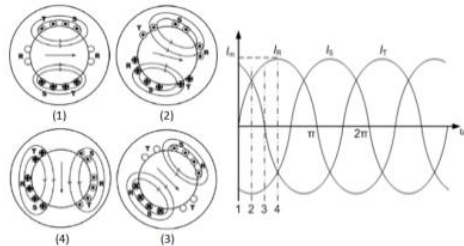
- Kecepatan tidak mudah dikontrol
- Power faktor rendah pada beban ringan
- Arus start biasanya 5 sampai 7 kali dari arus nominal 2.6 Perawatan

Medan Putar Motor Induksi Tiga Phase

Sumber 3 fasa yang di hubungkan ke terminal motor induksi 3 fasa , maka arus bolak-balik sinusoidal I_R , I_S , I_T akan mengalir pada belitan stator. Arus-arus ini akan menghasilkan ggm (gaya gerak magnet), yang mana pada kumparan akan menghasilkan fluks magnetik yang berputar sehingga disebut juga dengan medan putar. Untuk mengetahui bagaimana medan putar dibangkitkan. Sebagai contoh, perhatikan motor induksi tiga-phase dengan jumlah kutub 2 berikut ini, Flux yang dihasilkan arus bolak-balik pada belitan stator, ditunjukkan pada Gambar 9, dan pada Gambar 10.



Gambar 11. Arus bolak-balik pada belitan stator



Gambar 12. Medan putar motor induksi 3 fasa

Maka dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$\text{Jumlah Kutub} : P = \frac{4 \times f}{n_s}$$

$$\text{Fluksi Per kutub} : \phi = \frac{B_{av} \times \pi \times D \times L}{P}$$

$$\text{Tegangan phase} : E_{ph} = 4,44 \times T_{ph} \times \phi \times f \times K_w$$

Slip Motor Induksi Tiga Phase

Slip timbul karena adanya perbedaan antara kecepatan medan putar (synchronous speed) dan kecepatan rotor (rotor speed). Berubahnya kecepatan motor induksi 3 fasa dikarenakan oleh perubahan beban maka harga slip juga berubah dan Ketika motor diam slip mencapai 100% ($n_r = n_s$).

Persamaan slip pada motor induksi tiga phase sebagai berikut :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s}$$

$$n_s = \frac{120 \cdot f_1}{P}$$

Keterangan :

* S : Stator

* n_s : Kec. medan putar (rpm)

* n_r : Kec. rotor (rpm)

* f_1 : Frek. sumber daya (Hz)

* P : Jumlah kutub

2.2. Tachometer

Tachometer adalah sebuah alat untuk mengukur putaran mesin, khususnya jumlah putaran yang dilakukan oleh sebuah poros dalam satu satuan waktu dan sering digunakan pada peralatan kendaraan bermotor. Biasanya memiliki layar yang menunjukkan kecepatan perputaran per menitnya, ditunjukan pada Gambar 11.



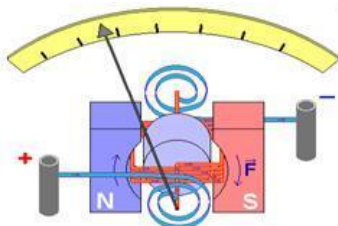
Gambar 11. Tachometer

2.3. Multimeter / AVO meter

Multimeter merupakan salah satu alat ukur listrik yang berfungsi untuk mengukur terhadap besar arus listrik, tegangan dan hambatan listrik.

Prinsip Kerja AVO meter

Didalam AVO meter terdapat kumparan tembaga yang di letakkan di antara dua kutub magnet yaitu N dan S ditunjukkan pada Gambar 12. Dalam kumparan tersebut terdapat jarum penunjuk atau jarum meter yang akan bergerak menunjukkan skala tertentu apabila dua ujung kumparan tersebut dialiri arus listrik.



Gambar 12. Prinsip Kerja AVO meter

Bagian-bagian AVO meter, ditunjukkan pada Gambar 13, yaitu dari bagian-bagian pada AVO meter.



Gambar 13. Bagian-bagian AVO meter

Cara Menggunakan Multimeter Digital

Cara menggunakannya sama dengan multimeter analog, hanya lebih sederhana dan lebih cermat dalam penunjukan hasil ukurannya karena menggunakan display 4 digit sehingga mudah membaca dan memakainya.

- Putar sakelar pemilih pada posisi skala yang kita butuhkan setelah alat ukur siap dipakai.
- Hubungkan probenya ke komponen yang akan kita ukur setelah disambungkan dengan alat ukur.
- Catat angka yang tertera pada multimeter digital.

