

MAKALAH SEMINAR TUGAS AKHIR

PERANCANGAN MOTOR INDUKSI SATU FASA JENIS ROTOR SANGKAR (*SQUIRREL CAGE*)

Anton Susila

L2F 399366

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Univesitas Diponegoro Semarang

2004

Abstrak

Motor induksi adalah jenis motor yang paling banyak digunakan baik di industri maupun untuk dipergunakan pada rumah tangga. Salah satu jenis motor induksi adalah motor induksi satu fasa. Jenis motor induksi satu fasa sendiri sangat banyak salah satunya adalah motor induksi satu fasa jenis rotor sangkar tupai (squirrel cage). Maka dari itu diperlukan perancangan dengan menggunakan program bantu komputer, agar hasil rancangan yang baik. Perancangan motor induksi akan menghasilkan hasil – hasil perhitungan Dimensi utama, desain stator, desain rotor, dan name plte

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Motor adalah suatu mesin listrik yang berfungsi merubah energi listrik menjadi energi gerak. Jenis – jenis dari motor sangat banyak, salah satunya adalah motor induksi. Salah satu jenis motor induksi adalah motor induksi satu fasa.

Penggunaan motor induksi satu fasa sendiri sangat banyak, antara lain pada pompa air, mesin jahit, kipas angin, kompresor, *air conditioning* (AC), dan lain-lain. Motor induksi satu fasa banyak digunakan karena mempunyai beberapa keuntungan antara lain :

- Biaya investasi awal murah.
- Perawatan murah dan mudah

Perancangan motor induksi sebagai usaha untuk mendapatkan hasil perancangan yang mempunyai unjuk kerja yang baik. Dalam industri mesin listrik, suatu produk tidak hanya mempunyai unjuk kerja yang baik, akan tetapi produk tersebut harus sesuai dengan kebutuhan pasar.

Untuk mendapatkan suatu motor induksi satu fasa yang mempunyai efisiensi tinggi diperlukan suatu perancangan. Proses perancangan dapat dilakukan secara manual, yaitu dengan melakukan perhitungan tahap demi tahap. Perancangan dengan cara ini memungkinkan masih adanya kesalahan perhitungan yang nantinya akan didapatkan

perancangan yang tidak sesuai dengan rencana. Agar didapatkan hasil perhitungan yang diinginkan dan menekan kesalahan maka diperlukan bantuan *software* untuk proses perhitungan.

Tujuan

1. Dapat mengaplikasikan *software* untuk proses perancangan motor induksi satu fasa.
2. Pada akhir perancangan akan di hasilkan suatu perancangan motor induksi satu fasa, dengan hasil keluaran berupa nilai – nilai dari desain stator, desain rotor, dan dimensi utama.

Pembatasan Masalah

1. Jenis motor yang dirancang adalah motor induksi satu fasa jenis rotor sangkar.
2. Perancangan meliputi perancangan dimensi utama, perancangan stator dan perancangan rotor
3. Besarnya daya motor yang dapat dirancang, adalah 1, 3, 5, 10, 20, 50, dan 100 hp.

II DASAR TEORI

2.1 Pendahuluan

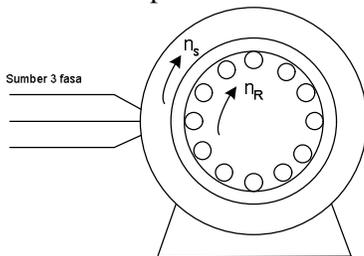
Secara umum motor induksi dibagi menjadi dua buah, yaitu motor satu fasa, dan motor tiga fasa. Secara prinsip cara kerja kedua

jenis ini adalah sama yaitu karena adanya induksi, yaitu adanya medan putar pada belitan utama (stator), medan putar tersebut akan memotong batang – batang rotor, sehingga timbul induksi pada rotor.

2.2 Motor induksi 3 fasa

Prinsip kerja motor induksi tiga fasa adalah sebagai berikut :

1. Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator, timbulah medan putar (n_s), dengan kecepatan = $120 f / p$.
2. Perputaran medan putar pada stator tersebut akan memotong batang – batang konduktor pada bagian rotor.
3. Akibatnya, pada bagian rotor akan timbul tegangan induksi (ggl) sebesar : $E_{2s} = 4,44 f_2 N_2$ (untuk satu fasa), dimana E_{s2} adalah tegangan induksi saat rotor berputar.



