



**ANALISIS KARAKTERISTIK MOTOR INDUKSI SATU FASA
ROTOR BELITAN MENGGUNAKAN SUMBER TEGANGAN
SEARAH**

SKRIPSI

Oleh

Rezha Toni Bastian

NIM. 091910201001

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015



**ANALISIS KARAKTERISTIK MOTOR INDUKSI SATU FASA
ROTOR BELITAN MENGGUNAKAN SUMBER TEGANGAN
SEARAH**

SKRIPSI

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

Oleh

Rezha Toni Bastian

NIM. 091910201001

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015

PERSEMBAHAN

Segala puji syukur ke hadirat 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, Farida Ariani dan Suharto Kusnan yang dengan tulus selalu mendo'akan, membimbing dan selalu ada memberikan dorongan untuk selalu maju.
2. 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 Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku DPA.
3. Seluruh Guru-guruku sejak dari TK, SD, SMP, SMA dan Guru Mengaji yang telah membimbing dengan sabar dan memberikan ilmu.
4. Wanita yang tercinta, Tunjung Rizki Widyanti Rahayu yang selalu hadir memberikan motivasi untuk maju, meluangkan waktu kala sibuknya, dan menemani dalam susah duka penulis.
5. Adik-adikku Sandhy Bagaskara Putra dan Rizky Kurniawan yang selalu memberikan dukungan moral.
6. Teman-teman teknik, khususnya Teknik Elektro angkatan 2009.
7. Teman-teman Asisten dan Teknisi Laboratorium Konversi energi Cak Sugianto atas waktu dan bimbingannya.
8. Semua teman-teman, Gamma, Ongky Maxtiar, Ucup, Hamid, Juli, Cak Gimani, Cak Anggi, Febri Cengel, Rino, Rio Hawin, Dicky, dan lainnya yang belum penulis sebutkan.
9. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibu kamu dengan keadaan tidak mengetahui sesuatu apapun dan Ia mengkaruniakan kepada kamu pendengaran dan penglihatan serta hati (akal fikiran) supaya kamu bersyukur.

(Q.S An-Nahl [16] : 11)

“Dunia ini hanya terdiri atas tiga hari: Kemarin, ia telah pergi bersama dengan semua yang menyertainya. Besok, engkau mungkin tak akan pernah menemuinya.

Hari ini, itulah yang kau punya, jadi beramallah di sana.”

(Hasan al Bashri)

Jangan Engkau hirup pengetahuan hanya untuk pengetahuan. Hiruplah pengetahuan untuk berjuang, berjuang untuk tanah airmu, untuk bangsamu, dan untuk perikemanusiaan.

(Ir. Sukarno)

Efforts and Courage are not Enough Without Purpose and Direction

(John F. Kennedy)

Get on, Move on, and Grab on

Don't think if you have enough trying, think not enough

Bangun, Maju, dan Raihlah

Jangan berfikir jika kamu sudah cukup berusaha, berfikirilah belum cukup

(Rezha Toni Bastian)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rezha Toni Bastian

NIM : 091910201001

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul :
“Analisis Karakteristik Motor Induksi Satu Fasa Rotor Belitan Menggunakan
Sumber Tegangan Searah” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali jika
disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta
bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab 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, 27 Agustus 2015

Yang menyatakan,

(Rezha Toni Bastian)

NIM. 091910201001

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISTIK MOTOR INDUKSI SATU FASA ROTOR
BELITAN MENGGUNAKAN SUMBER TEGANGAN SEARAH**

Oleh :

Rezha Toni Bastian

NIM 091910201001

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi Berjudul "Analisis Karakteristik Motor Induksi Satu Fasa Rotor Belitan Menggunakan Sumber Tegangan Searah" Telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 27 Agustus 2015
Tempat : Ruang Ujian 1 Lantai 3 Gedung Dekanat

Menyetujui,

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Widyono Hadi, M.T.

19610414 198902 1001

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

19800610 200501 1003

Anggota I,

Anggota II,

Widjonarko, S.T., M.T.

19710908 199903 1001

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.

19710402 200312 1001

Mengesahkan,

Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.

19610414 198902 1001

Analisis Karakteristik Motor Induksi Satu Fasa Rotor Belitan Menggunakan Sumber Tegangan Searah

Rezha Toni Bastian

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Motor listrik terbagi menjadi dua tipe berdasarkan sumber tegangannya, yaitu motor arus bolak-balik dan motor arus searah. Dalam penelitian ini digunakan motor induksi satu fasa dua kutub rotor belitan yang termasuk sebagai motor AC tetapi diberikan tegangan sumber berupa tegangan DC. Pengujian sistem dilakukan dengan pengujian DC, pengaruh nilai hambatan terhadap motor DC, pengujian kecepatan putar motor, dan perbandingan daya. Pada pengujian DC dihasilkan nilai hambatan pada jangkar sebesar 13.9Ω dan total hambatan motor sebesar 20.965Ω . Pengaruh nilai hambatan terhadap motor DC akan mempengaruhi besar nilai tegangan yang dibangkitkan pada jangkar. Pada saat pengujian kecepatan putar, motor dengan tegangan DC sebesar 70 Volt menghasilkan nilai kecepatan putar 8734 rpm dan saat motor induksi dengan sumber tegangan AC 70 Volt sebesar 5970 rpm. Motor induksi dengan sumber tegangan DC menghasilkan nilai kecepatan putar yang lebih cepat dibandingkan motor dengan sumber tegangan AC. Pada analisis tentang daya motor dilakukan saat motor dengan nilai kecepatan putar yang hampir sama, saat motor dengan tegangan DC menghasilkan 4689 rpm saat tegangan sumbernya bernilai 40 Volt, menghasilkan arus 0.42 A dan nilai dayanya sebesar 16.8 Watt dan motor dengan tegangan AC menghasilkan 4796 rpm saat tegangan sumbernya 60 Volt, arus yang dihasilkan 0.48 A dan menghasilkan nilai daya 28.8 Watt. Dari segi perbandingan daya, motor dengan sumber DC akan memberikan kinerja yang lebih efisien daripada motor dengan sumber AC.

Kata kunci: Motor listrik, Motor induksi satu fasa, Tegangan searah, Hambatan jangkar.

Characteristic Analysis Of a Wound Rotor Single-Phase Induction Motor Using DC Source

Rezha Toni Bastian

Department of Electrical Engineering, Faculty of technology, University Jember

ABSTRACT

The electric motor itself is divided into two types based on the source voltage, alternating current motors and direct current motors. This research used a single-phase wound rotor induction motor two poles are included as alternating current motors but given the form of a DC voltage as source voltage. Testing is done by dc testing, effect of the resistance value to the DC motor, the motor speed test, and comparison of power. When testing using dc test produced anchor value of 13.9 Ω and a motor resistance total 20.965 Ω . The effect of the resistance value of the direct current motor will affect the great value of the voltage generated at anchor. At the time of testing the speed test, the motor with a DC source at 70 volts produces 8734 rpm and induction motor with an AC source at 70 Volt produces 5970 rpm. Induction motors with DC source, generates rotational speed faster than the motor with an AC voltage source. Analysis of the motor power is done when the motor with a value of rotational speed that is almost the same, when the motor with a DC source produces 4689 rpm voltage source is worth 40 Volts, generates the current values at 0.42 and rated power of 16.8 watts and a motor with an AC voltage produces 4796 rpm at voltage source 60 Volt, current generates 0.48 A produce 28.8 Watt. In terms of the ratio of power, motor with a DC source will provide a more efficient performance than the motor with AC source.

Keyword: *Electical motor, Single-Phase Induction Motor, DC Source, Anchor Resistance.*

RINGKASAN

Analisis Karakteristik Motor Induksi Satu Fasa Rotor Belitan Menggunakan Sumber Tegangan Searah; Rezha Toni Bastian, 091910201001; 2015; 52 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Dalam dunia kelistrikan kita tentunya sering mendengar kata motor listrik. Motor listrik merupakan suatu alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik dibagi menjadi dua tipe, yaitu motor arus searah (*Direct Current*) dan motor arus bolak-balik (*Alternating Current*).

Kebutuhan terhadap alat produksi yang tepat guna sangat diperlukan karena dapat meningkatkan efisiensi biaya dan waktu. Sebagian besar alat industri dan rumah tangga menggunakan tenaga listrik sebagai energi penggerak utamanya. Penggunaan motor dc ini banyak digunakan di berbagai aplikasi misalnya pada industri rumahan yang sumber listriknya adalah sumber DC. Motor DC sering digunakan karena mempunyai kelebihan diantaranya mudah untuk memahamai perencanaanya karena desain motor DC yang bersikat sederhana, sistem kontrolnya relatif lebih murah dan sederhana, cocok untuk aplikasi motor servo karena respon dinamikanya yang baik, untuk aplikasi berdaya rendah motor DC lebih murah dari motor AC. Motor DC juga tersedia berbagai banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang.

Dalam penelitian ini digunakan motor induksi satu fasa dua kutub rotor belitan yang termasuk sebagai motor AC tetapi diberikan tegangan sumber berupa tegangan DC. Pengujian sistem dilakukan dengan pengujian DC, pengaruh nilai hambatan terhadap motor DC, pengujian kecepatan putar motor, dan perbandingan daya. Pada pengujian DC dihasilkan nilai hambatan pada jangkar sebesar 13.9Ω dan total hambatan motor sebesar 20.965Ω . Pada saat pengujian kecepatan putar, motor dengan tegangan DC sebesar 70 Volt menghasilkan nilai kecepatan putar 8734 rpm dan saat motor induksi dengan sumber tegangan AC 70

Volt sebesar 5970 rpm. Motor induksi dengan sumber tegangan DC menghasilkan nilai kecepatan putar yang lebih cepat dibandingkan motor dengan sumber tegangan AC. Pada analisis tentang daya motor dilakukan saat motor dengan nilai kecepatan putar yang hampir sama, saat motor dengan tegangan DC menghasilkan 4689 rpm tegangan sumbernya bernilai 40 Volt dan arus 0.42 A dan nilai daya sebesar 16.8 Watt dan motor dengan tegangan AC menghasilkan 4796 rpm tegangan sumbernya 60 Volt dan arus 0.48 A menghasilkan nilai daya 28.8 Watt. Dari segi perbandingan daya, motor dengan sumber DC akan memberikan kinerja yang lebih efisien daripada motor dengan sumber AC.

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah Ke Hadirat Allah SWT, Yang Telah Memberikan Rahmat, Hidayah, Dan Karunia-Nya Sehingga Penulisan Laporan Skripsi Dengan Judul “Analisis Karakteristik Motor Induksi Satu Fasa Rotor Belitan Menggunakan Sumber Tegangan Searah” 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 Widjonarko, S.T., M.T. selaku Penguji Utama dan Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku Penguji Anggota.
5. Para Dosen beserta seluruh karyawan Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala dukungannya selama ini.
6. 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.
7. 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.
8. Teman – teman Mesin’09 Universitas Jember, Ucup, Ongky Jayenk, Rio Hawin, dan Ji sung yang selalu memotivasi selama kuliah dan proses mengerjakan tugas akhir.
9. Semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

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

Jember, Agustus 2015

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA	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 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Motor Listrik	4
2.2 Macam-Macam Motor Listrik	4
2.2.1 Motor Arus Bolak-Balik (Motor AC)	4
2.2.1.1 Motor Sinkron	5
2.2.1.2 Motor Induksi	5
2.2.2 Motor Arus Searah (Motor DC)	6
2.2.2.1 Motor DC Paralel (<i>Shunt</i>)	7

2.2.2.2 Motor DC Seri	7
2.2.2.3 Motor DC Kompon	8
2.3 Kontruksi Motor DC dan Motor AC	10
2.3.1 Konstruksi Umum Motor DC.....	10
2.3.1.1 Badan Motor / Rangka	11
2.3.1.2 Kutub Utama.....	12
2.3.1.3 Kutub Antara	13
2.3.1.4 Kumparan Medan.....	13
2.3.1.5 Celah Udara	14
2.3.1.6 Bantalan.....	14
2.3.1.7 Sikat Arang.....	14
2.3.1.8 Inti Jangkar dan Poros Jangkar	15
2.3.1.9 Kumparan Jangkar	15
2.3.1.10 Komutator.....	16
2.3.2 Konstruksi Umum Motor AC.....	17
2.3.2.1 Stator	18
2.3.2.2 Rotor.....	19
2.4Prinsip Kerja Motor DC dan Motor AC.....	22
2.4.1 Prinsip Kerja Motor DC.....	22
2.4.1.1 Gaya Gerak Listrik pada Motor DC.....	23
2.4.1.2 Rugi-Rugi Motor DC Eksitasi Sendiri	23
2.4.1.3 Daya Mekanik Motor	25
2.4.1.4 Efisiensi pada Motor DC.....	25
2.4.2 Prinsip Kerja Motor AC.....	26
2.4.2.1 Teori Medan Putar Silang.....	26
2.4.2.2 Teori Medan Putar Ganda	29
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Tempat Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan.....	31
3.2.1 Alat	31
3.2.2 Bahan	31

3.3	Prosedur Penelitian	32
3.4	Konfigurasi Sistem	33
3.5	Diagram Alir Penelitian	34
3.6	Pengujian Alat	26
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1	Pengujian DC Test	38
4.2	Pengaruh Nilai Hambatan pada Motor Sumber DC	39
4.3	Pengujian Kecepatan Putar Motor	40
4.3.1	Pengujian dengan Sumber Tegangan AC.....	40
4.3.2	Pengujian dengan Sumber Tegangan DC.....	43
4.3.3	Perbandingan Kecepatan Putar Motor Sumber AC dan Sumber DC.....	45
4.4	Perbandingan Pengukuran Kecepatan Putar dengan Hasil Perhitungan	47
4.5	Perbandingan Daya Motor	48
BAB 5.	PENUTUP	51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Spesifikasi Motor	34
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Pengujian Hambatan Motor Seri	38
Tabel 4.2 Pengaruh Hambatan terhadap Motor Tegangan DC	40
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kecepatan Motor Tegangan AC	41
Tabel 4.4 Pengukuran Kecepatan Motor Tegangan DC	44
Tabel 4.5 Perbandingan Kecepatan Putar Motor Sumber AC dan DC.....	45
Tabel 4.6 Data Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Putar	47
Tabel 4.7 Daya pada Masukan Tegangan DC dan Tegangan AC	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Klasifikasi Motor Listrik.....	4
Gambar 2.2 Motor Sinkron	5
Gambar 2.3 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Shunt	7
Gambar 2.4 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Seri	7
Gambar 2.5 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Kompon Panjang.....	9
Gambar 2.6 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Penguatan Kompon Pendek.....	10
Gambar 2.7 Kontruksi Motor DC.....	11
Gambar 2.8 Motor DC(a) Stator (b) Rotor.....	11
Gambar 2.9 Rangka Motor.....	12
Gambar 2.10 Sepatu Kutub	12
Gambar 2.11 Peletakan Kumparan Medan pada Kutub Utama	14
Gambar 2.1 Bantalan dan Kipas	14
Gambar 2.13 Sikat dan Pemegangnya	15
Gambar 2.14 Inti Jangkar dan Poros.....	15
Gambar 2.15 Jenis Kumparan Jangkar	16
Gambar 2.16 Letak dan Penampang Komutator	16
Gambar 2.17 Kostruksi Umum Motor Induksi 1 Fasa.....	17
Gambar 2.18 Stator dari Motor Induksi, Menunjukkan Kumparan Stator(a) Sketsa Stator (b) Tipe Stator	18
Gambar 2.19 Jenis Kumparan(a) Kumparan Jerat (b) Kumparan Terpusat (c) Kumparan Gelombang	19
Gambar 2.20 Rotor Sangkar(a) Sketsa Rotor Sangkar (b) Tipe Rotor Sangkar	20
Gambar 2.21 Tipe Rotor Belitan untuk Motor Induksi(a)Rotor Belitan Tampang Samping Kanan (b) Rotor Belitan Tampang Samping Kiri.....	21
Gambar 2.22 Diagram Potongan Rotor Belitan Pada Motor Induksi	21

Gambar 2.23 Prinsip Kerja Motor Arus Searah	22
Gambar 2.24 Medan Magnet Stator Berpulsasi Sepanjang Garis AC	26
Gambar 2.25 Motor Dalam Keadaan Berputar.....	27
Gambar 2.26 Fluks Rotor Tertinggal Terhadap Fluks Stator Sebesar 90°	28
Gambar 2.27 Medan Silang yang Dibangkitkan Arus Rotor	29
Gambar 2.28 <i>Phasor</i> Medan Putar yang Dihasilkan oleh Belitan Stator dan Rotor	29
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem.....	33
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 3.3 Diagram Blok DC Test	36
Gambar 4.1 Pengukuran Kecepatan Motor Tegangan AC 10 Volt	41
Gambar 4.2 Pengukuran Kecepatan Motor Tegangan AC 50 Volt	42
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tegangan AC Terhadap Kecepatan Putar	42
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Kecepatan Putar Tegangan 10 Volt DC.....	43
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Tegangan Sumber dengan Kecepatan Putar	44
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar saat Tegangan AC dan DC	46
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Kecepatan Putar dengan Daya Motor	49

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia kelistrikan kita tentunya sering mendengar kata motor listrik. Motor listrik merupakan suatu alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, energi mekanik inilah yang akan dimanfaatkan oleh pengguna atau konsumen. Motor listrik banyak kita temui dalam aplikasi sehari-hari dari peralatan rumah tangga seperti kipas angin, blender, mesin cuci, pompa air, penyedot debu, sampai alat-alat pada industri atau pabrik (UNEP, 2006).

