



**UNJUK KERJA LILITAN SERI DAN PARALEL PADA
MOTOR INDUKSI SATU FASA**

SKRIPSI

Oleh

Rino Aditya Pradana

NIM. 091910201074

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015



**UNJUK KERJA LILITAN SERI DAN PARALEL PADA
MOTOR INDUKSI SATU FASA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Rino Aditya Pradana

NIM. 091910201074

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015

PERSEMBAHAN

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat yang sangat luar biasa kepada penulis dan juga sholawat serta salam kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik. Skripsi adalah salah satu ujian yang akan membawa kita menjadi manusia yang lebih mampu mengolah dan menganalisis suatu permasalahan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis mempersembahkan karya tulis ini untuk :

1. Kedua orang tuaku, Sahroni dan Titin Sulistyorini yang dengan tulus selalu mendo'akan, membimbing dan selalu ada memberikan dorongan untuk selalu maju.
2. Adikku Cirani Nindya Agustin dan Octatia Ayundyasari yang selalu memberikan dukungan moral.
3. Semua Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku DPU dan Bapak H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T. selaku DPA.
4. Seluruh guru-guruku dari TK, SD, SMP, SMA dan guru mengaji yang telah membimbing dengan sabar dan memberikan ilmu.
5. Teman-teman teknik, khususnya Teknik Elektro angkatan 2009.
6. Teman-teman Asisten dan Teknisi Laboratorium Konversi energi Cak Sugianto atas waktu dan bimbingannya.
7. Semua teman-teman, Tony, Rivan, Jazuli, Cak Gimán, Cak Anggi, Gilang, Manu, Dicky, dan lainnya yang belum penulis sebutkan.
8. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTO

“Three sentence for getting success. Know more than others, work more than others, expect less than others .”

(William Shakesphere)

“Learn from yesterday, live from today, and hope for tommorow”

(Albert Einstein)

“Beri aku 1.000 orang tua, niscaya akan kucabut Semeru dari akarnya.

Beri aku 10 pemuda, niscaya akan kuguncangkan dunia.”

(Ir. Soekarno)

“Dream is not what you see in sleep. Dream is the thing which does not let you sleep. Never give up on your dreams”

(Cristiano Ronaldo)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rino Aditya Pradana

NIM : 091910201074

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul : “Unjuk Kerja Lilitan Seri dan Paralel pada Motor Induksi Satu Fasa” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 21 Oktober 2015

Yang menyatakan,

(Rino Aditya Pradana)

NIM. 091910201074

SKRIPSI

**UNJUK KERJA LILITAN SERI DAN PARALEL PADA
MOTOR INDUKSI SATU FASA**

Oleh :

Rino Aditya Pradana

NIM 091910201074

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Widyono Hadi, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi Berjudul "Unjuk Kerja Lilitan Seri dan Paralel pada Motor Induksi Satu Fasa" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 21 Oktober 2015

Tempat : Ruang Ujian 1 Lantai 3 Gedung Dekanat

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ir. Widyono Hadi, M.T.

19610414 198902 1001

H.R.B. Moch. Gozali S.T., M.T.

19690608 199903 1002

Penguji I,

Penguji II,

Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.

19800610 200501 1003

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

19700826 199702 1001

Mengesahkan,

Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.

19610414 198902 1001

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah Kehadirat Allah SWT, Yang Telah Memberikan Rahmat, Hidayah, Dan Karunia-Nya Sehingga Penulisan Laporan Skripsi Dengan Judul “Perbandingan Lilitan Seri dan Paralel pada Motor Induksi Satu Fasa Kutub Bayangan” dapat diselesaikan. Karya tulis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata 1 pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan kali ini disampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Triwahju Hardianto S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Strata 1 Teknik Elektro Universitas Jember.
4. Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku Penguji Utama dan Dr. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Penguji Anggota.
5. Para Dosen beserta seluruh karyawan Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala dukungannya selama ini.
6. Ibuku Titin Sulistyorini, Ayahku Sahroni dan adik-adikku terimakasih atas kasih sayang, kesabaran, do'a, ketulusan, pengorbanan, dan dukungan kalian.
7. Teman-teman S1 Teknik Elektro 2009, bangga akan kebersamaan, kekompakan, dan solidaritas kalian dari waktu kuliah sampai esok nanti. Kalian menjadi saudara tak terpisahkan walau tak sedarah, SLTD.
8. Teknisi Lab K.E.L Cak Sugianto beserta teman-teman Lab. Konversi Energi Listrik, bimbingan dan bantuan kalian dalam pengerjaan tugas akhir akan menjadi ingatan yang saya banggakan.

9. Teman-teman crazy kosan, Bowo, Ebim, Agung, Tyo, Edo, Aji, Alfian, Dimas, Mas Bagus dan Rio yang selalu memotivasi selama kuliah dan proses mengerjakan tugas akhir.
10. Teman-teman alumni SMAN 1 GLAGAH, Zaka, Anom, Karis, Ariyan, Alfian, Anggara, Arif, Alfian, Livara dan Arsyah yang selalu memotivasi dan mendoakan selama kuliah dan proses mengerjakan tugas akhir.
11. Teman-teman selama kuliah di Jember, Satriyo, Adi, Dito, Mas Nug, Yoga, Dawan, Roni, Intan, Revi, Bunga Fitriana, Pras, Anin, Fathur, Natasha, Asyiah, Ella, Sufi, Basofi dan Dwi Lestari yang mendukung, memotivasi dan membantu proses pengerjaan skripsi.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Demi kesempurnaan penulisan laporan tugas akhir ini, selalu diharapkan segala kritik dan saran dari semua pihak. Akhirnya, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, 21 Oktober 2015

Penulis

**UNJUK KERJA LILITAN SERI DAN PARALEL PADA
MOTOR INDUKSI SATU FASA**

Rino Aditya Pradana

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Motor induksi adalah motor arus bolak balik yang paling banyak digunakan sebagai motor penggerak di bidang industri, karena memiliki kelebihan seperti struktur dan konstruksinya yang kokoh, sederhana dan perawatannya mudah. Motor induksi yang digunakan pada penelitian ini adalah motor kutub bayangan. Pada kumparan utama stator, dililit ulang dengan lilitan pertama sebanyak 1700 dan lilitan kedua sebanyak 1700 lilitan juga. Lilitan tersebut dapat disusun secara seri dan paralel untuk dibandingkan torsi dan kecepatan putarnya saat diberi beban. Pengujian sistem dilakukan dengan pengujian DC dan pengujian kinerja motor saat diberi beban puli. Hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu saat kecepatan maksimum, nilai torsi terbesar adalah torsi dari lilitan paralel sebesar 0,092 Nm. Sedangkan untuk nilai kecepatan putar terkecil saat tegangan 220 V yaitu kecepatan putar dari lilitan seri sebesar 1427. Hal ini dikarenakan nilai resistansi dari lilitan seri paling besar diantara lilitan lainnya.

