



**RANCANG BANGUN KUMPARAN STATOR MOTOR INDUKSI  
1 FASA 2 KUTUB ROTOR BELITAN MENGGUNAKAN  
METODE TERPUSAT (*CONCENTRIC*)**

**SKRIPSI**

**oleh**

**Anisia Tri Astuti  
NIM 111910201022**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**RANCANG BANGUN KUMPARAN STATOR MOTOR INDUKSI  
1 FASA 2 KUTUB ROTOR BELITAN MENGGUNAKAN  
METODE TERPUSAT (*CONCENTRIC*)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi S1 Teknik Elektro  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

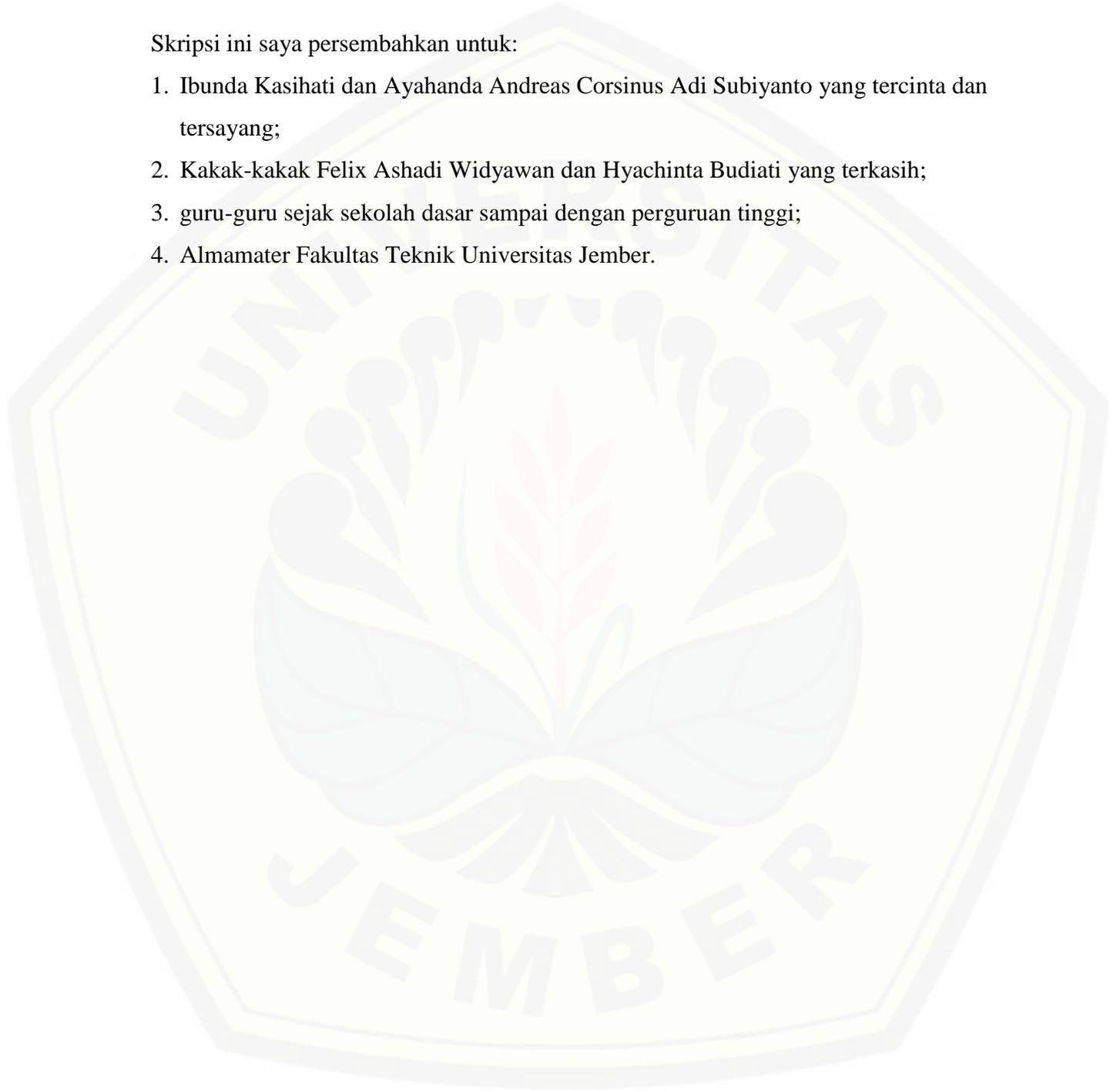
**Anisia Tri Astuti  
NIM 111910201022**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Kasihati dan Ayahanda Andreas Corsinus Adi Subiyanto yang tercinta dan tersayang;
2. Kakak-kakak Felix Ashadi Widyawan dan Hyachinta Budiati yang terkasih;
3. guru-guru sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.