Motor listrik dibagi menjadi dua tipe, yaitu motor arus searah (*Direct Current*) dan motor arus bolak-balik (*Alternating Current*). Motor arus searah dan arus bolak-balik sendiri mempunyai kelebihan, kelemahan serta perbedaannya masing-masing. Seperti halnya yang kita ketahui, banyak sekali motor listrik yang dijual di pasaran, namun motor arus bolak-balik yang lebih populer karena lebih murah bila dibandingkan dengan motor arus searah. Namun dalam hal lain motor arus searah juga dapat dipertimbangkan kelebihannya dibanding dengan penggunaan motor arus bolak-balik, yaitu dalam segi pengaturan kecepatan. Pada motor arus searah kecepatan putar yang dihasilkan lebih mudah dikontrol dibandingkan dengan kecepatan putar motor arus bolak-balik yang kurang stabil (Wijaya, 2001).

Pada masa modern kini telah banyak dilakukan penelitian dan uji coba motor listrik untuk setiap kekurangan yang dimiliki pada motor AC maupun DC sehingga dapat lebih efisien, baik dan tepat guna. Penelitian kali ini penulis mencoba menganalisis motor induksi satu fasa yang pada penelitian sebelumnya menggunakan sumber AC, namun kali ini mendapatkan sumber DC yang didapatkan melalui penyearahan arus bolak-balik menjadi arus searah. Melalui penelitian ini diharapkan menjadi salah satu sumber penelitian tentang bagaimana respon motor induksi satu fasa bila mendapat sumber DC serta dapat menganalisa lebih baik kinerja motor listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian kali ini :

1. Bagaimana pengaruh rotor belitan terhadap motor induksi 1 fasa 2 kutub dengan masukan tegangan searah?
2. Bagaimana pengaruh nilai hambatan jangkar terhadap kecepatan putar saat sumber masukan tegangan searah?
3. Bagaimana pengaruh kecepatan putar motor dengan tegangan searah dibandingkan dengan masukan tegangan bolak-balik pada motor induksi 1 fasa 2 kutub dengan rotor belitan?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memperjelas dan menghindari meluasnya masalah, maka batasan masalahnya yaitu:

1. Tegangan masukan tegangan bolak-balik lalu dengan tegangan searah.
2. Motor yang digunakan adalah motor induksi 1 fasa 2 kutub.
3. Jangkar yang digunakan adalah tipe belitan.
4. Tipe kumparan jangkar adalah kumparan jerat.
5. Kumparan pada medan adalah kumparan terpusat 2 kutub.
6. Tidak membahas motor yang digunakan sebagai mesin penggerak generator.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

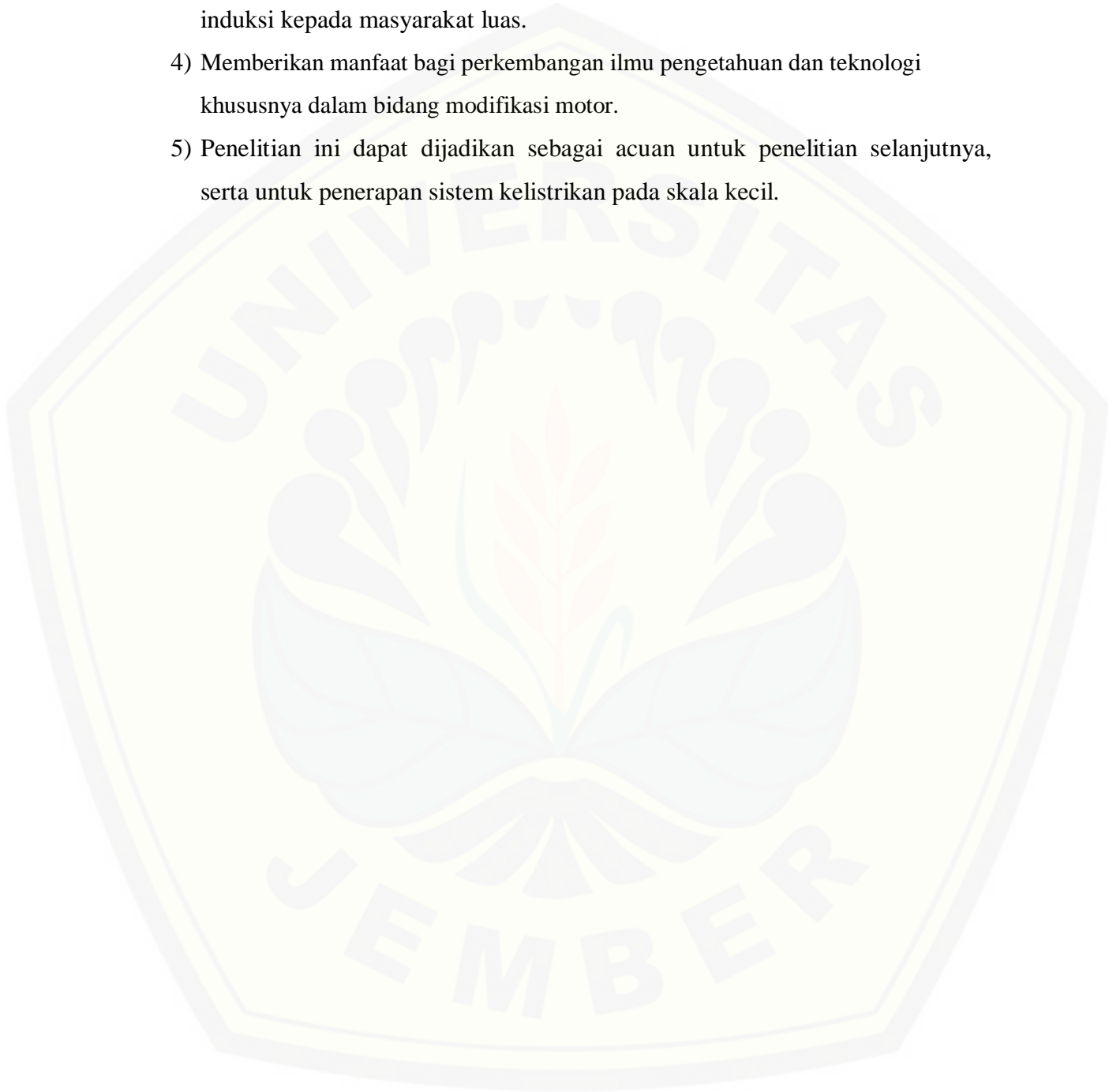
- 1) Memahami dan mengetahui karakteristik motor induksi 1 fasa 2 kutub rotor belitan dengan masukan tegangan searah.
- 2) Mengetahui pengaruh masukan tegangan searah pada motor induksi dengan sumber tegangan searah pada kecepatan putar motor.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- 1) Dapat memberikan alternatif pengujian terhadap motor induksi rotor belitan dengan tegangan searah untuk penelitian mendatang.

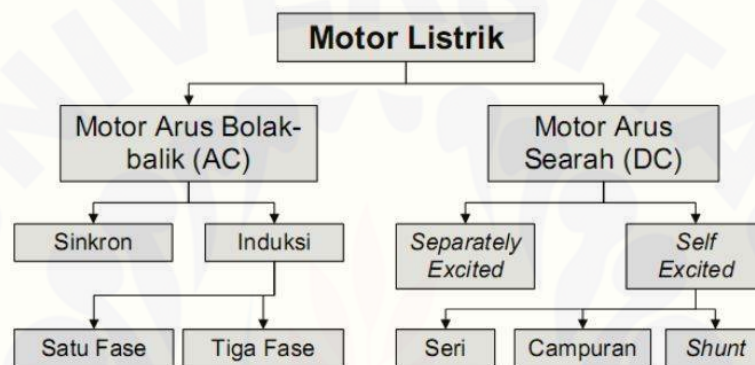
- 2) Dapat memberikan jelas pandangan tentang karakteristik motor induksi bila mendapat tegangan masukan yang berbeda.
- 3) Dengan penelitian ini diharapkan mampu mengimplementasikan motor induksi kepada masyarakat luas.
- 4) Memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam bidang modifikasi motor.
- 5) Penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya, serta untuk penerapan sistem kelistrikan pada skala kecil.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan sebagai pemutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat beban dan lain-lain. Motor listrik dibagi menjadi 2 jenis utama, yaitu motor arus bolak-balik (motor AC) dan motor arus searah (motor DC).



Gambar 2.1 Klasifikasi Motor Listrik (Sumber: UNEP,2006)

Pada motor listrik jenis AC terdapat motor listrik jenis sinkron dan induksi satu fasa dan tiga fasa yang umumnya digunakan pada mesin industri besar. Untuk jenis motor DC sendiri dibagi menjadi penguat terpisah dan penguat sendiri.

2.2 Macam-Macam Motor Listrik

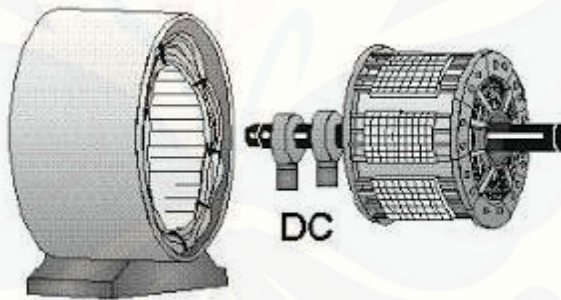
2.2.1 Motor Arus Bolak-Balik (Motor AC)

Motor arus bolak-balik adalah Motor listrik jenis ini menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya dengan teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik arus bolak-balik mempunyai dua buah bagian dasar listrik, yaitu stator dan rotor. Stator adalah komponen listrik statis, sedangkan rotor adalah komponen listrik berputar untuk memutar as motor. Motor AC memiliki dua tipe yaitu motor sinkron dan motor induksi yang dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan jumlah fasanya, motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Kelemahan

motor AC terhadap motor DC adalah bahwa kecepatan motor AC lebih sulit dikendalikan daripada motor DC. Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekuensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya.

2.2.1.1 Motor Sinkron

Motor Sinkron adalah mesin sinkron yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Mesin sinkron mempunyai kumparan jangkar pada stator dan kumparan medan pada rotor. 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. Jadi konstruksi motor sinkron ini adalah sama dengan generator sinkron, bedanya hanya bahwa generator sinkron rotornya diputar untuk menghasilkan tegangan, sedangkan motor sinkron statornya diberi tegangan agar rotornya berputar.



Gambar 2.2 Motor Sinkron (Sumber: UNEP,2006)

2.2.1.2 Motor Induksi

Motor induksi 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. Motor induksi bisa disebut juga dengan mesin tidak serempak atau motor asinkron karena putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator.

Penggunaan mesin induksi sebagai motor listrik cukup banyak digunakan, hal ini karena motor induksi mempunyai beberapa keuntungan seperti bentuk dan konstruksinya yang sederhana, murah, perawatan yang minimum. Namun selain memiliki keuntungan yang telah disebutkan, mesin induksi mempunyai beberapa faktor yang kurang menguntungkan seperti pengaturan kecepatan yang mempengaruhi efisiensinya, kecepatan akan berkurang jika bebannya bertambah, dan kopel mulanya lebih rendah daripada mesin DC paralel.

2.2.2 Motor Arus Searah (Motor DC)

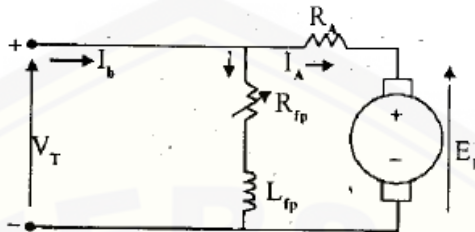
Mesin-mesin DC sangat dikenal karena pemakaiannya yang beraneka ragam, dengan melakukan berbagai penggabungan lilitan medan yang diteral secara shunt, seri maupun secara terpisah, dapat dirancang suatu mesin yang menampilkan karakteristik volt-ampere atau kecepatan-momen-kakas yang bermacam-macam bagi penggunaan dinamik maupun keadaan-ajek. Karena mudah diatur, sistem mesin DC sering kali dipergunakan pada pemakaian yang memerlukan rentang kecepatan motor yang lebar atau pengaturan yang teliti pada keluaran motornya.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan *rolling mills*, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya. Motor DC juga relatif mahal dibanding motor AC.

Motor DC berkerja sesuai dengan prinsip hukum induksi Faraday, jika suatu penghantar yang membawa arus listrik diletakkan dalam suatu medan magnet, maka akan timbul gaya mekanik. Gaya menimbulkan torsi dan menghasilkan rotasi mekanik sehingga motor akan berputar. Berdasarkan penguatannya, motor DC dibagi menjadi dua yaitu motor DC penguatan terpisah dan motor DC penguatan sendiri.

2.2.2.1 Motor DC Paralel (*Shunt*)

Pada jenis motor DC paralel (*Shunt*) ini fluks medannya diperoleh dari rangkaian medan yang dihubungkan paralel dengan terminal motor tersebut.



Gambar 2.3 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Shunt (Sumber: Moechtar Wijaya,2001)

Dari rangkaian ekuivalen pada gambar 2.3, berdasarkan hukum Kirchoff tentang tegangan didapatkan persamaan:

$$V_T = E_B + I_A \cdot R_A \dots \dots \dots (2.1)$$

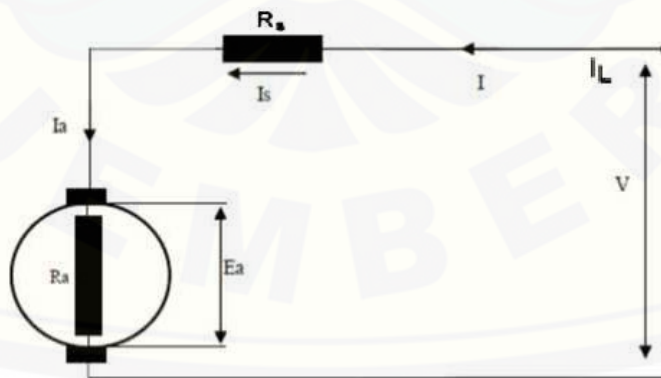
Keterangan :

$$I_b = I_A + I_{fp} \text{ (arus beban)}$$

$$I_{fp} = V_T / R_{fp} \text{ (arus medan penguat paralel)}$$

2.2.2.2 Motor DC Seri

Pada motor arus searah penguatan seri, kumparan medan dihubungkan secara seri dengan rangkaian jangkar. Oleh sebab itu arus yang mengalir pada kumparan medan seri sama dengan arus yang mengalir pada kumparan jangkar.



Gambar 2.4 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Seri (Sumber: Moechtar Wijaya,2001)

Dari gambar rangkaian ekuivalen 2.4, berdasarkan hukum Kirchoff tentang tegangan didapatkan persamaan:

$$E_A = V_T - I_A \cdot (R_A + R_S) \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

V_T = Tegangan sumber (Volt)

E_A = Tegangan yang dibangkitkan (Volt)

I_A = Arus jangkar (A)

R_A = Tahanan jangkar (ohm)

R_S = Tahanan stator (ohm)

Dimana $I_A = I_b = I_T$, karena dirangkai secara seri maka arus pada setiap hambatan nilainya sama dengan arus masukan dan arus keluaran. Untuk mencari nilai tegangan pada jangkar kita dapat menggunakan persamaan berikut.

$$V_A = I_A \cdot R_A \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

V_A = Tegangan jangkar (Volt)

I_A = Arus jangkar (Ampere)

R_A = Tahanan jangkar (Ohm)

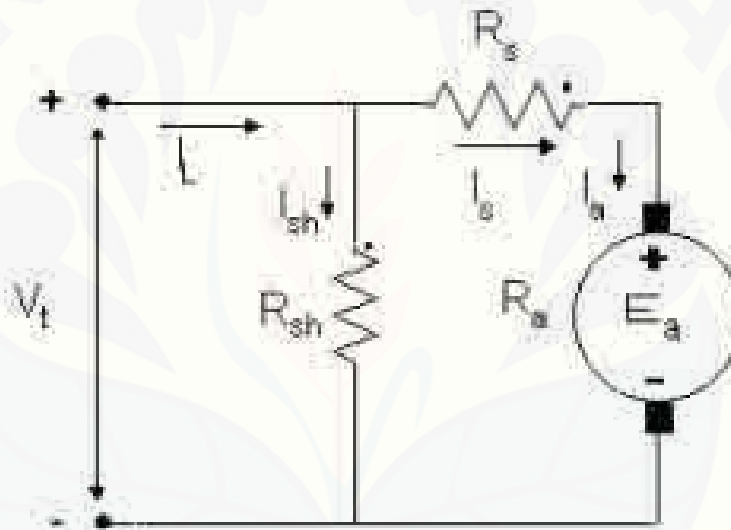
2.2.2.3 Motor DC Kompon

Motor DC kompon merupakan gabungan dari motor DC penguatan shunt dan penguatan seri, yang dilengkapi dengan kumparan shunt dan seri dengan sifat yang dimiliki merupakan gabungan dari keduanya. Motor DC kompon bisa dihubungkan sebagai kompon pendek atau dalam kompon panjang. Perbedaan dari kedua hubungan ini hampir tidak ada, karena tahanan kumparan seri kecil, sehingga tegangan drop pada kumparan ini ditinjau dari tegangan terminal kecil sekali dan terpengaruh. Biasanya kumparan seri dihubungkan sedemikian rupa, sehingga kumparan seri ini membantu kumparan shunt, yakni MMFnya searah. Bila generator ini dihubungkan seperti itu, maka dikatakan generator itu mempunyai kumparan kompon bantu. Mesin yang mempunyai kumparan seri melawan medan shunt disebut kompon lawan dan ini biasanya digunakan untuk

motor atau generator-generator khusus seperti untuk mesin las. Dalam hubungan kompon bantu yang mempunyai peranan utama ialah kumparan shunt dan kumparan seri dirancang untuk kompensasi MMF akibat reaksi jangkar dan juga tegangan drop dijangkar pada range beban tertentu. Ini mengakibatkan tegangan generator akan diatur secara otomatis pada satu range beban tertentu.