Gambar 2.1 Medan putar motor 3 fasa

4. Karena pada rotor timbul tegangan induksi, dan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, sehingga pada rotor akan timbul arus (I).
5. Adanya arus (I) di dalam medan magnet, akan menimbulkan gaya (F) pada rotor.
6. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
7. Seperti telah dijelaskan pada nomor (3) tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi, diperlukan adanya perbedaan antara kecepatan medan

putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r).

8. Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip (S) dinyatakan dengan :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \quad \text{Apabila } n_r = n_s ,$$

tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel.

2.3 Motor induksi satu fasa

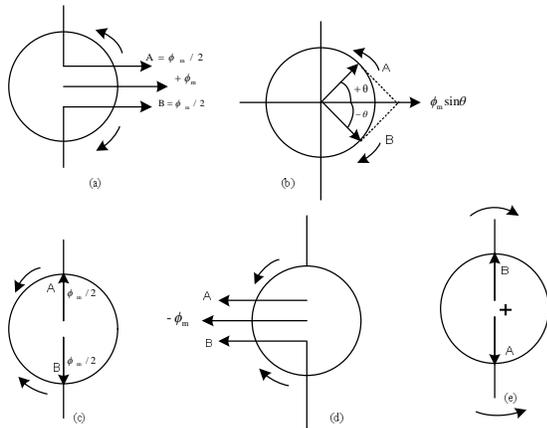
Jenis motor fasa tunggal dengan daya kuda lebih banyak dikenal. Berdasarkan konstruksi dan cara starting, motor satu fasa di klasifikasikan menjadi:

- Motor Induksi (*Split, kapasitor*)
- Motor repulse (*repulsion motor*)
- Motor Seri AC.
- Motor sinkron tanpa eksitasi.

Karakteristik yang dari motor satu fasa ini, diterangkan dengan teori *Double-field Theory*, atau dengan dua medan atau teori gerakan dua medan.

Teori ini menggunakan gagasan dimana suatu poros tunggal yang berpindah yang dapat diasumsikan sebagai perputaran vektor dari setengah magnitudo. Gelombang sinusoidal dapat dipresentasikan oleh dua putaran fluk, yang mempunyai putaran sinkron sebesar ($N_s = 120 f / P$)

Di tunjukkan pada gambar 2.2 (a) dibawah ini fluk mempunyai nilai maksimal. Komponen fluk A dan fluk B masing – masing sama dengan $\phi_m / 2$ bergerak dengan arah berlawanan putaran jam dan searah putaran jam.



Gambar 2.2 Perputaran fluks pada medan

Ketika vektor A dan vektor B dan keduanya pada posisi sudut $+\theta$ dan $-\theta$, yang ditunjukkan pada gambar 2.2 (b), fluks resultan menjadi sebagai berikut :

$$2 \times \frac{\phi_m}{2} \sin \frac{2\theta}{2} = \phi_m \sin \phi .$$

Setelah berputar $\frac{1}{4}$ putaran dari putaran fluks A dan fluks B mempunyai posisi seperti ditunjukkan pada gambar 2.1 (c) dimana fluks resultan akan menjadi nol.

Setelah setengah putaran, resultan dari fluks A dan fluks B akan menjadi

$$- 2 \times \frac{\phi_m}{2} = -\phi_m .$$

Setelah $\frac{3}{4}$ putaran resultan akan kembali bernilai nol seperti terlihat pada gambar 2.2 (e) dan seterusnya.

2.5 Motor induksi Repulsi (*Repulsion induction motor*)

Jenis ini sangat populer karena karena mempunyai karakteristik yang bagus dapat dibandingkan dengan motor DC jenis *compound*. Motor induksi ini merupakan kombinasi dari motor repulsi dengan motor induksi .Pada umumnya semua motor repulsi mempunyai gulungan stator. Tetapi terdapat dua bagian belitan tersendiri didalam rotor yaitu :

- Belitan sangkar tupai (*squirrel cage*).
- Belitan komutator yang serupa dengan armatur DC.