**MOTO**

Hai anakku, dengarkanlah didikan ayahmu dan jangan menyia-nyiakan ajaran ibumu. <sup>\*)</sup>

Mintalah, maka akan diberikan kepadamu; carilah, maka kamu akan mendapat; ketoklah, maka pintu akan dibukakan bagimu. Karena setiap orang yang meminta, menerima dan setiap orang yang mencari, mendapat dan setiap orang yang mengetok, baginya pintu dibukakan. <sup>\*\*)</sup>

Persaingan di masa depan adalah persaingan orang-orang yang lebih pandai dan cepat. Hari ini saja, orang yang lemah pikiran dan lamban tubuhnya sudah tertinggal, apalagi saat semuanya lebih canggih dan cepat berubah nanti. Lebih rajinlah belajar dan bekerja hari ini. <sup>\*\*\*)</sup>

---

<sup>\*)</sup> Alkitab. Amsal 1:1.

<sup>\*\*)</sup> Alkitab. Matius 5: 7-8.

<sup>\*\*\*)</sup> MTGW. 2014.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Anisia Tri Astuti

NIM : 111910201022

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Rotor Belitan menggunakan Metode Terpusat (*Concentric*)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 28 Mei 2015

Yang menyatakan,

Anisia Tri Astuti  
NIM 111910201022

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN KUMPARAN STATOR MOTOR  
INDUKSI 1 FASA 2 KUTUB ROTOR BELITAN  
MENGUNAKAN METODE TERPUSAT  
(*CONCENTRIC*)**

oleh

Anisia Tri Astuti  
NIM 111910201022

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Rancang Bangun Kumputan Stator Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Rotor Belitan menggunakan Metode Terpusat (*Concentric*)” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 28 Mei 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 196104141989021001

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP 197008261997021001

Penguji I,

Penguji II,

Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.  
NIP 198006102005011003

H.R.B.Moch. Gozali, S.T., M.T.  
NIP 196906081999031002

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 196104141989021001

*Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Rotor Belitan menggunakan Metode Terpusat (Concentric)*

**Anisia Tri Astuti**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

## **ABSTRAK**

Motor induksi satu fasa banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Motor induksi yang ada pada saat ini rata-rata menggunakan tembaga berukuran kecil pada kumparannya sehingga mengakibatkan kumparan cepat terbakar jika kelebihan beban, selain itu nilai hambatannya besar, torsi dan daya mekaniknya kecil. Solusi untuk permasalahan ini dilakukan analisis perubahan besar diameter tembaga untuk memperbaiki kinerja motor induksi satu fasa, khususnya untuk nilai hambatan, torsi, daya mekanik, dan efisiensi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode terpusat (*concentric*) untuk melakukan proses *rewinding* kumparan stator. Terdapat dua motor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu motor referensi dan motor *rewinding*, motor referensi digunakan sebagai acuan untuk melakukan perbandingan. Motor *rewinding* menggunakan tembaga supreme 0,5 mm pada kumparan statornya. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu motor *rewinding* memiliki parameter kerja lebih baik antara lain hambatan (R) memiliki nilai lebih kecil, besar hambatan pada rotor adalah 10,495  $\Omega$  dan pada stator adalah 11,250  $\Omega$ . Torsi yang dihasilkan pada *start* awal 50 V yaitu 0,014602 Nm, daya mekanik 5,892 Watt dan rata-rata efisiensi lebih baik dibandingkan motor referensi.