Pada motor DC kompon terdapat dua tipe yaitu motor DC penguatan kompon panjang dan motor DC penguatan kompon pendek. Pada motor DC kompon panjang, kumparan medan serinya terhubung secara seri terhadap kumparan jangkarnya dan terhubung paralel terhadap kumparan medan shunt.

Rangkaian ekuivalen motor DC penguatan kompon panjang adalah sebagai berikut.



Gambar 2.5 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Kompon panjang (Capman ,1991)

Persamaan-persamaan yang berlaku pada motor DC penguatan kompon panjang adalah :

$$V_t = E_a + I_a.R_a + I_s.R_s \dots\dots\dots(2.4)$$

$$I_L = I_a + I_{sh} \dots\dots\dots(2.5)$$

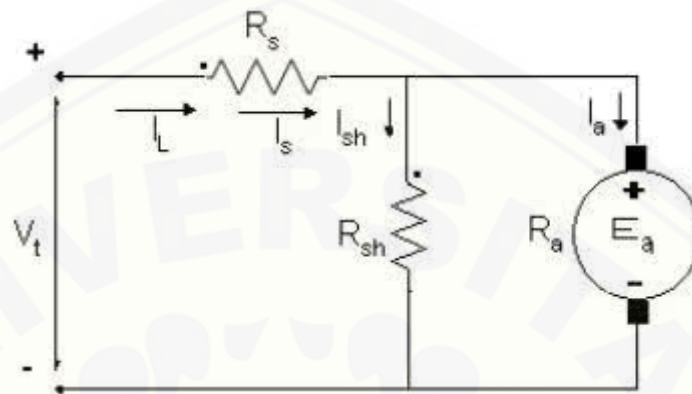
$$I_s = I_a \dots\dots\dots(2.6)$$

Maka $V_t = E_a + I_a(R_a + R_s) \dots\dots\dots(2.7)$

$$I_{sh} = \frac{V_t}{R_{sh}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Pada motor DC penguatan kompon pendek, kumparan medan serinya terhubung secara paralel terhadap kumparan jangkar dan kumparan medan shunt.

Rangkaian ekuivalen motor DC penguatan kompon pendek dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Rangkaian Ekuivalen Motor DC Penguatan Kompon Pendek (Capman ,1991)

Persamaan-persamaan yang berlaku pada motor DC penguatan kompon pendek adalah :

$$V_t = E_a + I_a \cdot R_a + I_s \cdot R_s \dots \dots \dots (2.10)$$

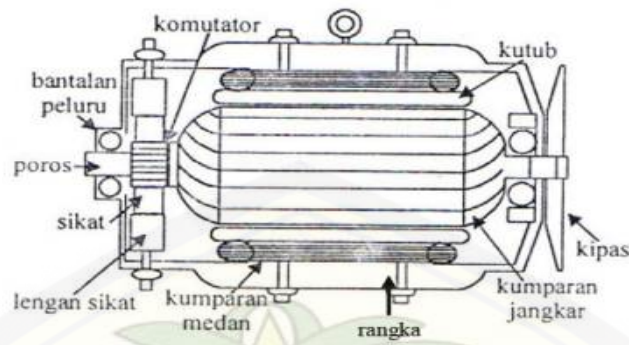
$$I_L = I_s = I_a + I_{sh} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$I_{sh} = \frac{V_t - I_s \cdot R_s}{R_{sh}} \dots \dots \dots (2.12)$$

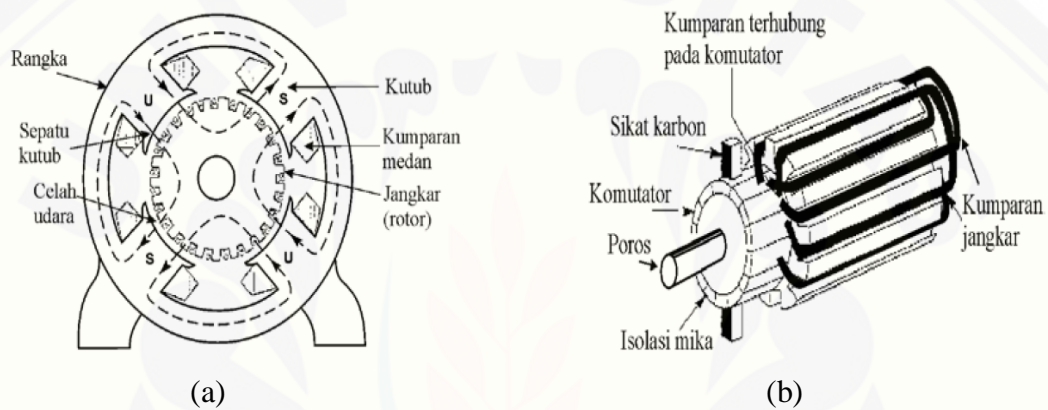
2.3 Konstruksi Motor DC dan Motor AC

2.3.1 Konstruksi Umum Motor DC

Motor DC terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang berputar (rotor). Konstruksi motor DC dapat dilihat untuk lebih jelasnya pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Konstuksi Motor DC (Tonny, 2011)



(a) Stator ;(b) Rotor

Gambar 2.8 Motor DC (Tonny, 2011)

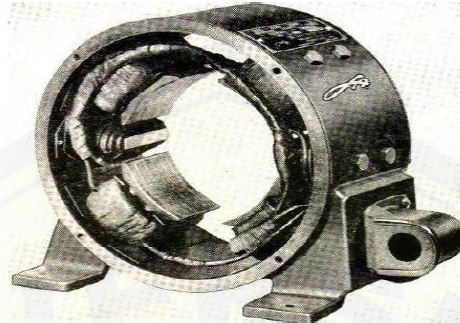
2.3.1.1 Badan Motor / Rangka

Rangka (*frame* atau *yoke*) mesin DC seperti juga mesin-mesin listrik lainnya secara umum memiliki dua fungsi, yaitu:

- Merupakan sarana pendukung mekanik untuk mesin secara keseluruhan.
- Untuk membawa fluks magnetik yang dihasilkan oleh kutub-kutub magnet.

Untuk mesin kecil, pertimbangan harga lebih dominan dari pada beratnya, biasanya rangkanya terbuat dari besi tuang (*cast iron*), tetapi untuk mesin mesin besar umumnya terbuat dari baja tuang (*cast steel*) atau lembaran baja (*rolled steel*). Rangka ini pada bagian dalam dilaminasi untuk mengurangi rugi-rugi inti, selain itu rangka ini juga harus memiliki permeabilitas yang tinggi, disamping kuat secara mekanik. Biasanya pada motor terdapat papan nama (*name plate*) yang bertuliskan spesifikasi umum atau data-data teknik dari mesin, juga terdapat

kotak ujung yang merupakan tempat-tempat ujung-ujung belitan penguat medan dan lilitan jangkar.



Gambar 2.9 Rangka Motor (Tonny, 2011)

2.3.1.2 Kutub Utama

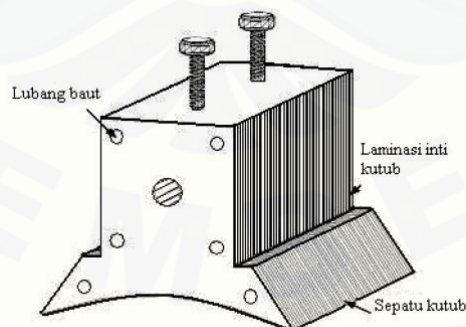
Kutub utama pada suatu mesin DC (motor DC) terdiri atas

a. Inti Kutub

Inti kutub ini terbuat dari laminasi baja yang terisolasi satu sama lain dengan permaebilitas tinggi. Bentuknya biasanya datar atau menonjol (*salient*) berfungsi untuk menghasilkan fluks magnet.

b. Sepatu Kutub

Sepatu kutub yang terletak berdekatan celah udara, berfungsi untuk memperlebar fluks magnet agar terdistribusi merata meliputi daerah yang luas di celah udara dan permukaan inti jangkar.



Gambar 2.10 Sepatu Kutub (Tonny, 2011)

2.3.1.3 Kutub Antara

Dengan bentuk yang lebih kecil dari kutub utama, serta jumlah kutub yang sama atau setengah dari kutub utama. Berfungsi untuk membangkitkan fluks magnet di daerah jangkar diantara medan utama agar tidak terdistorsi, distorsi dapat menyebabkan *ripple* gelombang dan berakibat loncatan api di sikat arang.

2.3.1.4 Kumparan Medan

Kumparan medan yang dikenal juga dengan kumparan penguat yang berfungsi untuk menghasilkan fluks magnet, diletakkan pada inti kutub. Adapun kumparan medan ini akan disuplai dengan sumber tegangan searah (DC). Ada beberapa jenis cara untuk meletakkan kumparan medan dan bagiandari kumparan medan ini, yang diantaranya

a. Kumparan *Shunt*

Jumlah lilitan yang banyak, dengan kawat berdiameter kecil menyebabkan tahanannya besar yang memungkinkan diparalel dengan tegangan terminal.

b. Kumparan Seri

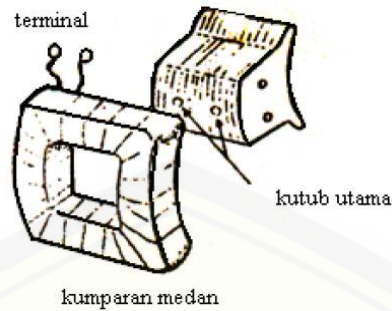
Jumlah lilitan sedikit, namun kawat diameternya besar sehingga mampu dilalui arus cukup besar. Sementara tahanannya kecil sehingga rugi tegangannya kecil.

c. Kumparan Komutasi / Antara

Disambungkan secara seri dengan kumparan utama sehingga arus yang mengalir cukup besar, dengan penampang yang kawat besar dan jumlah lilitan sedikit.

d. Kumparan Kompensasi

Biasanya dijumpai pada mesin berkapasitas besar, untuk mengantisipasi distorsi medan utama dan membantu penyebaran fluks secara merata selama terbebani. Adapun kumparan kompensasi ini diletakkan pada sepatu kutub.



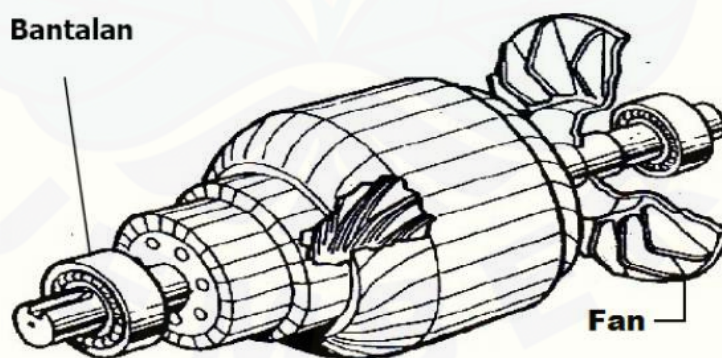
Gambar 2.11 Peletakan Kumparan Medan pada Kutub Utama (Tonny, 2011)

2.3.1.5 Celah Udara

Celah udara berperan sebagai pemisah antara kumparan jangkar dengan kumparan medan yang memberikan ruang untuk kumparan jangkar berputar, serta sebagai tempat mengalirkan fluks yang dihasilkan oleh kutub - kutub medan.

2.3.1.6 Bantalan

Bantalan daripada suatu mesin DC dapat dibedakan menjadi : mesin terbuka, setengah terbuka, tahan percikan api, dan tertutup dengan pendingin zat cair atau gas. Sedangkan *bearing* (bantalan) adalah merupakan tempat bertumpunya rotor sehingga dapat berputar. Terpasang di ujung rotor, dikenal dengan AS (*After Shaft*) dan BS (*Before Shaft*).

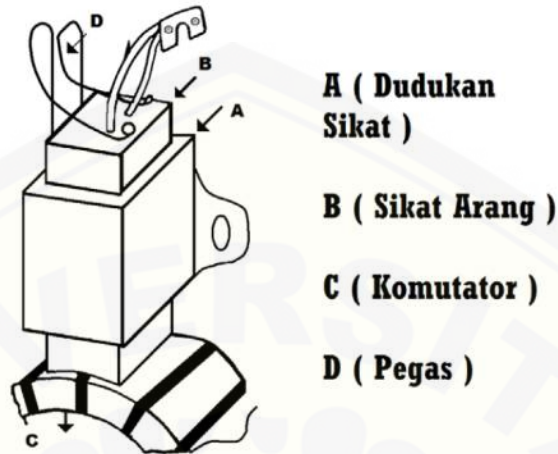


Gambar 2.12 Bantalan dan kipas (Tonny, 2011)

2.3.1.7 Sikat arang

Sikat ini ditempatkan diatas komutator dengan pegas yang memberikan tingkatan penekanan sesuai yang diinginkan. Sikat sebaiknya memiliki

konduktivitas tinggi untuk mengurangi rugi – rugi listrik dan memiliki koefisien gesek yang rendah untuk mengurangi keausan (*excessive wear*).



Gambar 2.13 Sikat dan Pemegangnya (Tonny, 2011)

2.3.1.8 Inti Jangkar dan Poros Jangkar

Terdiri dari laminasi besi permeabilitas tinggi, terdapat slot atau alur untuk kumparan, berlubang untuk udara pendingin. Inti jangkar berfungsi sebagai tempat dudukan belitan jangkar, sedangkan poros berfungsi sebagai pemutar beban.



Gambar 2.14 Inti Jangkar dan Poros (Tonny, 2011)

2.3.1.9 Kumparan Jangkar

Kumparan jangkar terbuat dari kawat penghantar, sebagai tempat dibangkitkannya GGL induksi. Jenis konstruksi kumparan jangkar pada rotor ada tiga macam.

a. Kumbaran jerat (*lap winding*)

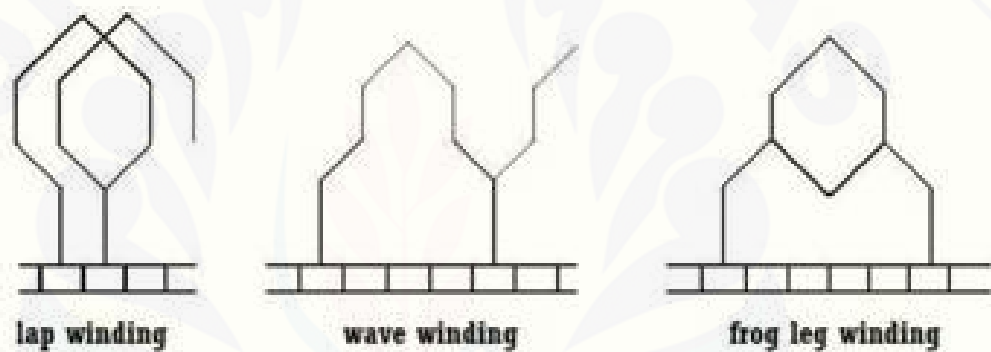
Pada lap winding ujung kumparan yang satu terhadap ujung yang lain menempati segmen komutasi berdekatan. *Lap winding* biasanya terdapat masalah arus putar kumparan (*circulating current*), maka perlu diantisipasi dengan equalizing.

b. Kumbaran gelombang (*wave winding*)

Pada suatu kumparan maka ujung yang satu terhadap yang lain menempati jarak yang cukup jauh yaitu 180° listrik.

c. Kumbaran zig – zag (*frog-leg winding*)

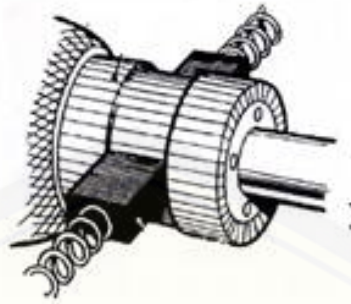
Disebut juga *self equalizing winding* yang merupakan gabungan antara *lap winding* dan *wave winding*.