Keduanya ini melilit selama keseluruhan periode dari operasi motor. Belitan komutator

teletak dibagian luar dari slot, sedangkan belitan *squirrel cage* terletak dibagian dalam slot. Saat *start* belitan komutator lebih banyak mensuplai torsi. Belitan *squirrel cage* pada prakteknya yang sedang tidak aktif, karena mempunyai reaktansi tinggi. Ketika rotor berakselerasi, belitan *squirrel cage* mengambil peranan besar terhadap beban

2.6 Motor induksi Satu fasa Jenis rotor sangkar

Dari semua jenis motor arus bolak – balik, jenis induksi yang sering digunakan terutama di industri. Namun jenis motor induksi juga mempunyai kelebihan dan kerugian, antara lain :

Keuntungan :

- Mempunyai konstruksi yang sederhana (Khususnya jenis rotor sangkar tupai)
- Biaya dan waktu perawatan yang rendah.
- Pengaturan *starting* yang sederhana.

Kerugian :

- Variasi kecepatan dapat di variasi, akan tetapi harus mengurangkan efisiensi.
- Seperti pada motor dc, Kecepatan akan menurun apabila ada kenaikan beban.
- Torsi *starting* yang lebih rendah dari pada motor dc shunt.

Konstruksi

Konstruksi dari motor induksi jenis rotor sangkar terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor.

1. Stator

Stator adalah bagian utama dari motor yang diam. Stator merupakan suatu kerangka yang dilaminasi terbuat dari besi tuang atau *aluminium alloy* tuang. Stator mempunyai bentuk alur yang tirus (*tapered*) dengan gigi yang sejajar (*parallel sided*). Alur pada stator adalah tempat kumparan utama dan kumparan bantu berada.

Prinsip dari stator motor induksi sama dengan motor atau generator sinkron. Dengan terdiri dari sejumlah slot yang nantinya untuk menempatkan belitan stator. Slot – slot tersebut ditempatkan dalam suatu rangka besi. Rangka tersebut mempunyai sirip – sirip besi yang

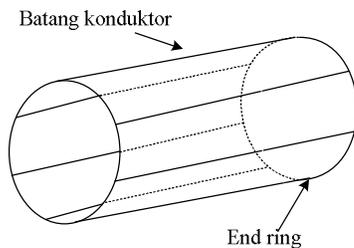
berguna sebagai pendingin motor. Kecepatan medan putar (N_s) pada stator adalah sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120 f}{P}$$

Fluk yang berputar pada stator akan menginduksi ke rotor, sehingga rotor juga akan berputar mengikuti medan putar stator. Diantara putaran rotor (N_r) dan putaran stator (N_s) tidak sama. Perbedaan antara putaran stator dan putaran rotor disebut slip (S).

2. Rotor

Rotor adalah bagian dari motor yang bergerak. Rotor terdiri dari sebuah inti rotor dngan alur yang dilapisi laminasi pada bagian utamanya. Jenis rotor yang banyak digunakan pada motor induksi satu fasa adalah rotor jenis sangkar tupai (squerrel cage rotor). Pada prinsipnya rotor jenis sangkar tupai disusun dari batang – btang konduktor yang kedua ujungnya disatukan oleh cincin hubung singkat (*end ring*). Konstruksi dari rotor sangkar tupai terlihat pada gambar 2.7 berikut ini :



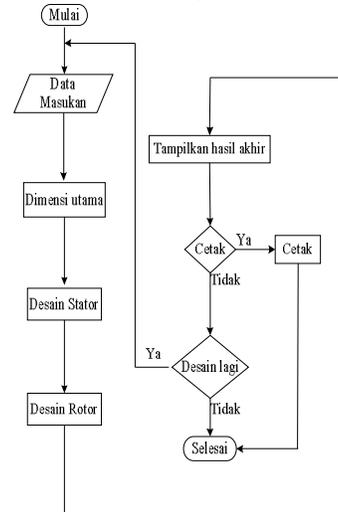
Gambar 2.17 Rotor sangkar tupai (*Squirrel cage rotor*)

Lebih dari 90 persen motor induksi adalah merupakan jenis sangkar tupai, karena jenis rotor sangkar tupai mempunyai konstruksi yang sederhana. Konstruksi dari rotor jenis ini Pada prinsipnya rotor jenis sangkar tupai disusun dari batang – batang konduktor yang kedua ujungnya disatukan oleh cincin hubung singkat (*end ring*)

Bahan yang digunakan sebagai batang – batang konduktor berasal dari tembaga, alumunium, atau dari campuran logam. Satu batang ditempatkan pada tiap slot, Lebih baik batang dimasukkan dari belakang. Batang rotor adalah terhubung secara permanen, oleh karena itu tidaklah dapat menambah suatu resistan dari luar secara seri dengan rotor, yang bertujuan

untuk digunakan pada saat *starting*. Pada motor – motor berdaya kecil, digunakan metode lain pada konstruksinya. Terdiri dari batang – batang rotor dengan cincin akhir (*end ring*) dalam satu tempat. Bahan yang digunakan adalah alumunium atau campuran alumunium dengan logam.