**Kata kunci:** motor induksi, kumparan stator, penggulangan ulang.

## *Stator Coil Design of Single Phase Two Poles Wound Rotor Induction Motor using Centralized Method (Concentric)*

**Anisia Tri Astuti**

*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember*

### **ABSTRACT**

*Single phase induction motors are widely used in daily life. Induction motors right now using the small-sized copper on the coils so the coils are burnt if overloaded, except that the value of resistance is large, small torque and mechanical power. The solution of this problem is analysis large copper diameter changes to improve the performance of a single phase induction motors, in particular for the resistance value, torque, mechanical power, and efficiencies. The method used in this research is centralized method (concentric) to make the process of rewinding the stator coil. There are two motors used in this research, both are reference motor and rewinding motor, reference motor is used as a reference for comparison. The rewinding motor using a 0.5 mm supreme copper on stator coil. The results which obtained from this research that the rewinding motor have better working parameters include resistance (R) has a smaller value, the resistance value are 10.495  $\Omega$  is the rotor and the stator is 11.250  $\Omega$ . The torque at the start-up of 50 V is 0.014602 Nm, mechanical power 5.892 Watt and efficiencies average better than reference motor.*

**Key words:** *induction motor, stator coil, winding back.*

## RINGKASAN

**Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Rotor Belitan menggunakan Metode Terpusat (*Concentric*);** Anisia Tri Astuti, 111910201022; 2015; 85 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Motor induksi menempati peranan penting pada industri besar maupun rumah tangga. Motor induksi satu fasa banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari karena memiliki kelebihan seperti struktur dan konstruksinya yang kokoh, sederhana dan perawatan yang mudah. Motor induksi 1 fasa yang diproduksi pabrik mempunyai dimensi dan karakteristik berbeda. Motor induksi yang prinsip kerjanya mengubah energi listrik menjadi energi mekanik bekerja secara terus menerus dalam proses produksi tentunya akan mengalami penurunan efektifitas bahkan mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut umumnya bisa disebabkan oleh tiga faktor, yaitu faktor lingkungan (*environmental*), mekanikal, dan elektrikal. Khusus kerusakan dari segi elektrikal sebagian besar terletak pada *winding* tersebut bila suatu motor kelebihan beban (*overload*) dan dioperasikan terus menerus akan menyebabkan *winding* tersebut terbakar, dengan kondisi ini diwajibkan mengganti *winding* yang baru.

Motor induksi satu fasa banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Motor induksi yang ada pada saat ini rata-rata menggunakan tembaga berukuran kecil pada kumparannya sehingga mengakibatkan kumparan cepat terbakar jika kelebihan beban, selain itu nilai hambatannya besar, torsi dan daya mekaniknya kecil. Solusi untuk permasalahan ini dilakukan analisis perubahan besar diameter tembaga untuk memperbaiki kinerja motor induksi satu fasa, khususnya untuk nilai hambatan, torsi, daya mekanik, dan efisiensi.

Tujuan penelitian ini adalah merancang bangun kumparan stator motor induksi 1 fasa 2 kutub rotor belitan menggunakan metode terpusat (*concentric*), metode 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. Analisis kinerja motor setelah dilakukan setelah penggulangan ulang (*rewinding*) yaitu meliputi kecepatan putar rotor, daya, torsi, dan efisiensi.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Listrik Fakultas Teknik Universitas Jember dan dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap pertama yaitu melakukan rancang bangun pada kumparan stator dengan variasi berbeda dari motor sebelumnya. Tahap kedua menganalisis kinerja motor, pengujian yang pertama yaitu pengambilan data hambatan pada kumparan rotor dan stator pada kedua motor yaitu motor *rewinding* dan motor referensi. Pengujian kedua yaitu pengambilan data kecepatan putar rotor, daya, dan torsi pada kedua motor. Metode pengambilan data yaitu dengan mengubah besar tegangan sampai pada tegangan nominal (220 V) sehingga data yang didapatkan signifikan.