Gambar 2.15 Jenis kumparan Jangkar (Tonny, 2011)

2.3.1.10 Komutator

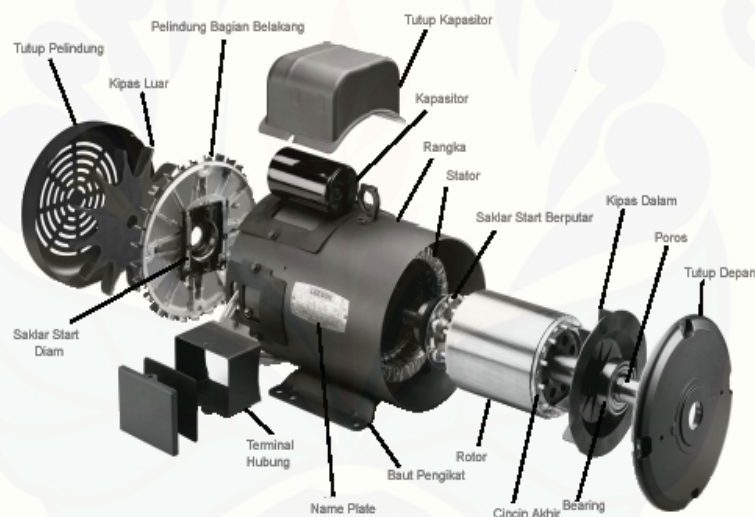
Komutator terdiri dari sejumlah segmen tembaga yang berbentuk lempengan yang dirakit ke dalam silinder yang terpasang pada poros. Dimana tiap-tiap lempengan atau segmen komutator terisolasi dengan baik antara satu sama lainnya. Isolasi pada komutator adalah mika. Komutator ini berfungsi untuk merubah arus bolak – balik pada kumparan jangkar menjadi DC.



Gambar 2.16 Letak dan Penampang komutator (Tonny, 2011)

2.3.2 Konstruksi Umum Motor AC

Berikut ini adalah konstruksi secara umum motor induksi 1 fasa dan bagian-bagiannya.

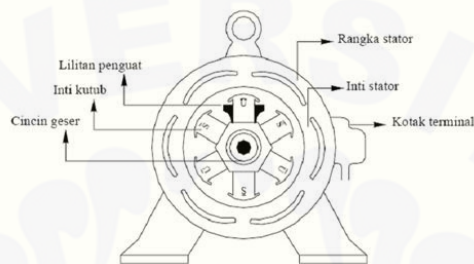


Gambar 2.17 Konstruksi umum motor induksi 1 fasa (Sumber: Sinaga, 2011)

Konstruksi motor induksi AC satu fasa hampir sama dengan konstruksi motor DC, yaitu terdiri dari dua 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.

2.3.2.1 Stator

Stator merupakan bagian yang diam sebagai rangka tempat kumparan stator yang terpasang. Stator terdiri dari : inti stator, kumparan stator, dan alur stator. Motor induksi satu fasa dilengkapi dengan dua kumparan stator yang dipasang terpisah, yaitu kumparan utama (*main winding*) atau sering disebut dengan kumparan berputar dan kumparan bantu (*auxiliary winding*) atau sering disebut dengan kumparan *start*.



(a)



(b)

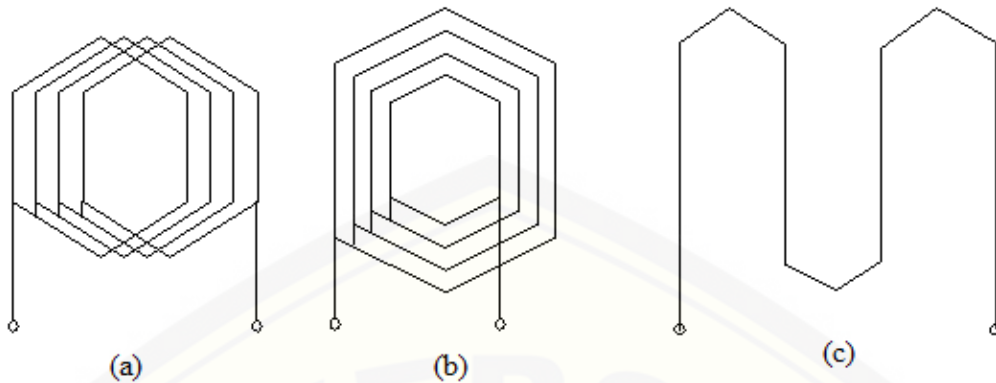
(a) Sketsa Stator ; (b) Tipe Stator

Gambar 2.18 Stator dari motor induksi, menunjukkan kumparan stator (Sumber: *MagneTek, Inc.*)

a. Bentuk Kumparan Stator

Bentuk kumparan stator dari motor induksi 1 fasa dapat dibagi menjadi tiga macam, hal semacam ini adalah tergantung dari cara melilitkannya kedalam alur-alur stator. Bentuk kumparan-kumparan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Kumparan jerat (*spiral*).
2. Kumparan terpusat (*concentric winding*).
3. Kumparan gelombang (*wave winding*).



(a) Kumparan Jerat; (b) Kumparan Terpusat; (c) Kumparan Gelombang

Gambar 2.19 Jenis kumparan (Sumber: Nanang, 2011)

Fungsi dari ketiga jenis kumparan tersebut adalah sebagai berikut:

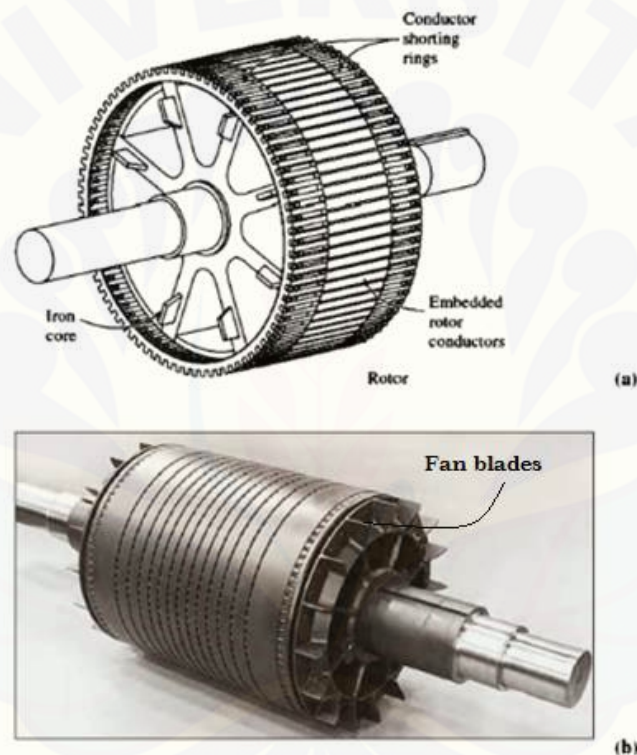
- Kumparan jerat (*spiral*) banyak digunakan untuk motor–motor (generator) dengan kapasitas yang relatif besar. Umumnya untuk kelas menengah keatas, walaupun secara khusus ada mesin listrik dengan kapasitas yang lebih besar, kumparan statornya menggunakan sistem kosentris.
- Kumparan terpusat (*concentric*) pada umumnya sistem ini banyak digunakan untuk motor dan generator dengan kapasitas kecil. Walaupun ada juga secara khusus motor–motor dengan kapasitas kecil menggunakan kumparan dengan tipe spesial.
- Kumparan gelombang (*wave winding*) untuk motor dengan belitan sistem ini banyak digunakan kapasitor besar.

2.3.2.2 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*). Kedua tipe rotor ini menggunakan laminasi melingkar yang terikat erat pada poros. Penampang rotor sangkar tupai memiliki konstruksi yang sederhana. Batang rotor dan cincin ujung sangkar tupai yang kecil merupakan coran tembaga atau aluminium dalam

satu lempeng pada inti rotor. Pada motor yang lebih besar, batang rotor dibenamkan dalam alur rotor dan kemudian di las dengan kuat ke cincin ujung.

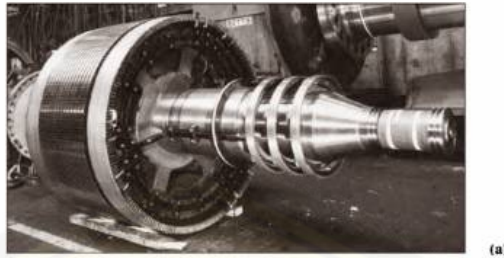
Apabila dilihat tanpa inti rotor, maka batang rotor ini kelihatan seperti kandang tupai, oleh karena itu motor induksi dengan rotor sangkar tupai dinamakan motor induksi sangkar tupai. Pada ujung cincin penutup dilekatkan kipas yang berfungsi sebagai pendingin. Rotor jenis ini tidak terisolasi, karena batangan dialiri arus yang besar pada tegangan rendah.



(a) Sketsa Rotor Sangkar; (b) Tipe Rotor Sangkar

Gambar 2.20 Rotor sangkar (Sumber: *General Electric Company*.)

Pada tipe rotor belitan, slot rotor menampung belitan terisolasi yang mirip dengan belitan pada stator. Belitan rotor terdistribusi merata, biasanya terhubung bintang dan masing – masing ujung fasa terbuka yang terhubung pada cincin slip yang terpasang pada rotor.



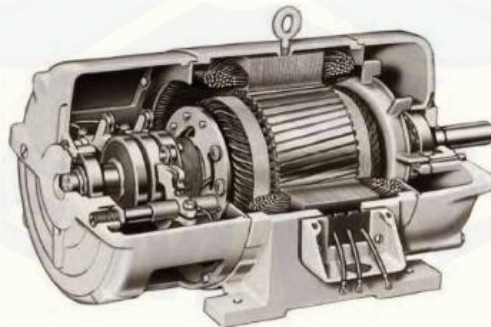
(a)



(b)

(a) Rotor Belitan Tampang Samping Kanan; (b) Rotor Belitan Tampang Samping Kiri
Gambar 2.21 Tipe rotor belitan untuk motor induksi (Sumber: *General Electric Company.*)

Pada motor rotor belitan, sikat karbon menekan cincin slip, oleh karena itu tahanan eksternal dapat dihubungkan seri dengan belitan rotor untuk mengontrol torsi *start* dan kecepatan selama *starting*. Penambahan tahanan eksternal pada rangkaian rotor belitan menghasilkan torsi yang lebih besar dengan arus *starting* yang lebih kecil dibanding rotor sangkar. Konstruksi motor induksi dengan rotor belitan dapat dilihat pada Gambar 2.22.

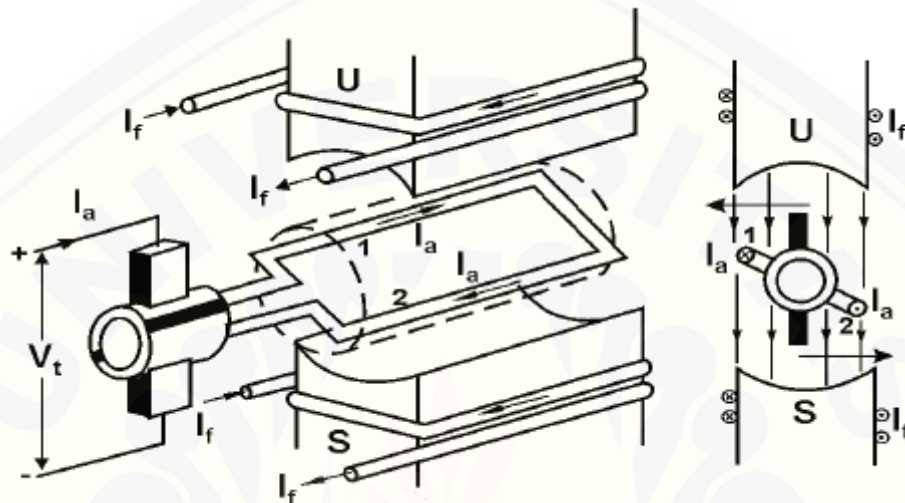


Gambar 2.22 Diagram potongan rotor belitan pada motor induksi (Sumber: *MagneTek, Inc.*)

2.4 Prinsip Kerja Motor DC dan Motor AC

2.4.1 Prinsip Kerja Motor DC

Prinsip kerja dari motor listrik adalah pemanfaatan sifat dari magnet, yaitu tolak-menolak ketika dua kutub yang sama saling berhadapan dan tarik-menarik ketika dua kutub yang berhadapan berbeda.



Gambar 2.23 Prinsip Kerja Motor Arus Searah

Berdasarkan gambar 2.23 ini kedua kutub stator dibelitkan dengan konduktor-konduktor sehingga membentuk kumparan yang dinamakan kumparan stator atau kumparan medan. Kumparan medan tersebut dihubungkan dengan suatu sumber tegangan, maka pada kumparan medan akan mengalir arus medan (I_f). Kumparan medan yang dialiri arus ini akan menimbulkan fluksi utama yang dinamakan fluksi stator. Fluksi ini merupakan medan magnet yang arahnya dari kutub utara menuju ke kutub selatan (hal ini dapat dilihat dengan adanya garis-garis fluksi). Apabila pada kumparan jangkar mengalir arus yakni arus jangkar, berdasarkan hukum Lorentz kita ketahui apabila sebuah konduktor yang dialiri arus ditempatkan pada sebuah medan magnet maka pada konduktor tersebut akan timbul gaya, demikian pula halnya pada kumparan jangkar. Besarnya gaya ini bergantung dari besarnya arus yang mengalir pada kumparan jangkar (I), kerapatan fluksi (B), dari kedua kutub dan panjang konduktor jangkar (l). Semakin besar fluksi yang terimbas pada kumparan jangkar maka arus yang

mengalir pada kumparan jangkar juga besar, dengan demikian gaya yang terjadi pada konduktor juga semakin besar.

Jika arus jangkar (I) tegak lurus dengan arah induksi magnetik (B) maka besar gaya yang dihasilkan oleh arus yang mengalir pada konduktor jangkar yang ditempatkan dalam suatu medan magnet adalah :

$$F = B \cdot I \cdot l \text{ Newton} \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

I = Arus yang mengalir pada konduktor jangkar (Ampere)

B = Kerapatan Fluksi (Weber/m²)

l = Panjang konduktor jangkar (m)

2.4.1.1 Gaya Gerak Listrik pada Motor DC

Ketika jangkar motor berputar konduktornya juga berputar dan memotong fluksi utama. Sesuai dengan hukum faraday, akibat gerakan konduktor di dalam suatu medan magnetik maka pada konduktor tersebut akan timbul GGL induksi yang diinduksikan pada konduktor tersebut dimana arahnya berlawanan dengan tegangan yang diberikan pada motor. Karena arahnya melawan, maka hal tersebut disebut GGL lawan. Besarnya tegangan yang diinduksikan tersebut sesuai dengan persamaan berikut:

$$E_b = K \cdot n \cdot \emptyset \text{ (Volt) } \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan :

K = Konstanta (bergantung pada ukuran fisik motor)

\emptyset = Fluksi setiap kutub

n = Kecepatan putar (rpm)

2.4.1.2 Rugi – Rugi Motor DC Eksitasi Sendiri

Motor DC menerima daya masukan berupa energi listrik dan menghasilkan daya keluaran berupa energi mekanis. Akan tetapi, tidak seluruh daya masukan ke motor diubah menjadi daya keluaran yang berguna, selalu ada energi yang hilang selama proses pengkonversian energi tersebut. Energi yang hilang tersebut ada yang dikonversikan menjadi panas dan ada yang diserap oleh mesin untuk

mengatasi gesekan karena adanya bagian yang berputar di dalam mesin. Rugi-rugi daya dalam bentuk panas ini jika nilainya terlalu besar akan dapat menyebabkan kenaikan temperatur motor yang dapat merusak isolasi dan mempercepat berkurangnya umur ekonomis motor sehingga membatasi daya keluaran motor.

Dengan demikian selalu ada selisih antara daya masukan dan daya keluaran motor. Ini merupakan rugi-rugi daya yang terjadi di dalam motor. Dalam persamaan dinyatakan dengan :

$$\Sigma \text{ Rugi-Rugi} = \text{Daya Masukan} - \text{Daya Keluaran} \dots\dots\dots (2.15)$$

Akhirnya, rugi-rugi di dalam motor DC didefinisikan sebagai selisih daya antara daya masukan yang diterima motor dengan daya keluaran yang dapat dihasilkannya dimana selisih daya tersebut berubah menjadi bentuk energi yang lain yang tidak dapat digunakan bahkan dapat merugikan bagi motor itu sendiri.