Kata kunci: Motor induksi, Motor kutub bayangan, Torsi, Kecepatan Putar.

**THE SERIES AND PARALLEL WINDING PERFORMANCE
OF SINGLE PHASE INDUCTION MOTOR**

Rino Aditya Pradana

Department of Electrical Engineering, Faculty of technology, University Jember

ABSTRACT

Induction motor is an AC motor that is used the most as activator motor in industry sector because it has advantages such as its simple, strong structure and construction. Induction motor that was used in this research is shaded pole motor. In the main winding of stator, it was rewind using first winding as much as 1700 and the second one was too. The winding can be used as series or parallel to compared the torque and the rotational speed when it is given load. The trial of the system is using DC test and motor performance test when it is given puley load. The result of this research is when in the maximum speed, the most torque value is the torque of parallel winding as much as 0,092 Nm, meanwhile the least RPM value when voltage 220 V is RPM of series winding as much as 1427. It is because the resistance of the series winding has the most value of the others.

Keyword: *Induction Motor, Shaded Pole Motor, Torque, Rotational Speed*

RINGKASAN

Unjuk Kerja Lilitan Seri dan Paralel pada Motor Induksi Satu Fasa; Rino Aditya Pradana, 091910201074; 2015; 45 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Motor induksi adalah motor arus bolak balik yang paling banyak digunakan sebagai motor penggerak di bidang industri, karena memiliki kelebihan seperti struktur dan konstruksinya yang kokoh, sederhana dan perawatannya mudah. Motor induksi yang digunakan pada penelitian ini adalah motor induksi satu fasa kutub bayangan.

Ketika motor induksi diberi beban, maka kecepatan putarnya akan menurun. Oleh karena itu, dalam penelitian ini lilitan pada stator dililit ulang dengan jumlah lilitan yang sama antara lilitan pertama dan kedua yang bisa dihubungkan secara seri dan paralel untuk mengetahui nilai torsi dan kecepatan putarnya. Dengan adanya penelitian ini diharapkan mampu merancang kumparan stator motor induksi yang bisa meningkatkan torsi saat diberi beban dan membandingkan torsi dan kecepatan putar motor apabila kumparan pada stator disusun secara seri dan paralel.

Pada kumparan utama stator, dililit ulang dengan lilitan pertama sebanyak 1700 dan lilitan kedua sebanyak 1700 lilitan juga. Lilitan tersebut dapat disusun secara seri dan paralel untuk dibandingkan torsi dan kecepatan putarnya saat diberi beban. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja lilitan seri dan paralel pada motor induksi satu fasa kutub bayangan

Pengujian sistem dilakukan dengan pengujian DC dan pengujian kinerja motor saat diberi beban puli. Pada pengujian DC, lilitan pertama memiliki hambatan sebesar $91,95 \ \Omega$, lilitan kedua memiliki hambatan $92,5 \ \Omega$, kedua lilitan disusun seri memiliki hambatan $184,4 \ \Omega$ dan kedua lilitan disusun paralel memiliki hambatan sebesar $46,252 \ \Omega$.

Pengujian kinerja motor dilakukan untuk mengetahui kinerja motor saat diberi beban puli. Pengujiannya terdiri dari 3 tahap yaitu, pengujian motor dengan hanya menggunakan lilitan pertama, kemudian pengujian motor dengan lilitan

pertama dan kedua disusun secara seri dan pengujian motor dengan kedua lilitan disusun secara paralel.

Hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu saat kecepatan maksimum, nilai torsi terbesar adalah torsi dari lilitan paralel sebesar 0,092 Nm. Sedangkan untuk nilai RPM terkecil saat tegangan 220 V yaitu RPM dari lilitan seri sebesar 1427. Hal ini dikarenakan nilai resistansi dari lilitan seri paling besar diantara lilitan lainnya. Daya mekanik terbesar diperoleh saat lilitan 1 dan 2 dihubungkan secara paralel (24,855 W). Hal ini dikarenakan arus yang mengalir pada lilitan paralel (1,22 A) paling tinggi di antara ketiganya.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTO	iv
PERNYATAAN	v
PEMBIMBINGAN	vi
PENGESAHAN	vii
PRAKATA	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
RINGKASAN	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Motor Induksi	3
2.2 Motor Induksi Satu Fasa	3
2.3 Kontruksi Umum	4
2.3.1 Stator	5
2.3.2 Rotor.	5
2.3.3 Penyangga.....	6
2.4 Teori Dasar Motor Induksi	7