Penyambungan probe tidak lagi menjadi prinsip sekalipun probenya terpasang terbalik karena display dapat memberitahu, ditunjukkan pada Gambar 14.

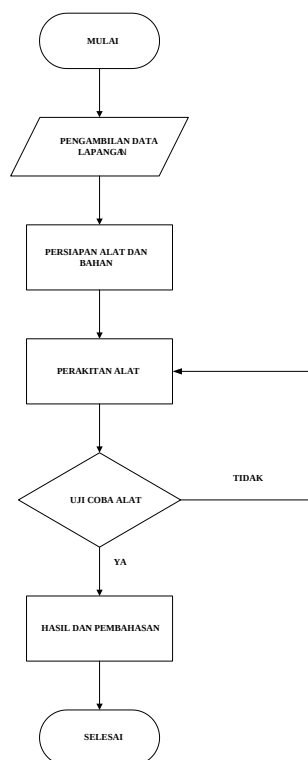


Gambar 14. Avometer Digital

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tipe Penelitian

penelitian ini bersifat eksperimental parameter yang akan dibuktikan secara eksperimental dianalisa dan pengujian secara teoritis berdasarkan teori pendukung. Tahapan penelitian direncanakan seperti diagram alir (*flowchart*) ditunjukkan dalam Gambar 15. Penelitian diawali dengan studi pustaka tentang pengetahuan motor induksi, perancangan dan pembuatan alat. Persiapan penelitian meliputi identifikasi masalah, pengumpulan tools, pengumpulan komponen dan peralatan. Perancangan dan pembuatan alat serta pengujian.

**Gambar 15. Diagram Alir Penelitian**

3.2 Metode Penelitian

Jenis metode yang digunakan adalah metode *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

1. Data Primer yaitu data hasil desain alat, dan data hasil uji coba alat
2. Data Sekunder yaitu data yang didapat dari hasil observasi lapangan.

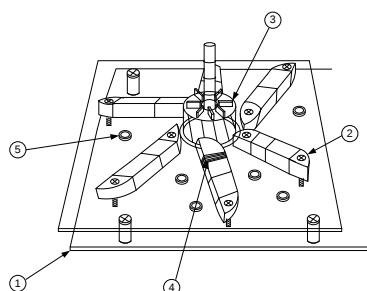
3.4 Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data dapat dilakukan dengan wawancara, literatur dan observasi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan alat

Dalam tahapan ini penulis membuat motor induksi tiga phase yang berfungsi sebagai modul praktikum, ditunjukkan pada Gambar 16.



Keterangan Gambar:

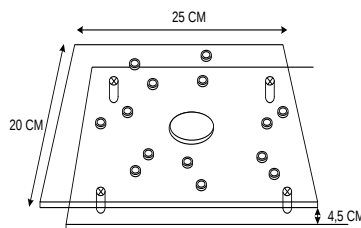
1. Tempat dudukan stator dan rotor
2. Stator
3. Rotor
4. Kawat email
5. Soket

Gambar16. Bentuk Fisik Simulasi motor induksi Tiga Phase

Langkah-langkah pembuatan

Dalam tahapan ini terdapat beberapa tahapan, diantaranya sebagai berikut :

1. Proses pembuatan tempat dudukan alat, tempat dudukan alat berfungsi sebagai dudukan rotor, stator dan terminal (soket), ditunjukkan pada Gambar 17.



Keterangan Gambar :

Panjang : 25 cm

Lebar : 20 cm

Tinggi : 4.5 cm

Gambar 17. Bentuk fisik tempat dudukan alat

2. Proses pembuatan motor, dalam proses pembuatan motor terdiri dari 2 tahapan yaitu, pembuatan rotor dan stator.
 - a. Rotor, penulis menggunakan rotor bekas dari mesin pompa air sebagai pembuatan alat ini, ditunjukkan pada Gambar 18.



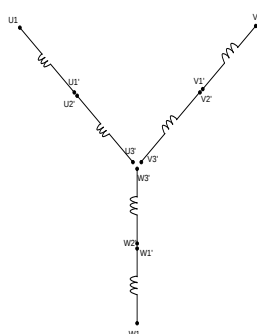
Gambar 18. Bentuk fisik rotor

- b. Stator, penulis menggunakan spul rx king sebanyak enam buah yang di modifikasi pada bagian belitan, ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19. bentuk fisik stator

Rangkaian stator, yang dihubung bintang, ditunjukkan pada Gambar 20.