Sebagian tenaga listrik (input) motor DC hilang atau berubah menjadi panas. Dalam hal ini akan menimbulkan panas yang berlebihan yang berakibat rusaknya isolasi. Hal tersebut terjadi pada setiap mesin DC, baik itu generator DC maupun motor DC dan mesin ac. Kerugian – kerugian itu antara lain disebabkan oleh reaksi jangkar, arus liar, gesekan, arus yang mengalir pada belitan, rheostat dan sebagainya.

1. Rugi-Rugi Tembaga

Rugi-rugi tembaga adalah rugi-rugi daya yang terjadi di dalam kumparan medan dan kumparan jangkar motor. Karena kawat tembaga kedua kumparan tersebut memiliki nilai hambatan R_f dan R_a , maka jika mengalir arus DC sebesar I_f dan I_a akan menyebabkan kerugian daya yang dihitung dengan persamaan berikut.

$$P_a = I_a^2 \cdot R_a \dots\dots\dots (2.16)$$

$$P_f = I_f^2 \cdot R_f \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

P_a = Rugi tembaga kumparan jangkar

P_f = Rugi tembaga kumparan medan

I_a	= Arus jangkar
I_f	= Arus medan
R_a	= Hambatan jangkar
R_f	= Hambatan medan

2. Rugi rotasional

Rugi-rugi beban *stray* merupakan rugi-rugi yang disebabkan oleh arus pusar di dalam tembaga dan rugi-rugi inti tambahan di dalam besi, yang timbul karena pendistorsian fluks magnetik oleh arus beban dan rugi-rugi hubung singkat komutasi.

$$\text{Rugi Rotasional} = P_{in} - \text{Rugi Tembaga} \dots\dots\dots (2.18)$$

2.4.1.3 Daya Mekanik Motor

Daya Mekanik adalah daya keluaran pada motor DC yang berupa putaran motor. Untuk mencari daya mekanik dapat menggunakan rumus:

$$P_{mek} = P_{in} - (\text{Rugi Tembaga} + \text{Rugi rotasional}) \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

P_{mek}	= Daya Mekanik
P_{in}	= Daya Input Motor

2.4.1.4 Efisiensi pada Motor DC

Seperti halnya dengan mesin listrik lainnya, pada motor DC, efisiensinya dinyatakan sebagai berikut.

$$\eta(\%) = \frac{\text{Daya Keluar}}{\text{Daya Masuk}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.19)$$

atau pada motor :

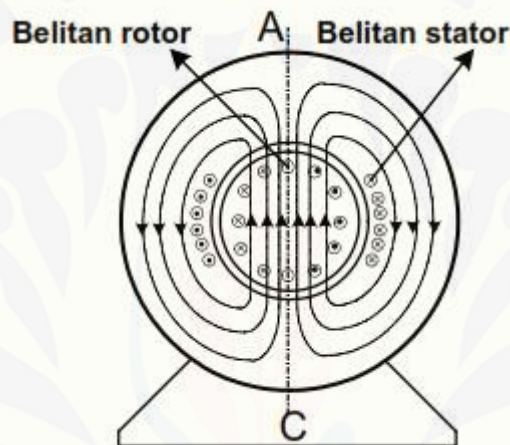
$$\eta(\%) = \frac{P_{mek}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.20)$$

2.4.2 Prinsip Kerja Motor AC

Pada motor induksi AC terdapat dua teori tentang prinsip kerja yaitu teori medan putar silang dan teori medan putar ganda.

2.4.2.1 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 ditunjukkan oleh garis putus-putus pada Gambar 2.24.

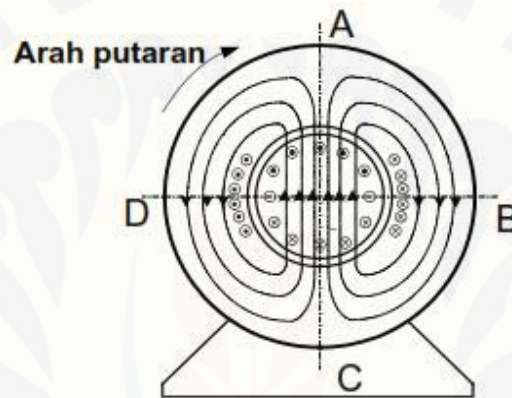


Gambar 2.24 Medan magnet stator berpulsa sepanjang garis AC (Sumber : Sinaga, 2011)

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 berpulsa 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 2.24) 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. Dengan demikian motor induksi satu fasa dapat melakukan *starting* sendiri dan membutuhkan rangkaian bantu untuk menjalankannya.

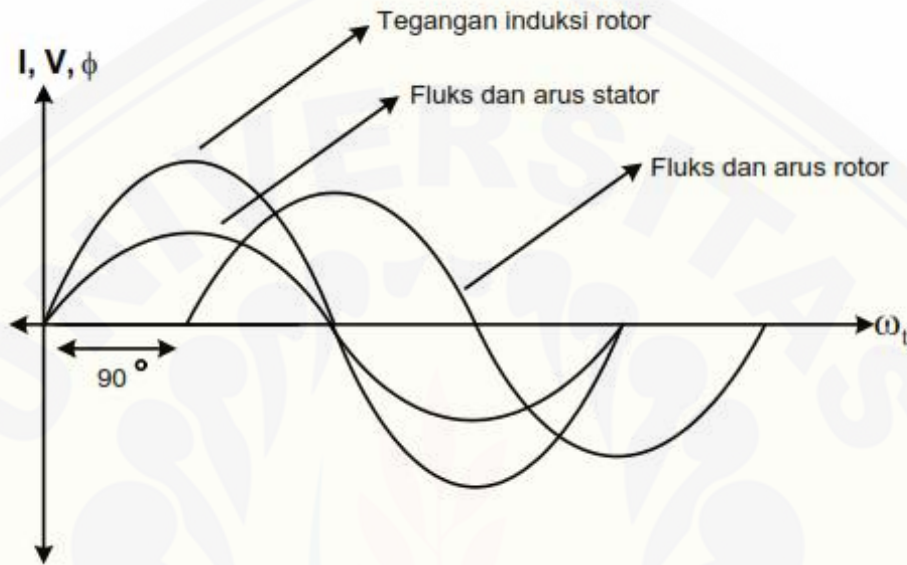


Gambar 2.25 Motor dalam keadaan berputar (Sumber: Sinaga, 2011)

Misalkan sekarang motor sedang berputar. Hal ini dapat dilakukan dengan memutar secara manual (dengan tangan) atau dengan rangkaian bantu. Konduktor-konduktor rotor akan memotong medan magnet stator sehingga timbul gaya gerak listrik pada konduktor-konduktor tersebut. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 2.25 yang menunjukkan rotor sedang berputar searah jarum jam.

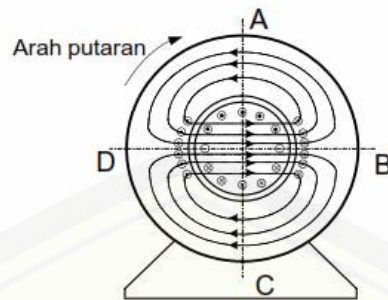
Jika fluks rotor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.25 mengarah ke atas sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arah gaya gerak listrik (ggl) rotor akan mengarah keluar kertas pada setengah bagian atas rotor dan mengarah ke dalam kertas pada setengah bagian bawah rotor. Pada setengah periode berikutnya arah dari gaya gerak listrik yang dibangkitkan akan terbalik. 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° . Gambar 2.26 menunjukkan hubungan fasa dari arus dan fluks stator, gaya gerak listrik, arus dan fluks rotor.



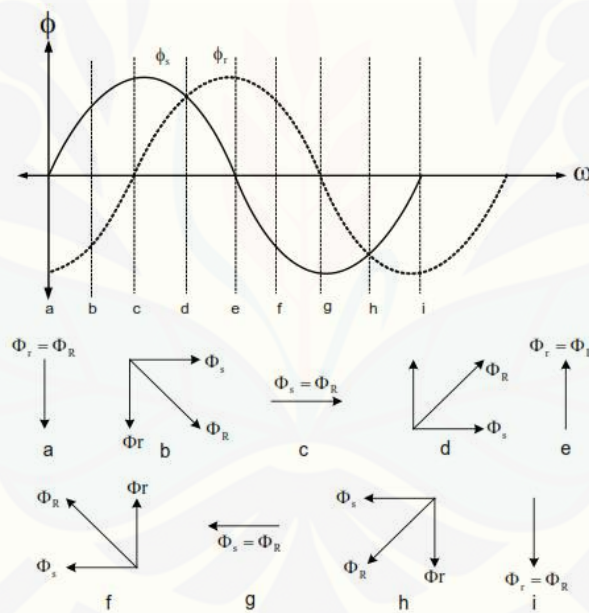
Gambar 2.26 Fluks rotor tertinggal terhadap fluks stator sebesar 90° (Sumber : Sinaga, 2011)

Sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.26 karena medan rotor ini terpisah sebesar 90° dari medan stator, maka disebut sebagai medan silang (*cross-field*). Nilai maksimum dari medan ini seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.26, 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 (lihat Gambar 2.27).



Gambar 2.27 Medan silang yang dibangkitkan arus rotor (Sumber: Sinaga, 2011)

Karena medan silang beraksi pada sudut 90° dengan sudut fasa yang juga tertinggal 90° terhadap medan magnet stator terhadap medan stator, kedua medan bersatu untuk membentuk sebuah medan putar resultan yang berputar dengan kecepatan sinkron yang ditunjukkan pada Gambar 2.28.



Gambar 2.28 Phasor medan putar yang dihasilkan oleh belitan stator dan rotor

2.4.2.2 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

berpuls 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 ini dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Slamet Riyadi No. 62 Patrang, Jember setelah pelaksanaan seminar proposal.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

a. Obeng kembang dan pipih (sedang)	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
l. Tachometer	1 Buah
m. Multimeter	3 Buah
n. AVR (<i>Automatic Voltage Regulator</i>)	1 Buah

3.2.2 Bahan

a. Motor induksi satu fasa rewinding	1 Buah
b. Rectifier	1 Buah

3.3 Prosedur Penelitian

Dalam pembuatan skripsi dan penelitian ini, dibuat prosedur penelitian sebagai berikut :

a. Tahap Persiapan

Tahap persiapan ini berisi tentang pengurusan administrasi, seminar proposal, pelatihan dan membuat garis besar rencana / konsep penelitian.

b. Studi Literatur terhadap Obyek dan Penelitian

Dalam tahap ini menggali materi dan mencari sumber-sumber baik jurnal maupun artikel lokal dan atau internasional yang menunjang penelitian ini. Adapun bahan pustaka yang dibutuhkan antara lain adalah tentang segala sesuatu yang mendukung penelitian analisis kinerja motor induksi satu fasa 2 kutub rotor belitan dengan sumber tegangan searah.

c. Pengumpulan Data Motor Listrik

Dalam tahap ini dilakukan analisa tentang karakteristik motor ac dan motor dc sebelum melakukan modifikasi, pengumpulan data ini memudahkan penelitian ketika melakukan penelitian mengenai pengaruh nilai hambatan pada jangkar terhadap kecepatan putar motor induksi dengan menggunakan rotor belitan.

d. Perencanaan Desain Rangkaian

Perencanaan ini meliputi rencana perangkaian antara masukan tegangan jala-jala AC yang kemudian disearahkan oleh *rectifier* menjadi tegangan DC lalu disalurkan pada motor.

e. Implementasi Sistem

Pada tahap ini kumparan medan dan kumparan jangkar disusun secara seri kemudian diberi tegangan.

f. Melakukan Pengujian Sistem

Tahap pengujian sistem adalah pemberian tegangan sumber AC dan tegangan DC pada motor induksi.

g. Analisis Sistem

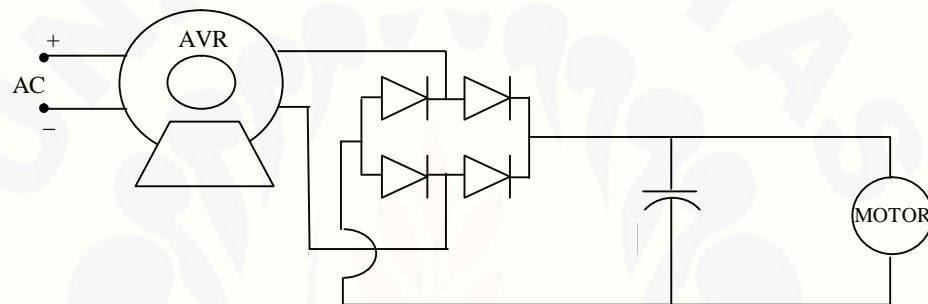
Tahap ini merupakan pengambilan data pada motor induksi meliputi nilai kecepatan putar, tegangan, arus dan nilai hambatan.

h. Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap kesimpulan dan saran, kesimpulan diambil berdasarkan pada hasil pengujian sistem. Saran yang digunakan untuk perbaikan yang mungkin masih terdapat pada penelitian ini sehingga dapat dijadikan acuan untuk penelitian lanjutan yang lebih baik.

3.4 Konfigurasi Sistem

Pada penelitian ini, motor induksi 1 fasa menggunakan menggunakan rotor belitan akan diberi tegangan sumber DC.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Pada gambar 3.1 merupakan diagram blok dari keseluruhan sistem untuk penelitian alat. Motor yang digunakan merupakan motor induksi dengan menggunakan rotor tipe belitan (*wound rotor*). Tegangan jala-jala awal dari PLN akan diteruskan ke AVR (*Automatic Voltage Regulator*) sehingga tegangan dapat diatur, hal ini dilakukan sebagai bentuk pengamanan terhadap kumparan pada motor agar tidak terbakar. Dari AVR akan disearahkan oleh dioda yang akan menjadi tegangan DC kemudian diteruskan ke motor induksi. AVR atau *Automatic Voltage Regulator* ini digunakan untuk memberikan tegangan konstan pada pengujian motor.

Penyearah ini digunakan untuk mengkonversi sumber tegangan jala-jala berupa tegangan AC dari AVR tersebut menjadi tegangan DC. Dengan sumber masukan berupa tegangan DC ini yang digunakan sebagai tegangan sumber pada motor induksi.

Pada penelitian ini spesifikasi motor yang digunakan sebagai alat percobaan adalah motor induksi 1 fasa 2 kutub menggunakan rotor belitan dengan kumparan medan tipe kumparan terpusat. Untuk nilai daya yang dihasilkan pada motor yaitu 300 Watt pada tegangan 220 Volt. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.1.

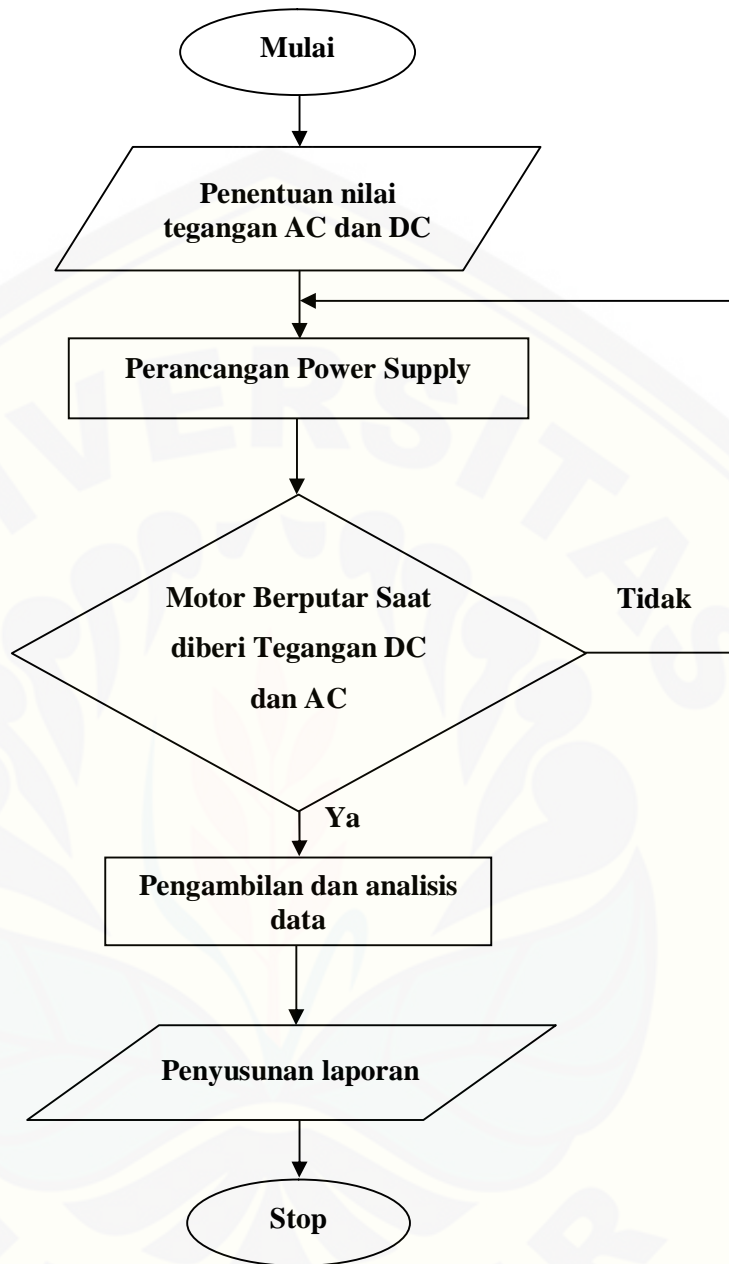
Tabel 3.1 Spesifikasi Motor

Tipe	Daya	Tegangan	Frekuensi
HR 2815	300 Watt	220 V	50-60 Hz

3.5 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini ditentukan terlebih dahulu nilai sumber tegangan yang akan diberikan pada motor. Nilai sumber tegangan yang ditentukan adalah nilai tegangan AC dan nilai tegangan DC dengan nilai nominal tegangan yang sama. Setelah menentukan nilai tegangan masukan kemudian perancangan *power supply* yang akan dihubungkan ke motor. Selanjutnya motor diuji menggunakan tegangan yang telah ditentukan baik itu tegangan AC dan tegangan DC.