2.5 Prinsip Kerja Motor Induksi Satu Fasa	9
2.5.1 Teori Medan Putar Silang	9
2.5.2 Teori Medan Putar Ganda	13
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.2.1 Alat	14
3.2.2 Bahan	14
3.3 Desain Penelitian	15
3.3.1 Tahap Penelitian	15
3.3.2 Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>) Penelitian	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Rewinding (Penggulungan Ulang Kumparan Stator Motor Induksi	19
4.2 Pembebanan	19
4.3 DC Test	21
4.4 Pengujian Kinerja Motor	24
4.5 Perbandingan Torsi terhadap Kecepatan pada Motor Induksi Kutub Bayangan	32
4.6 Perbandingan Daya Mekanik terhadap Tegangan pada Motor Induksi Kutub Bayangan	33
4.7 Pengaruh Hambatan terhadap Kinerja Motor	34
BAB 5. PENUTUP	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Nilai DC Test pada Lilitan 1	22
Tabel 4.2 Nilai DC Test pada Lilitan 2	23
Tabel 4.3 Nilai DC Test pada Lilitan 1 dan 2 dihubungkan secara seri	23
Tabel 4.4 Nilai DC Test pada Lilitan 1 dan 2 dihubungkan secara paralel	24
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Motor dengan Lilitan 1	25
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Motor dengan Lilitan 1 dan 2 dihubung seri	28
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Motor dengan Lilitan 1 dan 2 dihubung paralel	30
Tabel 4.8 Perbandingan Kinerja Lilitan 1, Seri dan Paralel.....	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Konstruksi Motor Shaded Pole	5
Gambar 2.2 Rotor Sangkar Tupai	6
Gambar 2.3 Penampang Motor Shaded Pole	6
Gambar 2.4 Rangkaian Pengganti Motor Induksi.....	8
Gambar 2.5 Medan Garis Stator Berpulsa Sepanjang Garis AC	10
Gambar 2.6 Motor Dalam Keadaan Berputar	11
Gambar 2.7 Fluks Rotor Tertinggal terhadap Fluks Stator 90 Derajat	11
Gambar 2.8 Medan Silang yang Dibangkitkan Arus Stator	12
Gambar 2.9 Phasor Medan Putar yang Dihasilkan oleh Belitan Stator dan Rotor	12
Gambar 3.1 Desain Motor Induksi Satu Fasa Kutub Bayangan dengan Modifikasi Lilitan pada Stator.....	15
Gambar 3.2 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Satu Fasa Kutub Bayangan yang Telah Dililit Ulang	16
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 4.1 Motor Kutub Bayangan <i>Rewinding</i>	19
Gambar 4.2 Beban Puli	20
Gambar 4.3 Motor Kutub Bayangan dengan Beban Puli.....	20
Gambar 4.4 Lilitan Motor Kutub Bayangan <i>Rewinding</i>	21
Gambar 4.5 Perangkaian Motor untuk DC <i>Test</i>	22
Gambar 4.6 Perangkaian Motor untuk Pengujian Kinerja Motor	25
Gambar 4.7 Nilai Pengujian Lilitan 1 Saat Tegangan Nominal	26
Gambar 4.8 Pengukuran Kecepatan Rotor Menggunakan Tachometer Digital	27
Gambar 4.9 Nilai Pengujian Lilitan 1 dan 2 Dihubung Seri Saat Tegangan Nominal.....	28
Gambar 4.10 Nilai Pengujian Lilitan 1 dan 2 Dihubung Paralel Saat Tegangan Nominal	30

Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Torsi terhadap Kecepatan pada Motor Induksi Kutub Bayangan.....	32
Gambar 4.12 Grafik Daya Mekanik terhadap Tegangan pada Motor Induksi Kutub Bayangan	33



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pada era industri modern saat ini, kebutuhan terhadap alat produksi yang tepat guna sangat diperlukan dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Sebagian besar alat industri dan rumah tangga menggunakan tenaga listrik sebagai energi penggerak utamanya. Penggunaan motor *Alternating Current* (AC) atau arus bolak-balik satu fasa saat ini banyak digunakan di berbagai aplikasi. Salah satu penggunaan motor AC yang sering ditemui yaitu terdapat di perabotan rumah tangga berupa mesin cuci dan peralatan-peralatan yang sering dijumpai dalam rumah seperti kipas angin, dan yang lainnya (Obiansyah, 2012).

Motor induksi adalah motor arus bolak-balik yang paling banyak digunakan sebagai motor penggerak di industri, karena memiliki kelebihan seperti struktur dan konstruksinya yang kokoh, sederhana dan perawatannya mudah. Dalam pemakaiannya hampir sebagian mesin penggerak di industri, menggunakan motor induksi. Motor induksi 1 fasa banyak digunakan pada industri kecil, walaupun memiliki daya dan efisiensi yang rendah. (Ambrosius AT, 2012)

Motor induksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah motor induksi satu fasa jenis *shaded pole* (kutub bayangan). Ketika motor induksi diberi beban, maka kecepatan putarnya akan menurun. Oleh karena itu, dalam penelitian ini lilitan pada stator dililit ulang dengan jumlah lilitan yang sama antara lilitan pertama dan kedua yang bisa dihubungkan secara seri dan paralel untuk mengetahui nilai torsi dan kecepatan putarnya. Dengan adanya penelitian ini diharapkan mampu merancang kumparan stator motor induksi yang bisa meningkatkan torsi saat diberi beban dan membandingkan torsi dan kecepatan putar motor apabila kumparan pada stator disusun secara seri dan paralel.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana unjuk kerja torsi lilitan seri dan paralel pada kumparan stator motor induksi satu fasa kutub bayangan saat diberi beban?

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja torsi lilitan seri dan paralel pada kumparan stator pada motor induksi satu fasa kutub bayangan.

1.4 Manfaat penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan mampu merancang bangun motor induksi dengan modifikasi lilitan kumparan stator pada motor induksi satu fasa kutub bayangan.

1.5 Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Menggunakan motor induksi satu fasa kutub bayangan.
2. Stator menggunakan dua kutub(kutub utama dan kutub bayangan) dan rotor sangkar.
3. Analisa hanya dikhususkan pada perhitungan slip, daya, torsi, dan kecepatan pada motor induksi.
4. Analisa hanya dikhususkan pada kumparan stator motor kutub bayangan.
5. Tidak membahas tentang rotor.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Induksi

Motor induksi adalah adalah motor listrik bolak-balik yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. Pada umumnya motor induksi dikenal ada dua macam berdasarkan jumlah fasa yang digunakan, yaitu: motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Sesuai dengan namanya motor induksi satu fasa dirancang untuk beroperasi menggunakan suplai tegangan satu fasa.

Motor induksi satu fasa sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan yang memerlukan daya rendah dan kecepatan yang relatif konstan. Hal ini disebabkan karena motor induksi satu fasa memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksi yang cukup sederhana, kecepatan putar yang hampir konstan terhadap perubahan beban, dan umumnya digunakan pada sumber jala-jala satu fasa yang banyak terdapat pada peralatan domestik. Walaupun demikian motor ini juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu kapasitas pembebanan yang relatif rendah, tidak dapat melakukan pengasutan sendiri tanpa pertolongan alat bantu dan efisiensi yang rendah (Susila Anton, 2004).

2.2 Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi satu fasa merupakan motor yang bekerja dengan pasokan daya satu fasa, memiliki bagian utama yaitu stator dan rotor, Keduanya merupakan rangkaian magnetik yang berbentuk silinder dan simetris. Di antara rotor dan stator ini terdapat celah udara yang sempit. Sejauh ini, motor ini merupakan jenis motor yang paling sering atau paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin cuci, dan lain-lain untuk penggunaan 3 sampai 4 HP.

Motor induksi 1 fasa pada umumnya memiliki daya kecil, efisiensinya relatif rendah, antara 38% sampai 70%. Inti stator motor induksi 1 fasa terdiri dari lapisan plat-plat besi (laminasi) tersusun secara rapi dan ujung-ujungnya diklem. Plat-plat besi (laminasi) dibentuk sedemikian rupa menjadi alur-alur dan gigi-gigi

alur stator. Sedangkan konduktor rotor dibuat dari batangan tembaga, aluminium atau aluminium paduan(Ambrosius Alexander,2012).