Gambar 20. Belitan stator yang dihubung bintang

Perhitungan Belitan

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kutub } p &= \frac{120 \times f}{n_s} \\ &= \frac{120 \times 50}{50} \\ &= 120 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fluksi per- kutub } \phi &= B_{av} \cdot \pi \cdot D \cdot \frac{L}{p} \\ &= \frac{0.20 \times 3,14 \times 0.054 \times 0.038}{2} \\ &= 0,644 \times 10^{-3} \text{ wb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan phase : } E_{ph} &= 4,44 \times T_{ph} \times \phi \times f \times kw \\ 55 &= 4,44 \times T_{ph} \times 0,644 \times 10^{-3} \times 50 \times 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka } T_{ph} &= \frac{55}{(4,44 \times 0,322)} \\ &= \frac{55}{0,143} \\ &= 384,615 \text{ Lilit}\end{aligned}$$

4.2 Langkah-langkah merakit

Pada proses merakit alat ini, pertama-tama penulis menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan, kemudian mulai dengan proses perancangan. Pertama bering dimasukkan ke dalamudukan motor dan dipasang di bawah papan pertinax guna sebagaiudukan as rotor. Setelah itu pasang dudukan vambel pada as rotor. kemudian pasang rotor pada papan pertinax. Setelah rotor terpasang pada papan pertinax, pasang vambel. Sesudah itu pasang spul lampu rx king yang sudah di lilit ulang pada mika. Kemudian gabungkan mika yang sudah terpasang spul lampu rx king tersebut. pada papan pertinax yang telah di modifikasi, ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21. Bentuk fisik alat peraga motor induksi tiga phase

4.3 Prinsip kerja alat

Alat yang digunakan di hubung bintang, dalam keadaan nol stator dihubungkan dengan sumber tiga phase yang seimbang yang menghasilkan arus pada setiap belitan phase, yang menimbulkan ggl sehingga rotor dapat berputar.

4.4 Data hasil pengujian

Untuk melakukan pengujian, terminal-terminal pada modul tersebut disambung menggunakan kabel jamper. Dalam pengujian tersebut menggunakan alat-alat ukur sebagai berikut, ditunjukkan pada Tabel 3 :

- Avo Meter
- Tacho Meter

TABEL 3.
HASIL PENGUJIAN

Putaran (rpm)		Tegangan Masuk (Volt)	Frekuensi (Hz)
Beban	Tanpa Beban	55	50
1306,3	3544.4		

V. PENUTUP

Dari hasil pembahasan yang telah dijabarkan, mengenai simulasi motor induksi tiga phase maka di dapat kesimpulan bahwa Semakin besar jumlah lilitan pada stator maka kecepatan motor semakin cepat, dan hasil pengujian dengan menggunakan Avometer dan Tachometer menghasilkan tegangan masuk 55 Volt, frekuensi 50 Hz, putaran tanpa beban 3544,4 dan berbeban 1306,3 rpm, serta hasil rancangan ini dibuat secara transparan dan bisa dilihat langsung dalam bentuk simulasi untuk mengetahui prinsip kerja motor induksi tiga phase. Berdasarkan kesimpulan yang diambil dalam penelitian ini maka peneliti dapat menyarankan hal-hal berikut pada dasarnya untuk mendapat putaran dan torsi tenaga yang ideal adalah dengan menaikkan jumlah lilitan dan besar tegangan secara bersamaan dan perlu diadakan penelitian lebih lanjut agar modul praktek yang dibuat dapat di pergunakan sebaik mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

-
- [1] Sawhney.A.K.1682.Electrical Machine Design.Nai Sarak Delhi.Dhampat Rai & sons.
 - [2] Santoso Hari.2001.Dasar Perancangan Mesin Elektrik.Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.Malang.
 - [3] Zuhail.1991.Dasar Tenaga Listrik.ITB.Bandung.
 - [4] Staf Pengajar.2008.Motor Tiga Fasa.<http://kuliahelektro.blogspot.co.id>.
 - [5] Muhammad Aldrin.2011.Prinsip kerja Induksi Tiga Induksi Fasa.<http://all-thewin.blogspot.co.id> Diakses pada tanggal 15 November 2011.
 - [6] Uswantun hasanah.2013.Pengertian dan prinsip kerja tachometer. <https://www.google.co.id>
 - [7] Sumbono.2015.pengertian-prinsip-kerja-dan-bagian.html. <http://nandarious.blogspot.co.id>