Pada saat pengujian dengan masukan tegangan DC, bila motor berputar seperti yang diharapkan, maka pengujian dapat dilanjutkan dengan pengambilan data pada motor berupa nilai tegangan, arus, hambatan dan kecepatan putar yang dihasilkan motor dengan tegangan yang bervariasi. Setelah data yang dibutuhkan didapat kemudian dimulai untuk proses penyusunan laporan hingga selesai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat diagram alir pada Gambar 3.2.



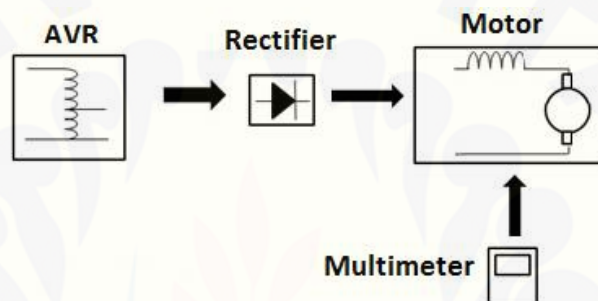
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.6 Pengujian Alat

Pada penelitian ini, untuk mengetahui target yang diinginkan, motor akan dirangkai dengan alat ukur Multimeter, Tachometer dan AVR sehingga dapat diketahui nilai tahanan, arus, tegangan, dan kecepatan putar pada motor. Beberapa pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

a. DC Test

Pengujian pertama yaitu DC test, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai hambatan pada jangkar dan medan. Untuk diagram blok DC test dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Diagram Blok DC Test

Untuk pengukuran DC test ini menggunakan persamaan:

$$R = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} \dots\dots\dots (3.1)$$

Sebelum pengujian tanpa beban, dilakukan pengukuran hambatan pada arus jangkar dan arus medan dengan menggunakan DC test. Pengukuran ini bertujuan untuk mencari hambatan di setiap belitannya.

b. Uji Kecepatan Motor dengan Tegangan Bolak-Balik

Pada pengujian kecepatan putar ini, pertama motor diberikan tegangan bolak-balik dengan beda nominal 10 mulai dari 10 Volt sampai dengan 70 Volt.

c. Uji Kecepatan Motor dengan Tegangan Searah

Pengujian ini dilakukan dengan perlakuan pemberian tegangan DC mulai dari 10 Volt, 20 Volt, 30 Volt, 40 Volt, 50 Volt, 60 Volt dan 70 Volt pada motor untuk mengetahui kecepatan putar dan nilai hambatan pada motor.

Pada motor searah penguatan seri kecepatan putar yang dihasilkan dapat kita masukkan persamaan sebagai berikut.

$$n = \frac{V_T - I_a R_a}{K \phi} \dots\dots\dots(3.2)$$

keterangan :

n = Kecepatan putar (rpm)

V_t = Tegangan Sumber (Volt)

I_a = Arus jangkar (Ampere)

R_a = Hambatan jangkar (Ohm)

K = $\frac{P.z}{60a}$ = Konstanta

ϕ = Fluks (Weber/m²)

Konstanta setiap motor tidak sama ukurannya, karena dipengaruhi oleh jumlah kutub (P), jumlah total konduktor jangkar (z), dan jalur paralel konduktor jangkar (a). Sehingga perlu ditetapkan dahulu untuk konstanta pada motor yang dipakai pada setiap penelitian. Pada motor yang digunakan pada penelitian ini kumparan yang ada pada jangkar berupa kumparan jerat sehingga total jumlah konduktor $z = 2CN = 2 \times 12 \times 1 = 24$ konduktor dan jumlah paralel jangkar (a) adalah 4 karena pada kumparan jerat jumlah paralel jangkar sama dengan jumlah kutub pada motor. Nilai konstanta pada motor yang didapatkan sebesar 0,4.

Pada penelitian ini nilai fluks yang terdapat pada motor tidak dapat diukur karena tidak adanya alat ukur fluksi magnetik. Untuk nilai fluks sendiri dapat dicari dengan persamaan $\phi = \frac{V_t - I_a R_a}{n.K} = \frac{70 - 0,46.13,9}{8734.0,4} = 0,01820 = 1,8 \times 10^{-2}$ Weber/m². Dari perhitungan fluksi magnetik ini diambil rata-rata nilai fluksi mulai dari tegangan sumber bernilai 10 Volt sampai 70 Volt yaitu $2,06 \times 10^{-2}$ Weber/m².

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian DC Test

Pada penelitian kali ini, motor induksi satu fasa bekas yang digunakan pada penelitian akan diuji dengan diberi tegangan DC (V_{DC}) yang berbeda-beda melalui *power supply*, kemudian dilakukan pengukuran terhadap nilai arus DC (I_{DC}) pada motor menggunakan multimeter digital. Pengujian *DC Test* ini dilakukan sebanyak 6 kali dengan tegangan yang berbeda, mulai dari 2 Volt, 4 Volt, 6 Volt, 8 Volt, 10 Volt, dan 12 Volt.

Pengujian ini mendapatkan data tegangan dan arus DC yang mengalir pada motor ditunjukkan pada Tabel 4.1 di bawah ini dengan nilai hambatan sama dengan tegangan dibagi arus yang dihasilkan.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Pengujian Hambatan Motor Seri

V_{DC} (Volt)	I_{DC} (Ampere)	$R_s = \frac{V_{DC}}{I_{DC}}$ (Ω)
2	0,100	20,000
4	0,195	20,513
6	0,286	20,979
8	0,380	21,053
10	0,472	21,186
12	0,544	22,059
R_s total		125,790
R_s rata – rata		20,965

Berdasarkan Tabel 4.1, setelah menghitung besar hambatan setiap tegangan masukan, lalu menjumlahkan hambatan yang diperoleh yang mendapatkan nilai

hambatan total 125,790 Ω . Nilai hambatan pada motor belitan seri pada penelitian kali ini sebesar :

$$R_{s \text{ rata-rata}} = \frac{125,790}{5}$$

$$R_{s \text{ rata-rata}} = 20,965 \Omega$$

Nilai $R_{S \text{ rata-rata}}$ yang didapatkan adalah 20.965 Ω , hampir sama dengan nilai pada tegangan 6 Volt saat pengujian *DC Test*. Setelah melakukan perhitungan nilai hambatan pada motor, dilakukan pula pengukuran secara langsung nilai hambatan jangkar pada motor. Nilai pengukuran pada hambatan jangkar yang didapatkan sebesar 13.9 Ω .

4.2 Pengaruh Nilai Hambatan pada Motor Sumber DC

Pada penelitian ini rotor yang ada pada motor adalah rotor jenis belitan atau *wound rotor* dimana terdapat kumparan pada alur inti rotornya atau bisa disebut juga kumparan jangkar. Pada kumparan jangkar merupakan tempat dibangkitkannya ggl induksi.

Pengujian kali ini dilakukan perhitungan dengan memasukkan nilai hambatan yang telah diukur pada saat *DC Test*. Nilai hambatan motor yang didapat sebesar 20.965 Ω . Untuk mencari tegangan dibangkitkan (E_A) yang dihasilkan oleh motor dapat menggunakan persamaan 2.2. Pada pengujian motor dengan sumber tegangan (V_T) sebesar 10 Volt DC, arus pada motor (I_A) didapat 0.40 ampere. Dengan nilai tegangan input, nilai arus, dan nilai hambatan diketahui maka dapat kita cari dengan persamaan:

$$E_A = V_T - I_A \cdot (R_A + R_S) = 10V - 0.40A \times (20.965 \Omega) = 1.61V$$

Dari data yang diperoleh berdasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan mengenai pengaruh nilai hambatan terhadap karakteristik motor yang diberi tegangan searah sesuai dengan persamaan tentang tegangan yang dibangkitkan pada jangkar. Nilai hambatan pada motor akan mempengaruhi hasil dari tegangan yang dibangkitkan pada motor.

Tabel 4.2 Pengaruh Hambatan terhadap Motor Tegangan DC

V_T (Volt)	I_A (Ampere)	R_A+R_S (Ohm)	E_A (Volt)	n (rpm)
10	0.40	20.965	1.61	345.6
20	0.41	20.965	11.40	1679
30	0.42	20.965	21.19	3163
40	0.42	20.965	31.19	4689
50	0.42	20.965	41.19	6371
60	0.44	20.965	50.78	7641
70	0.46	20.965	60.36	8734

Pada tabel 4.2 dapat dilihat nilai hambatan akan mempengaruhi nilai tegangan yang dibangkitkan motor. Pada persamaan 2.2 diketahui bahwa untuk mencari nilai tegangan yang dibangkitkan (E_A), maka tegangan terminal dikurangi dengan nilai tegangan medan dan tegangan jangkar, bila nilai total hambatan atau hambatan seri semakin besar maka akan memperkecil nilai dari tegangan yang dibangkitkan pada jangkar. Pada tabel 4.2 dapat dilihat bahwa nilai hambatan tidak berubah sehingga nilai tegangan yang dibangkitkan pada jangkar akan berubah mengikuti nilai tegangan sumber (V_T).

4.3 Pengujian Kecepatan Putar Motor

4.3.1 Pengujian dengan Sumber Tegangan AC

Pada pengujian ini motor yang diberi tegangan ac ini dihubungkan melalui AVR (*Automatic Voltage Regulator*) dengan pemberian tegangan masukan yang bervariasi, mulai dari tegangan 10 Volt, 20 Volt, 30 Volt, 40 Volt, 50 Volt, 60 Volt dan 70 Volt.

Pengujian pertama yaitu pengujian dengan tegangan 10 Volt untuk mengetahui nilai kecepatan putar. Berikut gambar pengukuran kecepatan putar motor pada saat diberi tegangan 10 Volt dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengukuran Kecepatan Motor Tegangan AC 10 Volt

Berdasarkan Gambar 4.1 nilai kecepatan putar yang dihasilkan oleh motor saat tegangan ac 10 Volt sebesar 0 rpm atau rotor tidak berputar. Pada tabel 4.3 dapat dilihat saat perlakuan tegangan sumber berupa tegangan bolak-balik dari 10 Volt, 20 Volt, 30 Volt, 40 Volt rotor tidak berputar atau 0 rpm.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kecepatan Motor Tegangan AC

V_{AC} (Volt)	I_{AC} (Ampere)	Kecepatan Putar (Rpm)
10	0.15	0
20	0.22	0
30	0.32	0
40	0.40	0
50	0.46	2370
60	0.48	4596
70	0.51	5970

Pada tegangan V_{AC} 50 Volt didapatkan pengukuran kecepatan putar motor sebesar 2370 rpm, pada saat pemberian tegangan 50 Volt ini motor baru mulai

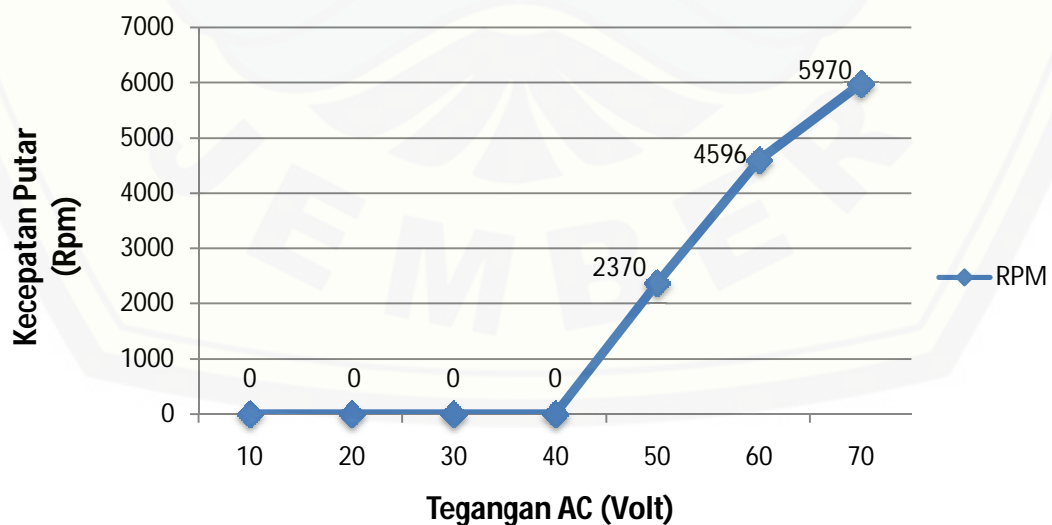
berputar dengan perubahan yang cukup signifikan seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.2 saat motor diukur menggunakan *tachometer*.



Gambar 4.2 Pengukuran Kecepatan Motor Tegangan AC 50 Volt

Pada pengujian dengan tegangan 60 Volt didapatkan nilai pengukuran kecepatan putar sebesar 4596 rpm. Pada pengujian dengan tegangan 70 Volt nilai kecepatan putar yang diperoleh dari hasil pengukuran yaitu 5970 rpm.

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dibuat grafik hubungan antara tegangan masukan pada motor (V_{AC}) terhadap kecepatan putar (n_r). Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tegangan AC Terhadap Kecepatan Putar

Pada gambar 4.3 dapat dilihat nilai yang dihasilkan dari tegangan mempengaruhi nilai pada kecepatan putar motor. Dari grafik hubungan antara tegangan AC dan kecepatan putar dapat disimpulkan semakin besar nilai tegangan masukan maka semakin besar pula nilai kecepatan putar yang dihasilkan.

4.3.2 Pengujian dengan Sumber Tegangan DC

Pada pengujian kali ini motor induksi satu fasa bekas yang digunakan dalam penelitian akan diberikan perlakuan dengan tegangan dc yang berbeda, mulai dari tegangan 10 Volt, 20 Volt, 30 Volt, 40 Volt, 50 Volt, 60 Volt dan 70 Volt.

Untuk Pengujian yang pertama dilakukan dengan tegangan sebesar 10 Volt DC pada motor. Tegangan DC ini didapatkan dari hasil penyearahan tegangan AC keluaran dari AVR (*Automatic Voltage Regulator*). Dari masukan tegangan 10 Volt ini didapatkan kecepatan putar sebesar 345.6 rpm seperti dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Kecepatan Putar Tegangan 10 Volt DC

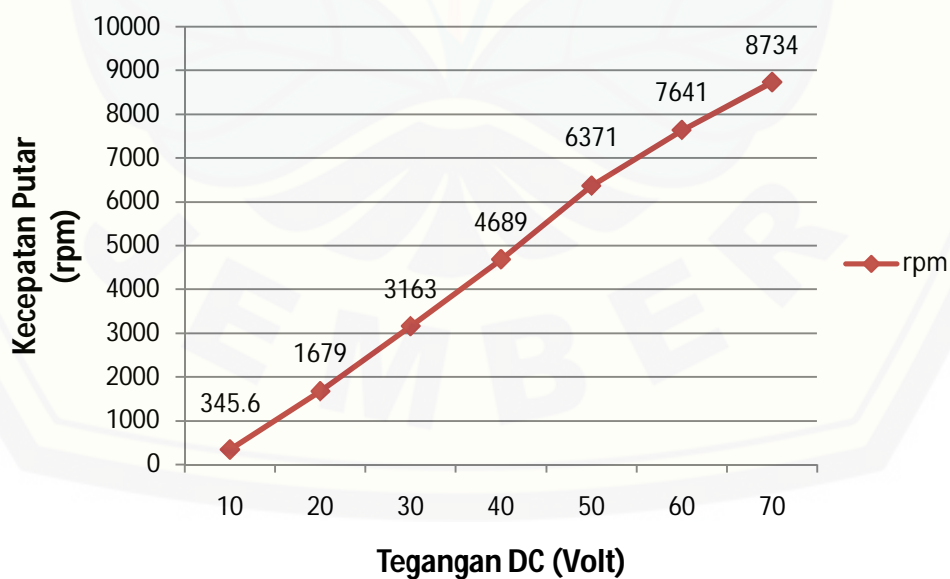
Pada gambar 4.4 didapatkan nilai kecepatan putar motor yang telah diukur sangat pelan karena sumber masukan tegangan dc juga relatif kecil. Pada pengujian kedua dengan masukan sumber tegangan 20 Volt DC didapatkan nilai kecepatan putar sebesar 1679 rpm. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Pada tabel 4.4 dapat dilihat data yang didapat pada 30 Volt DC nilai kecepatan putar yang didapat dari hasil pengukuran yaitu sebesar 3163 rpm. Selanjutnya saat pemberian tegangan DC sebesar 40 Volt didapatkan pengukuran nilai kecepatan putar sebesar 4689 rpm. Berturut-turut nilai kecepatan putar yang didapatkan berdasarkan pengukuran dengan tegangan DC sebesar 50 Volt, 60 Volt, dan 70 Volt yaitu 6371 rpm, 7641 rpm, dan 8734 rpm.