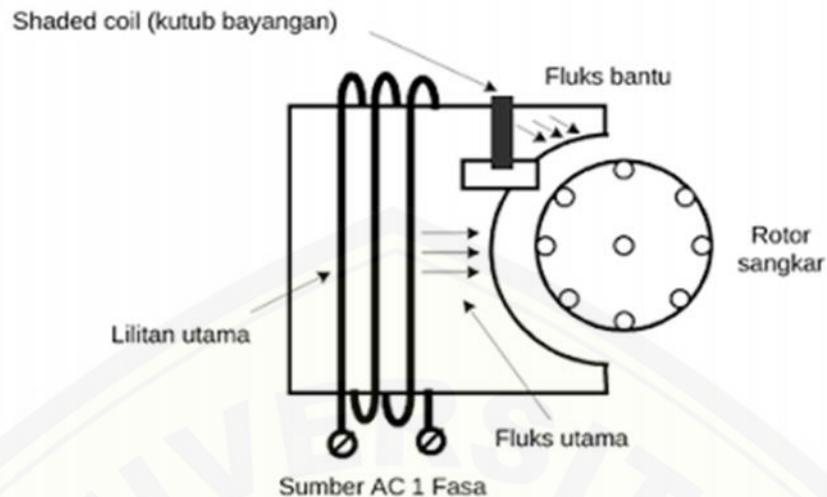
Sebuah motor AC induksi satu fasa bergantung pada komponen listrik tambahan untuk menghasilkan ini berputar medan magnetik. Dua set elektromagnet dibentuk dalam setiap motor.

Adapun untuk jenis motor yang akan dirangkai dalam penelitian ini yaitu motor *shaded pole* (motor kutub bayangan). Motor kutub bayangan termasuk motor satu fasa daya kecil, dan banyak digunakan untuk peralatan rumah tangga sebagai motor penggerak kipas angin, blender. Konstruksinya sangat sederhana, pada kedua ujung stator ada dua kawat yang terpasang dan dihubungkan, fungsinya sebagai pembelah fasa.

Belitan stator dibelitkan di sekeliling inti membentuk seperti belitan transformator. Rotornya berbentuk sangkar tupai dan porosnya ditempatkan pada rumah stator ditopang dua buah bearing. Torsi putar dihasilkan oleh adanya pembelahan fasa oleh kawat *shaded pole*. Konstruksi yang sederhana, daya yang kecil, handal, mudah dioperasikan, bebas perawatan dan cukup di suplai dengan Tegangan AC 220 V, jenis motor *shaded pole* banyak digunakan untuk peralatan rumah tangga kecil(Joko Priyanto,2010).

2.3 Konstruksi Umum

Konstruksi motor *shaded pole* sangat sederhana yaitu terdiri dari stator, rotor dan penyangga. Bagian lengkap dari motor *shaded pole* seperti terlihat pada gambar berikut.



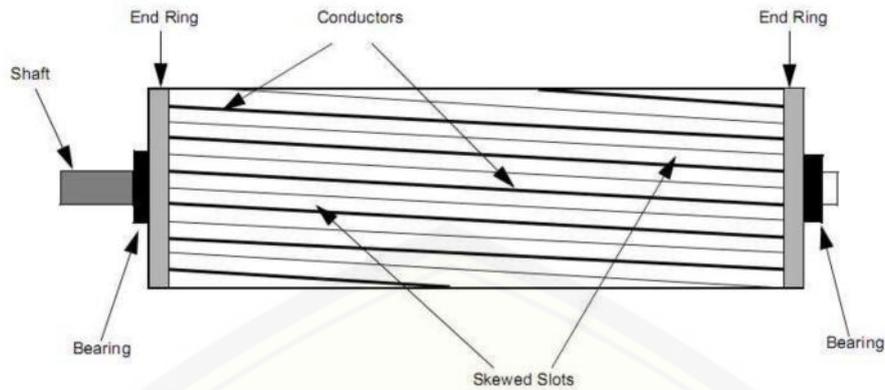
Gambar 2.1 Konstruksi Motor *Shaded Pole* (Joko Priyanto,2010)

2.3.1 Stator

Bagian stator merupakan kutub-kutub yang bagian permukaannya ditempatkan cincin yang terbuat dari tembaga. Karena cincin inilah yang menyebabkan terjadinya kutub bayangan.

2.3.2 Rotor

Rotor merupakan bagian yang berputar. Bagian ini terdiri dari : inti rotor, kumparan rotor dan alur rotor. Pada umumnya ada dua jenis rotor yang sering digunakan pada motor induksi, yaitu rotor belitan (*wound rotor*) dan rotor sangkar (*squirrel cage rotor*). Rotor terdiri dari laminasi baja beberapa tipis dengan bar merata spasi, yang terdiri dari aluminium atau tembaga, di sepanjang pinggiran. Pada umumnya, rotor yang sering digunakan adalah rotor sangkar tupai. 90% industri menggunakan motor dengan rotor sangkar tupai.

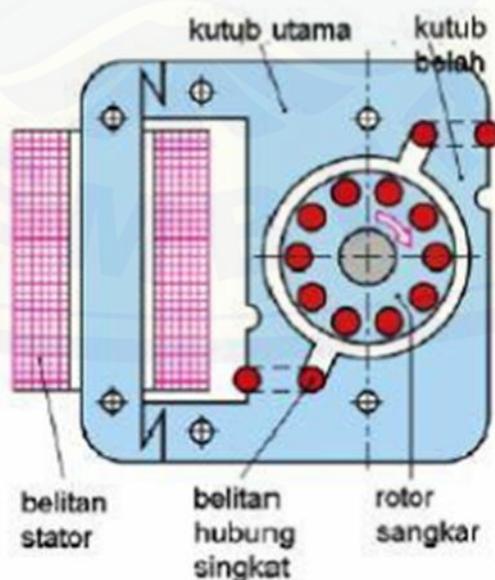


Gambar 2.2 Rotor Sangkar Tupai (Joko Priyanto,2010)

2.3.3 Penyangga

Penyangga poros rotor ini sangat sederhana yang dibuat dari besi plat yang dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat memegang bagian rotor yang berputar. Belitan stator dibelitkan di sekeliling inti membentuk seperti belitan transformator. Rotornya berbentuk sangkar tupai dan porosnya ditempatkan pada rumah stator ditopang dua buah bearing.