2.4 Flowchart (Diagram Alir)



Pengujian Program

Pengujian program dilakukan dengan cara memasukkan data pada data masukan. Data yang di ambil sebagai contoh adalah sebagai berikut :

- Daya = 1 hp
- Putaran = 1750
- Tegangan = 220 volt

Setelah program dijalankan, maka akan didapatkan hasil sebagai berikut

1. Dimensi Utama

Untuk hasil perhitungan pada Dimensi Utama terdiri dari 6 hasil perhitungan, yang meliputi sebagai berikut :

- Jumlah Kutub = 4
- Koefisien output = 9,24
- D^2L = 512.3
- Diameter Lubang = 8.7
- Panjang Besi = 6.8
- Kisar Kutub = 68.911
- Panjang bersih = 5.81
- Daya semu (Q) = 1.38 hp

2. Desain Stator

Untuk hasil perhitungan pada Desain Stator terdiri dari 12 hasil perhitungan, yang meliputi sebagai berikut :

- Fluk per Kutub = 185762.41 maxwels
- Jumlah Alur = 36
- Kisar Alur = 2.73
- Faktor Kumparan = 0.75
- Arus stator = 6.28 Ampere
- Jumlah belitan stator = 559
- Panjang penghantar = 25.01
- Hambatan stator (R_s) = 1.47
- Bahan Isolasi = Kapas atau kertas
- Kelas isolasi = Kelas Y
- Suhu maksimal = 90^0 celcius
- Rugi besi = 57.92 watt

3. Desain Rotor

Untuk hasil perhitungan pada Desain Rotor terdiri dari 6 hasil perhitungan, yang meliputi sebagai berikut :

- Celah udara = 0.30
- Diameter Rotor = 5.30
- Jumlah alur = 54
- Luas alur = 1080
- Luas cincin akhir = 86.40
- Diameter cincin = 3.30

Pengoperasian Program

Pembuatan perangkat lunak menggunakan bahasa program Borlan Delphi. Borland Delphi digunakan sebagai tampilan dan juga sebagai proses perhitungan. Terdapat 6 buah *form*, yaitu terdiri dari :

- *Form cover*
- *Form data masukan*
- *Form dimensi utama*.
- *Form desain stator*
- *Form desain rotor*
- *Form hasil akhir*

Bentuk program adalah bentuk aplikasi, sehingga dalam menjalankan program tidak diperlukan *software*. Cara menjalankan program adalah sebagai berikut :

- Jalankan nama file Perancangan Motor.exe

- Setelah program dijalankan akan masuk pada *form cover* seperti pada gambar 6.1 berikut ini



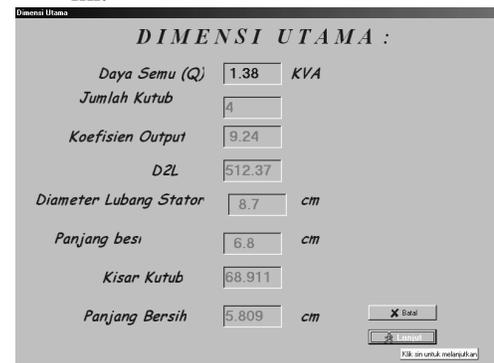
Gambar 6.1 *Form cover*.

- Klik menu *File* lalu *Run Program*, setelah itu akan masuk pada *form data masukan* seperti pada gambar 6.2 berikut ini



Gambar 6.2 *Form data masukan*

- Untuk mengisi data masukan, klik tombol isi data (Alt + I).
- Memasukan data yang berupa, tegangan, kecepatan, dan daya, setelah itu klik lanjut (Alt + L).
- Setelah masuk pada *form dimensi utama*, seperti pada gambar 6.3 berikut ini.



Gambar 6.3 *Form dimensi utama*

Pada *form* ini terdapat hasil hitungan untuk dimensi utama.