Tabel 4.4 Pengukuran Kecepatan Motor Tegangan DC

V_{DC} (Volt)	I_{DC} (Ampere)	Kecepatan Putar (rpm)
10	0.40	345.6
20	0.41	1679
30	0.42	3163
40	0.42	4689
50	0.42	6371
60	0.44	7641
70	0.46	8734

Dari data tabel 4.4 tentang kecepatan motor saat diberi tegangan DC dapat dibuat grafik hubungan seperti berikut.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Tegangan Sumber dengan Kecepatan Putar

Pada gambar 4.5 dapat dilihat grafik hubungan antara sumber tegangan dengan nilai kecepatan putar yang dihasilkan motor. Berdasarkan persamaan untuk mencari nilai kecepatan putar motor dengan sumber tegangan DC, $n = \frac{V_T - IaRa}{K\phi}$ grafik hubungan antara besar tegangan masukan pada motor berbanding lurus dengan kecepatan putar motor yang dihasilkan oleh motor. Semakin besar tegangan masukan maka kecepatan putar motor juga akan semakin besar sehingga grafik yang dihasilkan menaik.

4.3.3 Perbandingan Kecepatan Putar Motor Sumber AC dan Sumber DC

Pada penelitian ini nilai kecepatan putar yang didapat dari hasil pengukuran saat pemberian sumber tegangan yang berbeda akan dibandingkan antara motor belitan yang diberikan sumber tegangan AC dan tegangan DC.

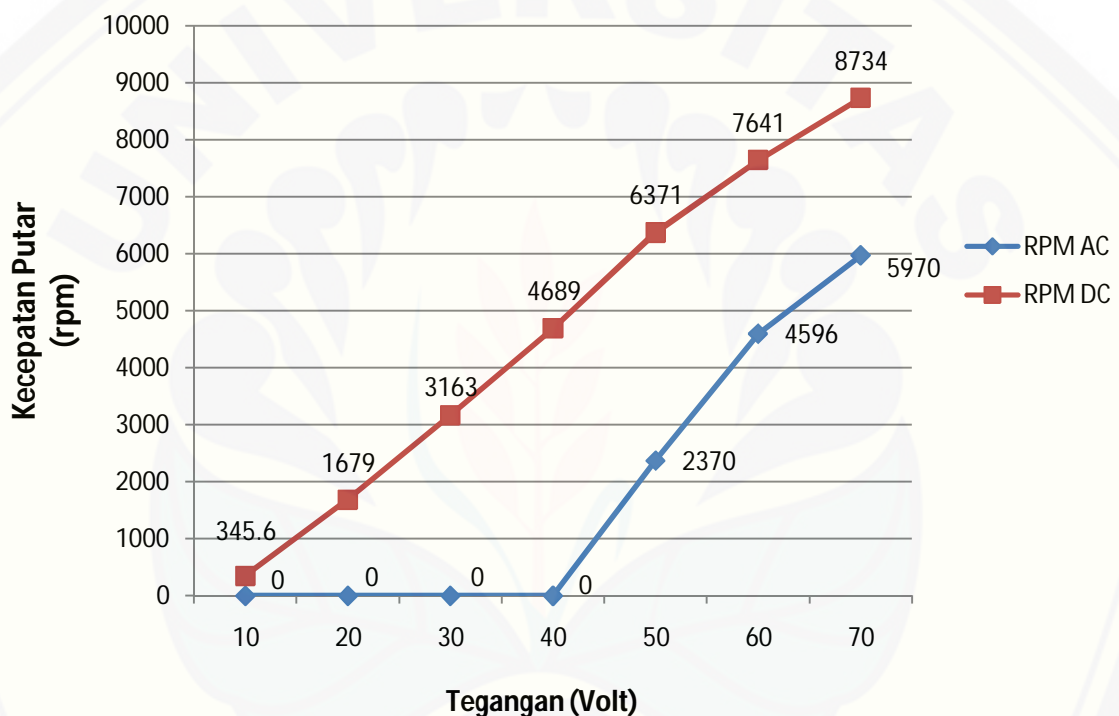
Tabel 4.5 Perbandingan Kecepatan Putar Motor Sumber AC dan DC

Tegangan Masukan (Volt)	Kecepatan Putar (rpm)	
	AC	DC
10	0	345.6
20	0	1679
30	0	3163
40	0	4689
50	2370	6371
60	4596	7641
70	5970	8734

Pada tabel 4.5 data didapat antara kecepatan putar dengan sumber masukan tegangan AC dan DC. Pada saat pemberian tegangan AC 10 Volt sampai 40 Volt nilai kecepatan putar didapatkan 0 rpm sedangkan saat pemberian tegangan DC dari 10 Volt sampai dengan 40 Volt motor mulai berputar dengan kecepatan putar 345,6 rpm, 1679 rpm, 3163 rpm, 4689 rpm. Dari data yang didapat ini kita dapat

membandingkan dari kebutuhan tegangan awal untuk memutar motor, pada tegangan DC dengan tegangan masukan 10 Volt motor sudah dapat berputar sedangkan saat diberi tegangan 10 Volt AC motor masih tidak berputar atau 0 rpm sampai tegangan 40 volt.

Pada tabel 4.5 didapatkan grafik perbandingan antara kecepatan putar motor saat pemberian tegangan AC dan tegangan DC. Berikut ini grafik perbandingan antara kecepatan motor AC dan motor DC.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar Saat Tegangan AC dan DC

Pada grafik 4.6 saat motor diberi tegangan AC sebesar 50 Volt, motor berputar dengan kecepatan 2370 rpm dan motor yang diberi tegangan DC berputar dengan kecepatan 6371 rpm. Saat tegangan yang diberikan 60 Volt AC dan DC didapat nilai kecepatan putar motor berturut-turut sebesar 4596 rpm dan 7641 rpm, dan saat tegangan 70 Volt AC dan DC didapat 5970 rpm dan 8734 rpm. Dari grafik 4.4 dapat dilihat perbedaan saat tegangan 10 Volt sampai 40 Volt motor yang diberi tegangan AC tidak berputar sedangkan motor dengan tegangan DC sudah berputar dengan tegangan 10 Volt. Pada pengujian dengan tegangan Vac 10

Volt sampai 40 Volt motor tidak berputar atau dalam kondisi diam, hal ini disebabkan oleh nilai fluks pada tegangan tersebut masih cukup besar sehingga tidak dapat membuat rotor bergerak, hingga pada saat tegangan V_{AC} 50 Volt motor mulai berputar. Dengan data yang didapatkan dari pengukuran motor yang diberi tegangan DC membutuhkan tegangan minimal agar dapat berputar, sebaliknya motor tegangan AC membutuhkan suplai tegangan yang cukup besar untuk dapat berputar.

4.4. Perbandingan Pengukuran Kecepatan Putar dengan Hasil Perhitungan

Dari hasil yang didapatkan melalui pengukuran kecepatan putar motor saat diberi dengan tegangan searah akan dibandingkan dengan hasil perhitungan saat motor diberi tegangan searah mulai dari 10 Volt sampai 70 Volt..

Pada nilai perhitungan digunakan persamaan $n = \frac{V_T - I_a R_a}{K\phi}$, nilai V_T yang dipakai adalah 10 Volt dan arus (I_A) saat tegangan 10 Volt sebesar 0.40 ampere dan nilai hambatan jangkar (R_A) sebesar 13.9Ω , nilai konstanta motor sebesar 0.4 dan nilai fluks (ϕ) yaitu $2,06 \times 10^{-2}$ Weber/m² sehingga didapatkan hasil perhitungan kecepatan putar motor sebesar 540.01 rpm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Data Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Putar

V_{DC} (Volt)	Hasil Pengukuran (rpm)	Hasil Perhitungan (rpm)
10	345.6	540.01
20	1679	1739.34
30	3163	2938.67
40	4689	4154.91
50	6371	5371.15
60	7641	6553.58
70	8734	7736

Pada tabel 4.6 dilihat dari data hasil pengukuran dan perhitungan kecepatan putar yang didapat tidak terlalu jauh berbeda antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran. Pada saat tegangan sumber 40 Volt terdapat perbedaan yang signifikan pada hasil pengukuran yaitu 4689 rpm dan hasil perhitungan 4154.91 rpm, hal ini dikarenakan mungkin ada beberapa faktor yang berpengaruh dalam putaran motor. Seperti yang kita ketahui nilai kecepatan putar pada motor sendiri dipengaruhi oleh hambatan pada jangkar, nilai fluksi yang berubah-ubah, konstanta motor, besar tegangan masukan, dan nilai arus pada jangkar. Dari beberapa faktor inilah yang dapat mempengaruhi perbedaan pada hasil keluaran kecepatan motor.

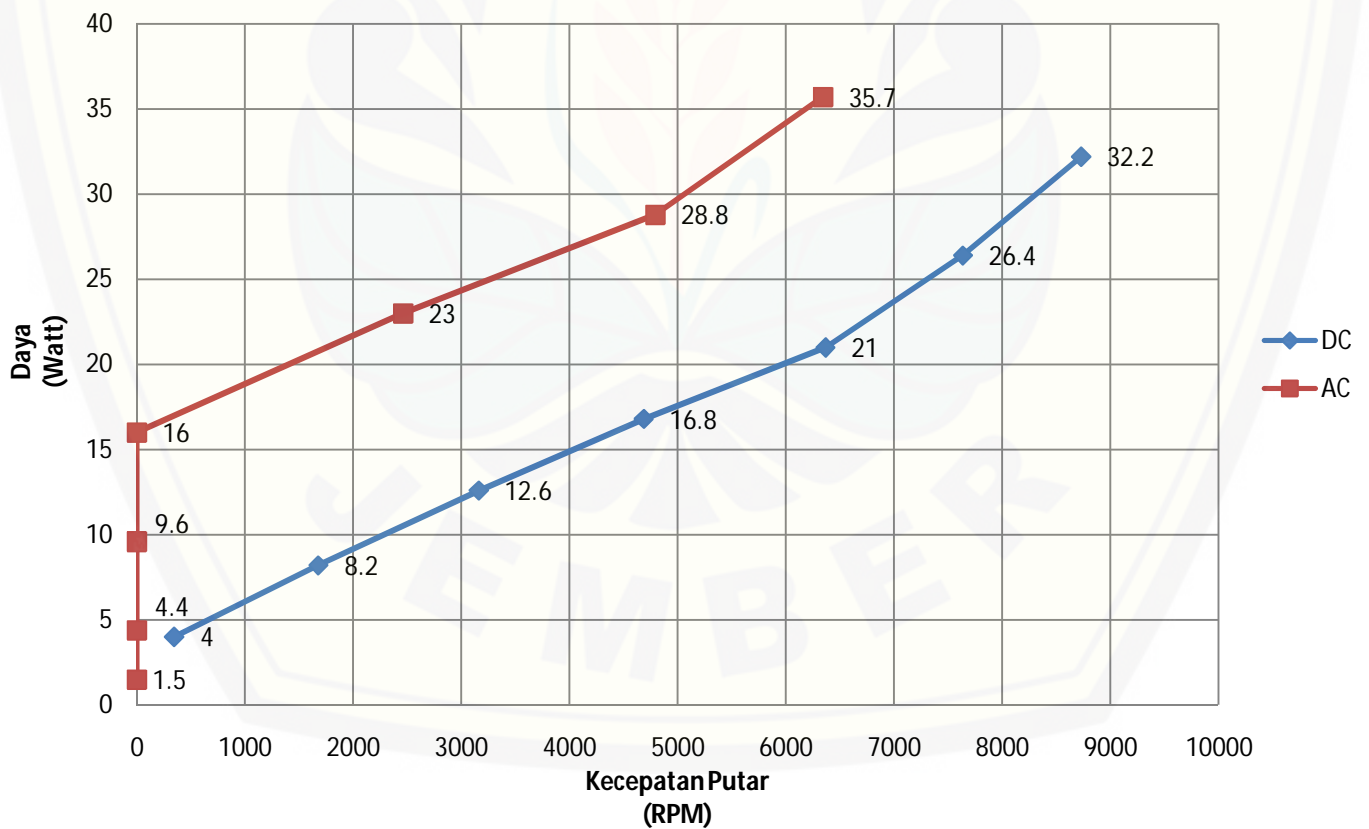
Dengan menggunakan persamaan 3.2 didapatkan hasil perhitungan nilai kecepatan putar pada motor. Pada persamaan ini terdapat faktor hambatan jangkar yang menjadi penentu nilai kecepatan putar pada motor dan berpengaruh terhadap tegangan pada jangkar. Pada motor ini dilakukan dua pengujian dengan dua sumber tegangan yang berbeda yaitu tegangan bolak-balik dan tegangan searah, dengan dua sumber yang berbeda tersebut motor tetap dapat berputar. Meskipun diberikan tegangan searah pada motor induksi satu fasa ini, motor tetap bisa berputar karena terdapat tegangan masukan (V_T), arus jangkar (I_A), hambatan jangkar (R_A) dan fluks (Φ) sebagai faktor yang mempengaruhi kecepatan putar motor.

4.5 Perbandingan Daya Motor

Pada penelitian ini digunakan dua sumber masukan tegangan yang berbeda pada motor induksi satu fasa, tegangan AC dan DC. Saat setiap pemberian tegangan dengan nominal yang berbeda baik dengan tegangan AC dan tegangan DC didapatkan nilai arus yang diukur menggunakan alat ukur pada motor. Data yang didapatkan untuk mengukur arus pada motor ini digunakan sebagai acuan untuk mencari nilai daya pada motor dengan menggunakan persamaan mencari daya yaitu tegangan motor dikalikan dengan arus pada motor. Dari hasil pengukuran data yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Daya pada Masukan Tegangan DC dan Tegangan AC

Tegangan (Volt)	AC			DC		
	Arus (ampere)	Daya (Watt)	Kecepatan Putar (Rpm)	Arus (ampere)	Daya (Watt)	Kecepatan Putar (Rpm)
10	0.15	1.5	0	0.40	4	345.6
20	0.22	4.4	0	0.41	8.2	1679
30	0.32	9.6	0	0.42	12.6	3163
40	0.40	16	0	0.42	16.8	4689
50	0.46	23	2464	0.42	21	6371
60	0.48	28.8	4796	0.44	26.4	7641
70	0.51	35.7	6344	0.46	32.2	8734



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Kecepatan Putar dengan Daya Motor

Pada tabel 4.7 didapatkan data mengenai daya dan arus yang dihasilkan pada motor dengan tegangan masukan yang berbeda, pada saat awal pemberian tegangan yaitu 10 Volt, arus pada motor dengan sumber tegangan AC bernilai 1.5 Ampere dan dayanya sebesar 1.5 Watt, sedangkan pada motor dengan sumber tegangan DC arusnya sebesar 0.40 Ampere dan dayanya 4 Watt. Arus pada motor dengan sumber tegangan DC lebih besar daripada motor dengan sumber tegangan AC pada awal pemberian tegangan sebesar 10 Volt.