Irisan penampang motor shaded pole memperlihatkan dua bagian, yaitu bagian stator dengan belitan stator dan dua kawat *shaded pole*. Bagian rotor sangkar ditempatkan di tengah-tengah stator, seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Penampang Motor *Shaded Pole* (Joko Priyanto,2010)

2.4 Teori Dasar Motor Induksi

Ketika stator disuplai dengan tegangan listrik, maka arus listrik akan mengalir dalam kumparan stator dan menghasilkan gelombang medan magnet yang berputar pada stator. Kecepatan dari motor arus bolak balik adalah fungsi dari frekuensi dan jumlah kutub stator. Kecepatan medan putar stator dari motor arus bolak balik dapat ditulis sebagai persamaan berikut:

$$N_s = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

N_s = kecepatan medan putaran stator (rpm)

f = frekuensi (Hz)

p = kutub

Pada waktu yang sama fluks stator akan menginduksikan kumparan rotor dan menghasilkan medan magnet pada rotor. Kutub medan magnet dari rotor akan tertarik dan mengikuti kutub medan stator yang berputar, menyebabkan rotor berputar. Rotor dari motor induksi selalu berputar pada kecepatan berapapun dibawah kecepatan medan putar stator. Jika kecepatan rotor sama dengan kecepatan medan putar stator, konduktor dari kumparan rotor tidak akan memotong fluks medan putar stator, dalam hal ini tidak ada tegangan yang akan diinduksikan pada rotor dan rotor akan tidak mempunyai kutub magnet (Liem Ek Bien,2005).

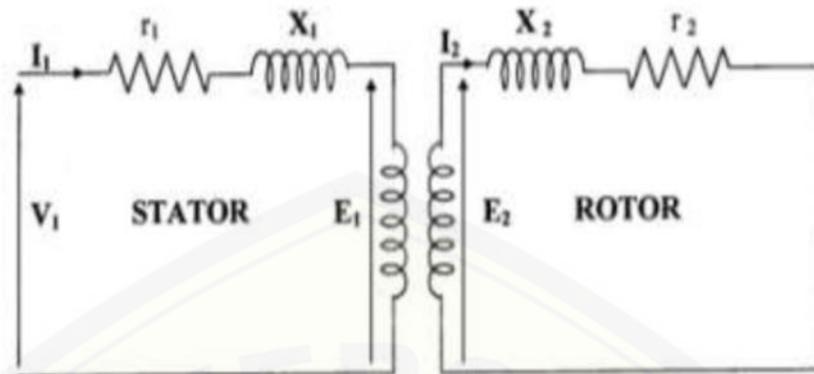
Oleh karena itu, rotor akan selalu berputar pada kecepatan di bawah kecepatan medan putar stator jadi konduktor dari kumparan rotor akan secara terus menerus memotong fluks medan putar stator dan menghasilkan slip. Perbedaan antara kecepatan rotor dan medan putar stator disebut slip rotor. Semakin besar beban motor, semakin besar nilai slip rotor.

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

s = slip motor

N_r = kecepatan putar rotor (rpm)



Gambar 2.4 Rangkaian Pengganti Motor Induksi (Liem Ek Bien,2005)

Untuk mengetahui nilai-nilai tegangan pada stator digunakan rumus dasar sebagai berikut:

$$V_1 = I_1 (R_1 + jX_1) + E_1 \dots \dots \dots (2.3)$$

Sedangkan untuk menghitung nilai tegangan pada rotor digunakan rumus dasar sebagai berikut: (John Bird,2014)

$$E_2 = s \cdot \frac{N_2}{N_1} \cdot E_1 \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

V_1 = tegangan input stator (volt)

$R_1 + jX_1$ = impedansi stator

E_1 = tegangan stator (volt)

E_2 = tegangan rotor (volt)

N_1 = lilitan pada stator

N_2 = lilitan pada rotor

Setelah didapatkan rumus-rumus diatas, maka daya dan torsi pada rotor dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

Daya mekanik:

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \left(\frac{1-s}{s} \right) = E_2 \cdot I_2 \left(\frac{1-s}{s} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk menghitung torsi yang dihasilkan, menggunakan persamaan berikut.(Sutedjo, Abdurrahman)

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega r} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$r = \frac{2 \pi N_r}{60} \dots\dots\dots(2.8)$$

Untuk menghitung efisiensi:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

$P_{mek}=P_{out}$ = daya mekanik motor

T = torsi

I_2 = arus pada rotor

R_2 = hambatan pada rotor

N_r = kecepatan rotor

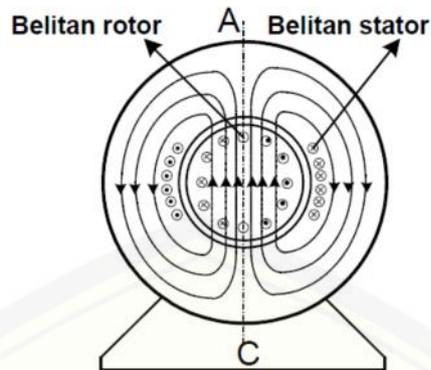
η = efisiensi

2.5 Prinsip Kerja Motor Induksi Satu Fasa

Cara paling mudah untuk menjalankan motor induksi satu fasa adalah dengan menambahkan sebuah kumparan bantu pada kumparan utama di bagian stator sehingga motor dapat dijalankan. Jika dua kumparan terpisah 90 derajat listrik pada stator motor dan eksitasi dengan dua ggl bolak-balik yang berbeda fasa sebesar 90 derajat listrik, dihasilkan medan magnet putar. Jika dua kumparan terpisah demikian dihubungkan paralel ke suatu sumber fasa, medan yang dihasilkan akan bolak-balik, tetapi tidak berputar. Karena kedua kumparannya ekuivalen dengan satu kumparan fasa. Akan tetapi, jika suatu impedansi dihubungkan seri dengan salah satu kumparan ini, arusnya akan berbeda fasa. Dengan pemilihan impedansi yang cocok, arus dapat dibuat agar berbeda fasa sampai 90 derajat listrik, sehingga menghasilkan medan putar sama seperti medan dari motor dua fasa. Inilah prinsip dari pemisahan fasa (Asyer Rimbun,2012).