- Klik lanjut (Alt + L), akan tampil *form* desain stator, seperti pada gambar 6.4.
- Menentukan suhu maksimal mesin

Gambar 6.4 *Form desain stator*

- Klik Lanjut (Alt + L). Akan muncul hasil perhitungan *form* desain rotor, seperti ditunjukkan pada gambar 6.5 berikut ini :

Gambar 6.5 *Form desain rotor*

- Klik Lanjut (Alt + L). Akan muncul *form* hasil akhir, seperti pada gambar 6.6 berikut ini :

Gambar 6.6 *Form Hasil Akhir*

- Pada *form* hasil akhir terdapat sub menu printer, yang berfungsi untuk mencetak hasil rancangan. Perintah cetak dapat juga dengan (Ctrl + P) atau (Alt + C)

Kesimpulan

1. Pada percobaan dengan perubahan daya, mulai dari 1 sampai dengan 100 hp, arus stator mengalami kenaikan dimana mulai dari 6.28 A sampai dengan 391.68 ampere. Sehingga bisa disimpulkan bahwa daya berbanding lurus dengan arus.
2. Pada nilai diameter lubang stator (D) juga mengalami kenaikan pada saat dilakukan dengan percobaan kenaikan daya motor. Sehingga diameter berbanding lurus dengan kenaikan daya.
3. Nilai dari hambatan stator, adalah semakin kecil dengan kenaikan daya, yaitu mulai dari 1.47 ohm, sampai dengan 0. ohm. Hambatan berbanding terbalik dengan daya.
4. Celah udara berbanding lurus dengan daya, semakin besar daya, celah udara juga semakin besar.

Saran

Karena keterbatasan referensi, maka program ini hanya dapat dipakai pada perancangan motor induksi satu fasa sampai dengan daya 100 hp, untuk selanjutnya dapat dikembangkan agar dapat digunakan untuk merancang suatu motor induksi satu fasa untuk daya yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdul Kadir, Prof. Ir, **Mesin Tak Serempak**, PT Djembatan Jakarta, 1981
2. Abdul Kadir, **Dasar Pemrograman Delphi 5**, Andi Ofset Yogyakarta, 2001
3. Alferd still, Charles S. Siskind, **Element Of Electrical Machine Design, 3rd Edition**, Mc Graw-Hill Book Company, Inc
4. Antony Pranata, **Pemrograman Borland Delphi Edisi 3**, Andi Yogyakarta, 2000

5. Fitzgerald, AE, *Electric Machinery, 4th Edition*, Mc Graw – Hill, 1983
6. Muslimin M. Ir, **Teori Soal dan Penyelesaian Teknik Tenaga Listrik (TTL)**, Armico, Bandung
7. Parker Smith, *Electrical Engineering Design Manual, 2nd Edition Revised*, Chapman And Hall Ltd, London, 1950
8. Shanmugasundaram. A, Gangadaran. G, Palani. R, *Electrical Machine Data Book*, Wiley Eastern Limited, New Delhi
9. Shanmugasundaram. A, Gangadaran. G, Palani. R, *Electrical Machine Data Book*, Wiley Eastern Limited, New Delhi
10. Singh, Balbir, *Electrical Machines Design, 4th Edition*, Vikas Publishing House PVT, Bombay
11. Sumanto. MA, Drs. MA, **Motor Listrik Arus Bolak – Balik**, Andi Offset, Yogyakarta, 1993
12. Theodore Wildi, *Electrical Machines, Drives, And Power Systems, 3rd Edition*, Prentice-Hall International, Inc
13. Theraja. BL, *Electrical Technology*, India
14. Zuhail, **Dasar Tenaga Listrik**, Bandung, ITB, 1977
15., **Borland Delphi 5**, LPK BUDIMAN, 2000

Anton Susila, lahir di Sukoharjo, lulus dari SDN Ponowaren III tahun 1989, melanjutkan di SMP I Karangdowo lulus tahun 1992. Kemudian pada tahun 1995 lulus dari SMA N Tawang Sari. Tahun 1995 melanjutkan kuliah di Politeknik Universitas Diponegoro, Semarang, dan lulus tahun 1998. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan strata 1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang.

Mengetahui / menyetujui
Pembimbing I

Ir Joko Windarto, MT
131865018

Pembimbing II

Karnoto, ST
132162547