Dari tabel 4.7 dapat dibuat grafik hubungan antara kecepatan putar dengan daya motor seperti pada gambar 4.7. Pada gambar 4.7 dapat dilihat saat kondisi nilai kecepatan putar yang hampir sama yaitu 4700 rpm, antara tegangan AC dan tegangan DC menghasilkan nilai daya yang berbeda, yaitu motor dengan tegangan AC 28.8 Watt dan motor dengan tegangan DC 16.8 Watt. Nilai daya yang dihasilkan motor saat sumber tegangan DC lebih kecil dibandingkan motor dengan sumber tegangan AC, hal ini dapat dinyatakan bahwa motor dengan sumber tegangan DC memiliki kelebihan dalam segi efisiensi.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

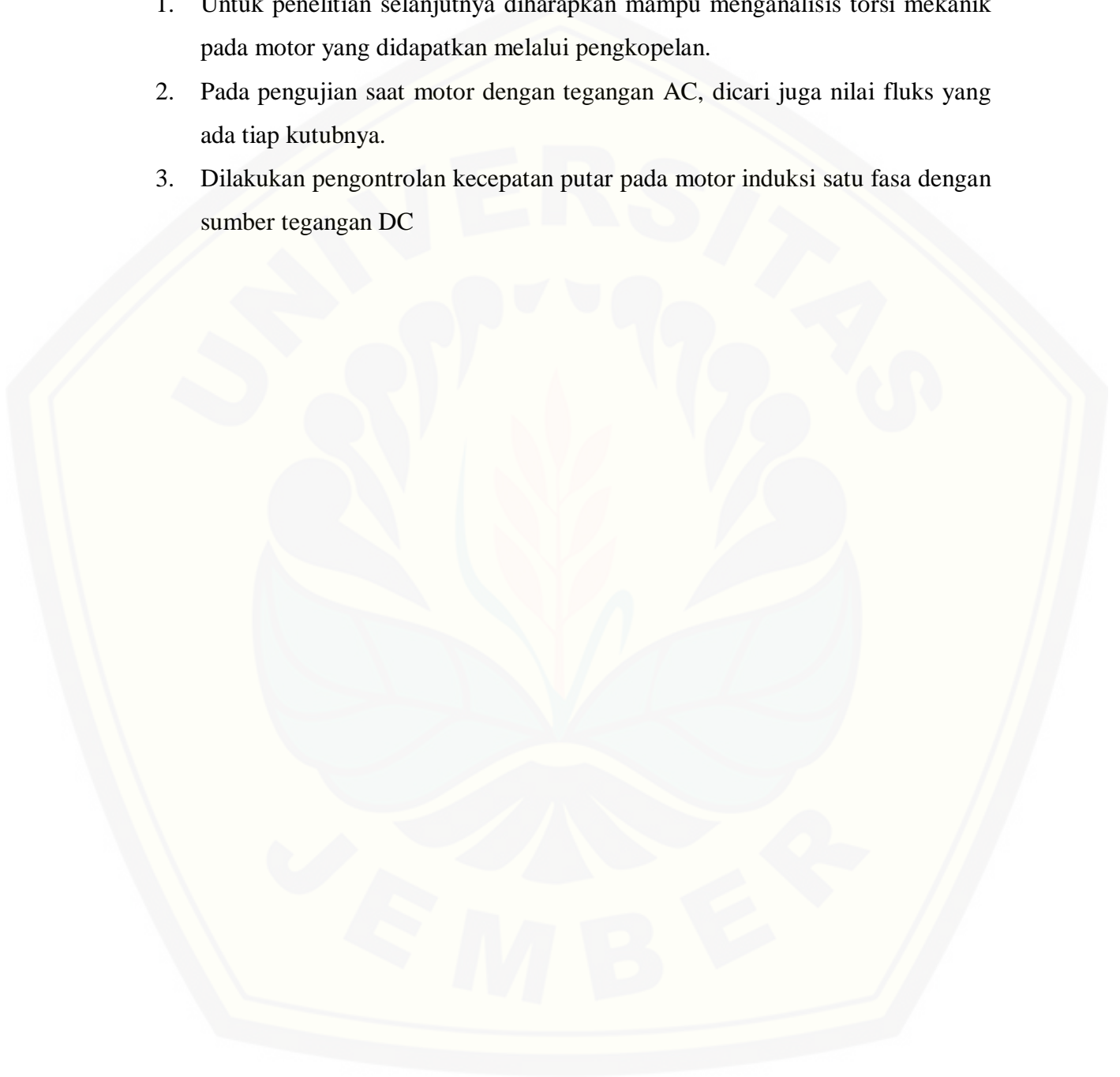
Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari skripsi yang berjudul Analisis Karakteristik Motor Induksi Satu Fasa Rotor Belitan Menggunakan Sumber Tegangan Searah antara lain :

1. Pada penelitian ini nilai hambatan pada jangkar (R_A) saat pemberian tegangan searah akan mempengaruhi nilai tegangan yang dibangkitkan (E_A) pada motor. Semakin besar nilai hambatan pada jangkar (R_A) akan semakin memperkecil nilai tegangan yang dibangkitkan pada jangkar.
2. Motor induksi satu fasa yang menggunakan rotor belitan tetap dapat berputar walaupun dengan sumber tegangan searah bukan tegangan bolak-balik.
3. Pada pengujian kecepatan putar motor, putaran yang dihasilkan oleh motor saat tegangan bolak-balik membutuhkan sumber tegangan 50 Volt untuk dapat mulai berputar dengan nilai kecepatan putar 2370 rpm, sedangkan pada tegangan searah hanya butuh tegangan 10 Volt untuk motor dapat berputar dengan kecepatan putaran sebesar 345.6 rpm.
4. Hasil kecepatan putar yang dihasilkan motor induksi satu fasa dua kutub rotor belitan dengan sumber tegangan DC 70 Volt lebih besar yaitu 8734 rpm daripada hasil kecepatan putar motor saat diberi tegangan AC 70 Volt yaitu 5970 rpm.
5. Motor induksi satu fasa ini berkerja lebih efisien menggunakan sumber tegangan DC pada 4689 rpm karena membutuhkan daya yang lebih kecil yaitu 16.8 Watt dibandingkan dengan motor dengan sumber AC yaitu 28.8 Watt pada kecepatan 4796 rpm.

5.2 Saran

Adapun saran yang diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut, maka saran-saran yang dapat diberikan adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan mampu menganalisis torsi mekanik pada motor yang didapatkan melalui pengkopelan.
2. Pada pengujian saat motor dengan tegangan AC, dicari juga nilai fluks yang ada tiap kutubnya.
3. Dilakukan pengontrolan kecepatan putar pada motor induksi satu fasa dengan sumber tegangan DC



DAFTAR PUSTAKA

- Bureau of Energy Efficiency (BEE), 2005. *Components of an Electric Motor*. Ministry of Power, India.
- Fitzgerald, AE., Kingsley Jr., Charles, Umans, Stephen D. 1990. *Mesin-Mesin Listrik (Edisi keempat)*. Jakarta: Erlangga.
- Hasbullah, 2010. *Motor Arus Searah*. FPTK Teknik Elektro, UPI.
- Imam Mardhtillah. *Pengaruh Tingkat Keausan Brush Generator pada Kapal*. Surabaya: Teknik Sistem Perkapaaan Fakultas Teknologi Kelautan-ITS.
- Lister, E.C. 1993. *Mesin dan Rangkaian Listrik Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- Rijono, Yon. 1997. *Dasar Teknik Tenaga Listrik (Edisi Revisi)*. Yogyakarta: ANDI.
- Sinar Terang Sembiring dan Golfrid Gultom, 2013. *Perbaikan Faktor Ripple, Faktor Daya dan Efisiensi Penyearah Satu Fasa Dioda Gelombang Penuh Dengan Menggunakan Filter Input Paralel Pada Sisi Masukan*. ISSN 0853-0203.
- Stephen J. Capman. “*Electric Machinery Fundamentals*”, Sixth Edition, McGraw-Hill International Edition, 1991.
- Sitinjak R. E, 2008. *Perbandingan Pengereman Motor Dc Penguatan Seri Dengan Metode Dinamik dan Plugging*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Tino, A. A. 2012. Pengaruh Modifikasi Belitan Stator Motor Induksi 1 Fasa Rotor Sangkar Menjadi Motor Induksi 3 Fasa terhadap Perubahan Daya Keluaran. *Jurnal ELTEK*. Vol 10 (1):33-46.
- Wijaya, Mochtar 2001. *Dasar-Dasar Mesin Listrik*. Jakarta: Djambatan.

Universitas Jember. 2009. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember : Jember University Press.



LAMPIRAN

A.DC Test

Dengan menggunakan persamaan : $R_s = \frac{V_{DC}}{I_{DC}}$

1. SAAT $V_{DC} = 2$ Volt ; $I_{DC} = 0,100$ A

$$R_s = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \frac{2}{0.100} = 20,000 \Omega$$

2. SAAT $V_{DC} = 4$ Volt ; $I_{DC} = 0,195$ A

$$R_s = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \frac{4}{0.195} = 20,513 \Omega$$

3. SAAT $V_{DC} = 6$ Volt ; $I_{DC} = 0,286$ A

$$R_s = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \frac{6}{0.286} = 20,979 \Omega$$

4. SAAT $V_{DC} = 8$ Volt ; $I_{DC} = 0,380$ A

$$R_s = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \frac{8}{0.380} = 21,053 \Omega$$

5. SAAT $V_{DC} = 10$ Volt ; $I_{DC} = 0,472$ A

$$R_s = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \frac{10}{0.472} = 21,186 \Omega$$

6. SAAT $V_{DC} = 12$ Volt ; $I_{DC} = 0,544$ A

$$R_s = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \frac{12}{0.544} = 22,059 \Omega$$

Dari perhitungan DC Test, nilai hambatan diperoleh rata-ratanya:

$$\begin{aligned} R_{\text{rata-rata}} &= \frac{R_{\text{total}}}{n} = \frac{20,000 + 20,513 + 20,979 + 21,053 + 21,186 + 22,059}{6} \\ &= 20,965 \Omega \end{aligned}$$

B. Tegangan yang Dibangkitkan Pada Jangkar Motor (E_A)

Dengan menggunakan persamaan: $E_A = V_T - I_A \cdot (R_A + R_S)$

$$R_A + R_S = R_{\text{RATA-RATA}} = 20,965 \, \Omega$$

1. Saat $V_T = 10$ Volt; $I_A = 0.40$ A

$$\begin{aligned} E_A &= V_T - I_A \cdot (R_A + R_S) \\ &= 10 - 0,40 (20,965) \\ &= 1,61 \text{ Volt} \end{aligned}$$

2. Saat $V_T = 20$ Volt; $I_A = 0.41$ A

$$\begin{aligned} E_A &= V_T - I_A \cdot (R_A + R_S) \\ &= 20 - 0,41 (20,965) \\ &= 11,40 \text{ Volt} \end{aligned}$$

3. Saat $V_T = 30$ Volt; $I_A = 0.42$ A

$$\begin{aligned} E_A &= V_T - I_A \cdot (R_A + R_S) \\ &= 30 - 0,42 (20,965) \\ &= 21,19 \text{ Volt} \end{aligned}$$

4. Saat $V_T = 40$ Volt; $I_A = 0.42$ A

$$\begin{aligned} E_A &= V_T - I_A \cdot (R_A + R_S) \\ &= 40 - 0,42 (20,965) \\ &= 31,19 \text{ Volt} \end{aligned}$$

5. Saat $V_T = 50$ Volt; $I_A = 0.42$ A

$$\begin{aligned} E_A &= V_T - I_A \cdot (R_A + R_S) \\ &= 50 - 0,42 (20,965) \\ &= 41,19 \text{ Volt} \end{aligned}$$

6. Saat $V_T = 60$ Volt; $I_A = 0.44$ A

$$\begin{aligned} E_A &= V_T - I_A \cdot (R_A + R_S) \\ &= 60 - 0,44 (20,965) \\ &= 50,78 \text{ Volt} \end{aligned}$$

7. Saat $V_T = 70$ Volt; $I_A = 0.46$ A

$$E_A = V_T - I_A \cdot (R_A + R_S)$$

$$= 70 - 0,46 (20,965)$$

$$= 60,36 \text{ Volt}$$

C. Perhitungan Kecepatan Putar (RPM)

Dengan menggunakan persamaan $n = \frac{V_T - I_A R_A}{K\phi}$

$$R_A = 13,9 \quad \phi = 2,06 \times 10^{-2} \text{ Weber/m}^2$$

1. Saat $V_T = 10 \text{ Volt}$; $I_A = 0,40 \text{ A}$

$$n = \frac{V_T - I_A R_A}{K\phi}$$

$$n = \frac{10 - 0,40 \cdot 13,9}{0,4 \cdot 2,06 \times 10^{-2}}$$

$$= 540,01 \text{ rpm}$$

2. Saat $V_T = 20 \text{ Volt}$; $I_A = 0,41 \text{ A}$

$$n = \frac{V_T - I_A R_A}{K\phi}$$

$$n = \frac{20 - 0,41 \cdot 13,9}{0,4 \cdot 2,06 \times 10^{-2}}$$

$$= 1739,34 \text{ rpm}$$

3. Saat $V_T = 30 \text{ Volt}$; $I_A = 0,42 \text{ A}$

$$n = \frac{V_T - I_A R_A}{K\phi}$$

$$n = \frac{30 - 0,42 \cdot 13,9}{0,4 \cdot 2,06 \times 10^{-2}}$$

$$= 2938,67 \text{ rpm}$$

4. Saat $V_T = 40 \text{ Volt}$; $I_A = 0,42 \text{ A}$

$$n = \frac{V_T - I_A R_A}{K\phi}$$

$$n = \frac{40 - 0,42 \cdot 13,9}{0,4 \cdot 2,06 \times 10^{-2}}$$

$$= 4154,91 \text{ rpm}$$

5. Saat $V_T = 50$ Volt; $I_A = 0,42$ A

$$n = \frac{V_T - I_A R_A}{K\phi}$$

$$n = \frac{50 - 0,42 \cdot 13,9}{0,4 \cdot 2,06 \times 10^{-2}}$$

$$= 5371,15 \text{ rpm}$$

6. Saat $V_T = 60$ Volt; $I_A = 0,44$ A

$$n = \frac{V_T - I_A R_A}{K\phi}$$

$$n = \frac{60 - 0,44 \cdot 13,9}{0,4 \cdot 2,06 \times 10^{-2}}$$

$$= 6553,58 \text{ rpm}$$

7. Saat $V_T = 70$ Volt; $I_A = 0,46$ A

$$n = \frac{V_T - I_A R_A}{K\phi}$$

$$n = \frac{70 - 0,46 \cdot 13,9}{0,4 \cdot 2,06 \times 10^{-2}}$$

$$= 7736 \text{ rpm}$$

D. Perhitungan Daya

Dengan menggunakan persamaan $P = V \cdot I$

➤ Tegangan Bolak-Balik

1. Saat $V_{AC} = 10$ Volt dan $I_{AC} = 0,15$ A
maka didapatkan nilai $P = V \cdot I = 10 \cdot 0,15 = 1,5 \text{ Watt}$
2. Saat $V_{AC} = 20$ Volt dan $I_{AC} = 0,22$ A
maka didapatkan nilai $P = V \cdot I = 20 \cdot 0,22 = 4,4 \text{ Watt}$
3. Saat $V_{AC} = 30$ Volt dan $I_{AC} = 0,32$ A
maka didapatkan nilai $P = V \cdot I = 30 \cdot 0,32 = 9,6 \text{ Watt}$
4. Saat $V_{AC} = 40$ Volt dan $I_{AC} = 0,40$ A
maka didapatkan nilai $P = V \cdot I = 40 \cdot 0,40 = 16 \text{ Watt}$
5. Saat $V_{AC} = 50$ Volt dan $I_{AC} = 0,46$ A

maka didapatkan nilai $P = V.I = 50.0,46 = 23 \text{ Watt}$

6. Saat $V_{AC} = 60 \text{ Volt}$ dan $I_{AC} = 0,48\text{A}$

maka didapatkan nilai $P = V.I = 60.0,48 = 28,8 \text{ Watt}$

7. Saat $V_{AC} = 70 \text{ Volt}$ dan $I_{AC} = 0,51\text{A}$

maka didapatkan nilai $P = V.I = 70.0,51 = 35,7 \text{ Watt}$

➤ Tegangan Searah

1. Saat $V_{AC} = 10 \text{ Volt}$ dan $I_{AC} = 0,40\text{A}$

maka didapatkan nilai $P = V.I = 10.0,40 = 4 \text{ Watt}$

2. Saat $V_{AC} = 20 \text{ Volt}$ dan $I_{AC} = 0,41\text{A}$

maka didapatkan nilai $P = V.I = 20.0,41 = 8,2 \text{ Watt}$

3. Saat $V_{AC} = 30 \text{ Volt}$ dan $I_{AC} = 0,42\text{A}$

maka didapatkan nilai $P = V.I = 30.0,42 = 12,6 \text{ Watt}$

4. Saat $V_{AC} = 40 \text{ Volt}$ dan $I_{AC} = 0,42\text{A}$

maka didapatkan nilai $P = V.I = 40.0,42 = 16,8 \text{ Watt}$

5. Saat $V_{AC} = 50 \text{ Volt}$ dan $I_{AC} = 0,42\text{A}$

maka didapatkan nilai $P = V.I = 50.0,42 = 21 \text{ Watt}$

6. Saat $V_{AC} = 60 \text{ Volt}$ dan $I_{AC} = 0,44\text{A}$

maka didapatkan nilai $P = V.I = 60.0,44 = 26,4 \text{ Watt}$

7. Saat $V_{AC} = 70 \text{ Volt}$ dan $I_{AC} = 0,46\text{A}$

maka didapatkan nilai $P = V.I = 70.0,46 = 32,2 \text{ Watt}$