2.5.1 Teori Medan Putar Silang

Prinsip kerja motor induksi satu fasa dapat dijelaskan dengan menggunakan teori medan putar silang (*cross-field theory*). Jika motor induksi satu fasa diberikan tegangan bolak-balik satu fasa maka arus bolak-balik akan mengalir pada kumparan stator. Arus pada kumparan stator ini menghasilkan medan magnet seperti yang di tunjukkan oleh garis putus-putus pada gambar 2.5

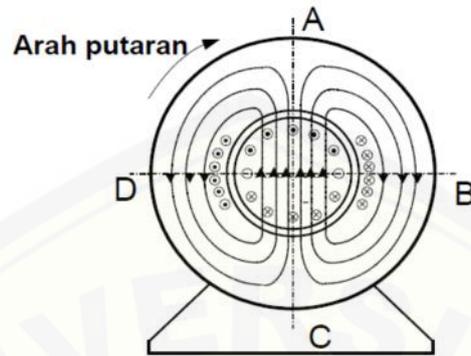


Gambar 2.5 Medan Garis Stator Berpuls Sepanjang Garis AC
(Asyer Rimbun,2012)

Arus stator yang mengalir setengah periode pertama akan membentuk kutub utara di A dan kutub selatan di C pada permukaan stator. Pada setengah periode berikutnya, arah kutub-kutub stator menjadi terbalik. Meskipun kuat medan magnet stator berubah-ubah yaitu maksimum pada saat arus maksimum dan nol pada saat arus nol serta polaritasnya terbalik secara periodik, aksi ini akan terjadi hanya sepanjang sumbu AC. Dengan demikian, medan magnet ini tidak berputar tetapi hanya merupakan sebuah medan magnet yang berpuls pada posisi yang tetap (*stationary*).

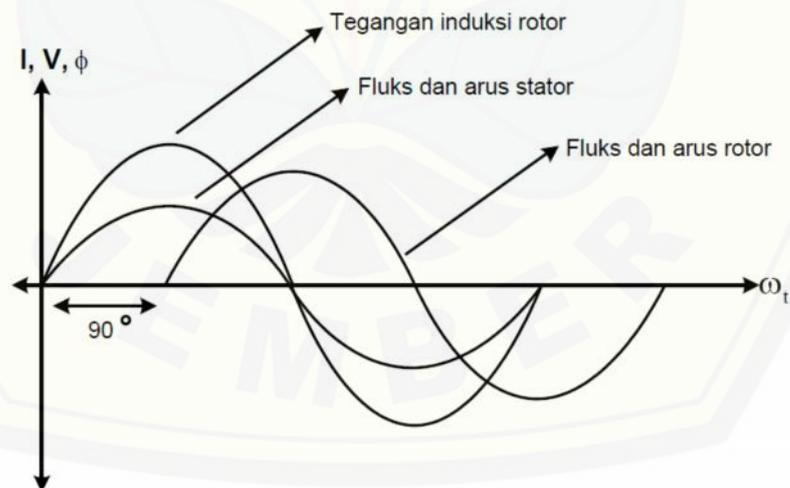
Seperti halnya pada transformator, tegangan terinduksi pada belitan sekunder, dalam hal ini adalah kumparan rotor. Karena rotor dari motor induksi satu fasa pada umumnya adalah rotor sangkar dimana belitannya terhubung singkat, maka arus akan mengalir pada kumparan rotor tersebut. Sesuai dengan hukum Lenz, arah dari arus ini (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6) adalah sedemikian rupa sehingga medan magnet yang dihasilkan melawan medan magnet yang menghasilkannya. Arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet rotor dan membentuk kutub-kutub pada permukaan rotor. Karena kutub-kutub ini juga berada pada sumbu AC dengan arah yang berlawanan terhadap kutub-kutub stator, maka tidak ada momen putar yang dihasilkan pada kedua arah sehingga rotor tetap diam. Motor induksi satu fasa tidak dapat diasut sendiri dan membutuhkan rangkaian bantu untuk menjalankannya. Apabila diberi rangkaian

bantu, konduktor-konduktor rotor akan memotong medan magnet stator sehingga timbul gaya gerak listrik pada konduktor-konduktor tersebut.



Gambar 2.6 Motor Dalam Keadaan Berputar (Asyer Rimbun,2012)

Gaya gerak listrik yang diinduksikan ke rotor adalah berbeda dengan arus dan fluks stator. Karena konduktor-konduktor rotor terbuat dari bahan dengan tahanan rendah dan induktansi tinggi, maka arus rotor yang dihasilkan akan tertinggal terhadap gaya gerak listrik rotor mendekati 90 derajat. Gambar 2.7 menunjukkan hubungan fasa dari arus dan fluks stator, gaya gerak listrik, arus dan fluks rotor.

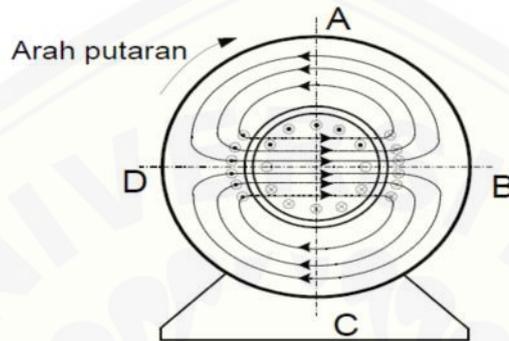


Gambar 2.7 Fluks Rotor Tertinggal terhadap Fluks Stator 90 Derajat

(Asyer Rimbun,2012)

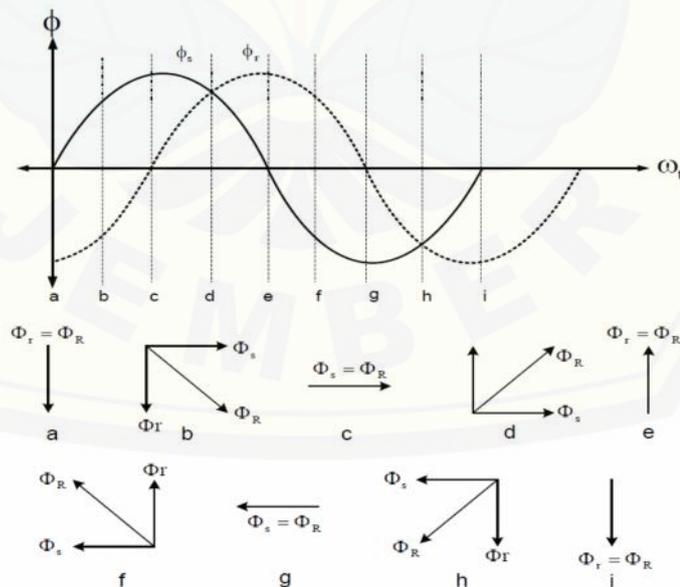
Karena medan rotor ini terpisah sebesar 90 derajat dari medan stator, maka disebut sebagai medan silang (*cross-field*). Nilai maksimum dari medan ini terjadi

pada saat seperempat periode setelah gaya gerak listrik rotor yang dibangkitkan adalah telah mencapai nilai maksimumnya. Karena arus rotor yang mengalir disebabkan oleh suatu gaya gerak listrik bolak-balik maka medan magnet yang dihasilkan oleh arus ini adalah juga bolak-balik dan aksi ini terjadi sepanjang sumbu DB.



Gambar 2.8 Medan Silang yang Dibangkitkan Arus Stator (Asyer Rimbun,2012)

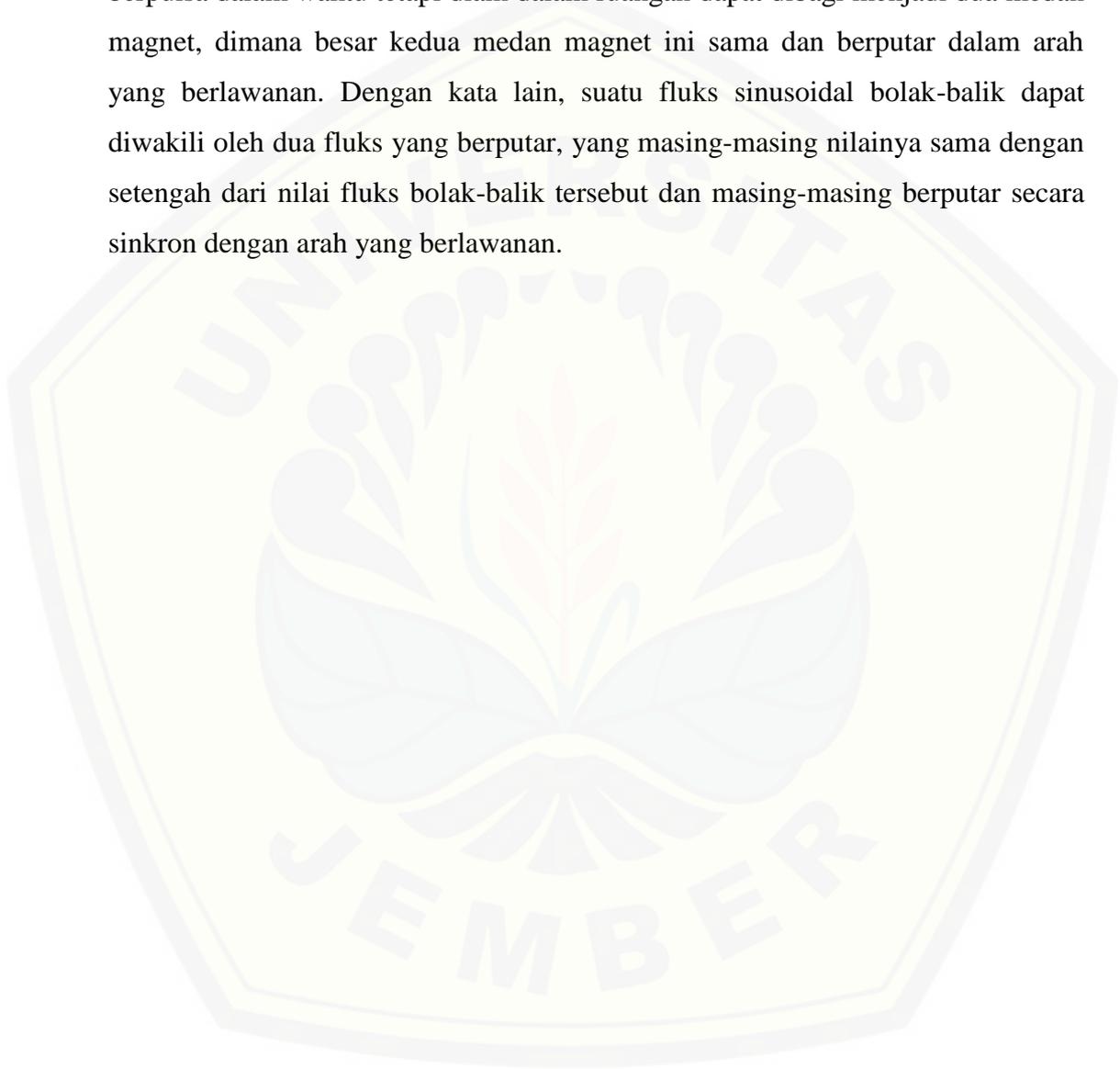
Karena medan silang beraksi pada sudut 90 derajat terhadap medan magnet stator dengan sudut fasa yang juga tertinggal 90 derajat terhadap medan stator, kedua medan bersatu untuk membentuk sebuah medan putar resultan yang berputar dengan kecepatan sinkron yang ditunjukkan pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Phasor Medan Putar yang Dihasilkan oleh Belitan Stator dan Rotor (Asyer Rimbun,2012)

2.5.2 Teori Medan Putar Ganda

Teori medan putar ganda (*double revolving-field theory*) adalah suatu metode lain untuk menganalisis prinsip perputaran motor induksi satu fasa disamping teori medan putar silang. Menurut teori ini, medan magnet yang berpulsa dalam waktu tetapi diam dalam ruangan dapat dibagi menjadi dua medan magnet, dimana besar kedua medan magnet ini sama dan berputar dalam arah yang berlawanan. Dengan kata lain, suatu fluks sinusoidal bolak-balik dapat diwakili oleh dua fluks yang berputar, yang masing-masing nilainya sama dengan setengah dari nilai fluks bolak-balik tersebut dan masing-masing berputar secara sinkron dengan arah yang berlawanan.



BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian mendesain dan merancang motor induksi satu fasa ini dilaksanakan di Laboratorium Dasar Konversi Energi Listrik Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

- | | | |
|----|--------------------|--------|
| a. | Obeng +/- | 1 Buah |
| b. | Kunci pas | 1 Buah |
| c. | Kunci ring | 1 Buah |
| d. | Tracker | 1 Buah |
| e. | Martil (palu) besi | 1 Buah |
| f. | Palu karet | 1 Buah |
| g. | Penitik | 1 Buah |
| h. | Tang potong | 1 Buah |
| i. | Tang lancip | 1 Buah |
| j. | Tang kombinasi | 1 Buah |
| k. | Snap tang | 1 Buah |

3.2.2 Bahan

- | | | |
|----|----------------------|--------|
| a. | Motor induksi 1 fasa | 1 Buah |
| b. | V belt | 1 Buah |
| c. | Bearing | 1 Buah |
| d. | Akrilik | 1 Buah |
| e. | Puli | 2 Buah |

3.3 Desain Penelitian

Berikut ini merupakan tahap penelitian dan diagram alir(*FlowChart*) penelitian tentang motor induksi satu fasa kutub bayangan dengan modifikasi lilitan pada stator.

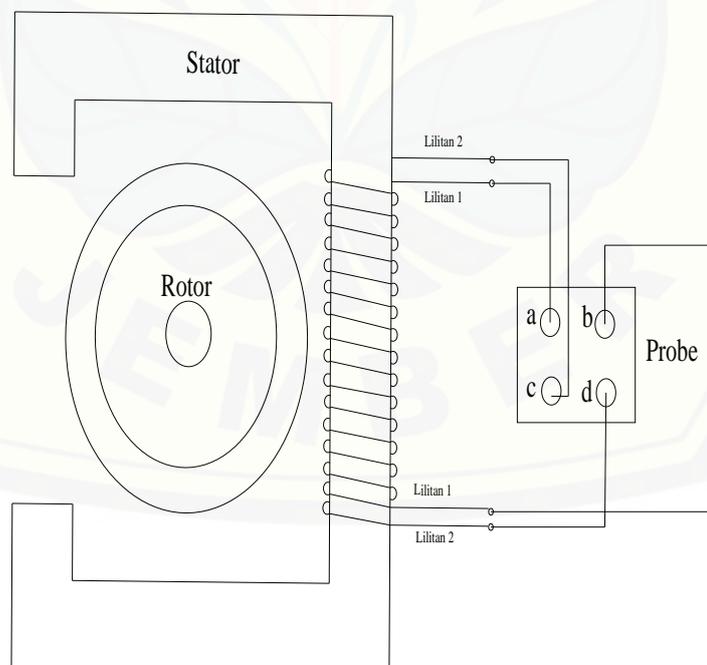
3.3.1 Tahap Penelitian

a. Pembongkaran Motor Induksi

Pada penelitian ini, hal pertama yang perlu dilakukan adalah membongkar motor induksi satu fasa kutub bayangan(bekas motor kipas angin). Dengan dimensi yang sama, penelitian ini ditujukan untuk mengetahui unjuk kerja lilitan seri dan paralel pada motor saat diberi beban.

b. Desain Modifikasi Lilitan pada Stator Motor Induksi dan Pembebanan

Lilitan pada stator dililit ulang sebanyak 3400 lilitan dengan lilitan 1 sebanyak 1700 lilitan dan lilitan 2 sebanyak 1700 lilitan juga. Lilitan tersebut dapat dihubungkan secara seri dan paralel untuk diketahui torsi dan kecepatan putarnya saat diberi beban. Beban pada penelitian ini berupa puli yang terbuat dari besi pejal seberat 200 gram.



Gambar 3.1 Desain Motor Induksi Satu Fasa Kutub Bayangan dengan Modifikasi Lilitan pada Stator

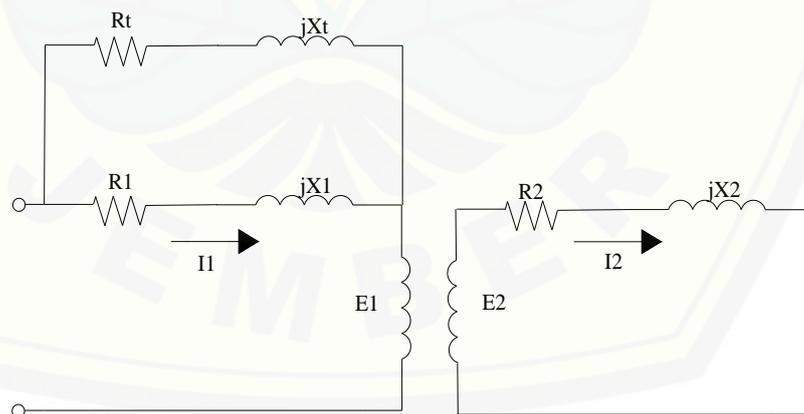
c. Pemasangan Lilitan pada Motor Induksi dan Pembebanan

Setelah lilitan modifikasi pada stator selesai, langkah selanjutnya yaitu penggabungan stator dan rotor pada motor induksi. Pada beban puli terdapat bearing yang dihubungkan oleh V belt ke poros rotor motor induksi untuk pembebanannya.

d. Pengujian Motor Induksi dan Analisis hasil

Setelah penggabungan dengan rotor, motor diuji dengan cara diberi beban menggunakan puli kemudian dibandingkan torsi dan kecepatan putar motor saat motor menggunakan lilitan seri dan paralel dalam keadaan berbeban. Hasil dikatakan sesuai target apabila saat diberi beban, motor memiliki kecepatan putar minimal 500 RPM saat tegangan nominal 220 volt.

Pengujian pada penelitian ini ada 2, yaitu pengujian DC dan pengujian kinerja motor saat diberi beban. Pengujian DC ada 4 yaitu pengujian DC lilitan 1, pengujian DC lilitan 2, pengujian DC lilitan 1 dan 2 dihubungkan seri, dan pengujian DC lilitan 1 dan 2 dihubungkan paralel. Pengujian kinerja motor ada 3 yaitu pengujian lilitan 1, pengujian lilitan 1 dan 2 dihubungkan seri dan pengujian lilitan 1 dan 2 dihubungkan paralel.



Gambar 3.2 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Satu Fasa Kutub Bayangan yang Dililit Ulang

Untuk mengetahui nilai-nilai tegangan pada stator dan rotor digunakan rumus dasar sebagai berikut:

$$V_1 = I_1 (R_1 + jX_1) + E_1 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$E_2 = s \cdot \frac{N_2}{N_1} \cdot E_1 \dots\dots\dots (3.2)$$

$$I_2 = s \cdot \frac{N_1}{N_2} \cdot I_1 \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

V_1 = tegangan input stator (volt)

$R_1 + jX_1$ = impedansi stator

E_1 = tegangan stator (volt)

E_2 = tegangan rotor (volt)

s = slip

N_1 = jumlah lilitan stator

N_2 = jumlah lilitan rotor

Setelah didapatkan rumus-rumus diatas, maka daya mekanik dan torsi dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

Daya mekanik:

$$P_{mek} = E_2 \cdot I_2 \left(\frac{1-s}{s} \right) \dots\dots\dots (3.4)$$

Torsi yang dihasilkan:

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega r} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$r = \frac{2 \pi N_r}{60} \dots\dots\dots (3.6)$$

Untuk menghitung efisiensi:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan :

$P_{mek} = P_{out}$ = daya mekanik motor

T = torsi

I_2 = arus pada rotor

N_r = kecepatan rotor

η = efisiensi