Analisis data dalam penelitian adalah motor *rewinding* memiliki kinerja yang lebih baik yaitu dapat dilihat dari torsi, dan daya mekanik memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan motor referensi. Motor *rewinding* memiliki keunggulan pada torsi, daya mekanik dan efisiensi dibandingkan dengan motor referensi.

Kecepatan putar rotor ( $N_r$ ) berbanding terbalik dengan nilai torsi, jika nilai  $N_r$  kecil maka torsinya besar begitu pula sebaliknya. Bisa dilihat pada motor *rewinding* pada tegangan 75 V ketika  $N_r$  7782 besar torsi adalah 0,001786 Nm dan pada motor referensi ketika  $N_r$  8700 maka besar torsi sama dengan 0,001219 Nm. Nilai kecepatan dan slip berbanding lurus, motor referensi memiliki slip lebih besar yaitu 0,845 pada tegangan 220 V. Daya mekanik yang dihasilkan oleh motor *rewinding* lebih besar pada kenaikan tegangan yang sama dengan motor referensi, daya mekanik motor *rewinding* adalah 1,367 Watt pada tegangan 220 V. Efisiensi yang dihasilkan oleh motor *rewinding* lebih baik yaitu 21,912% pada tegangan 50 V sampai 75 V. *Power factor* yang dihasilkan dari pengujian memiliki nilai yang baik yaitu 0,98 pada kisaran tegangan 175 sampai 220 V.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Rotor Belitan dengan Metode Terpusat (*Concentric*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I, H.R.B.Moch. Gozali, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membangun demi penyempurnaan skripsi ini;
3. Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Bambang Supeno, S.T., M.T. selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif;
5. teman-teman kos sunempatmo, Mbak Terry, Mbak Evi, Mbak Diny, Weny, Yecky, Siska, Rossa, Lay, Cindy, dan Aslyni yang turut serta berperan dalam penulisan skripsi dan selalu menjadi *partner* berbagi cerita senang dan sedih.
6. keluarga kuri-kuri Intan, Kiki, Ervina, Bahtiar, Firzon, Reza, Lukman, Opang, dan Hafidi atas pengalaman berharga yang kita lalui bersama dalam setiap perkumpulan;
7. rekan-rekan kontrakan pagah Darma, Novi, Rifan, Alm. Fikri, Iskandar, dan Dimas yang selalu berbagi rejeki di masa kuliah;

8. kawan-kawan pelopor *fun volley* sejak semester 6 Imam, Ilham, Faiz, Yulanta, Andini, Yusifa, Nofan, Sidiq, Aji, dan rekan-rekan yang telah berpartisipasi dalam kegiatan ini, berolahraga bersama membuat kita semakin akrab.
9. rekan-rekan satu tim skripsi, Nur Imanu Maulana dan Dicky Dharmawan yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu menyelesaikan skripsi ini.
10. keluarga besar Asong yang telah memberikan sumbangsih tenaga dan pikiran dalam penulisan skripsi ini;
11. rekan-rekan di Laboratorium Konversi Energi Listrik Mas Sugi, Tyok, Fajar, Mas Gilang, Mas Heru, Mas Jazuli, Mas Agung, Mas Anggi yang telah membantu dalam proses penelitian.
12. rekan seperjuangan sejak SMA Siti Lailatul Maghfiroh yang telah memberikan sumbangsih ide untuk menyelesaikan skripsi ini;
13. sahabat-sahabat seperjuangan Teknik Elektro 2011 yang telah memberikan motivasi dan semangat dalam perjuangan 4 tahun di bangku kuliah;
14. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 28 Mei 2015

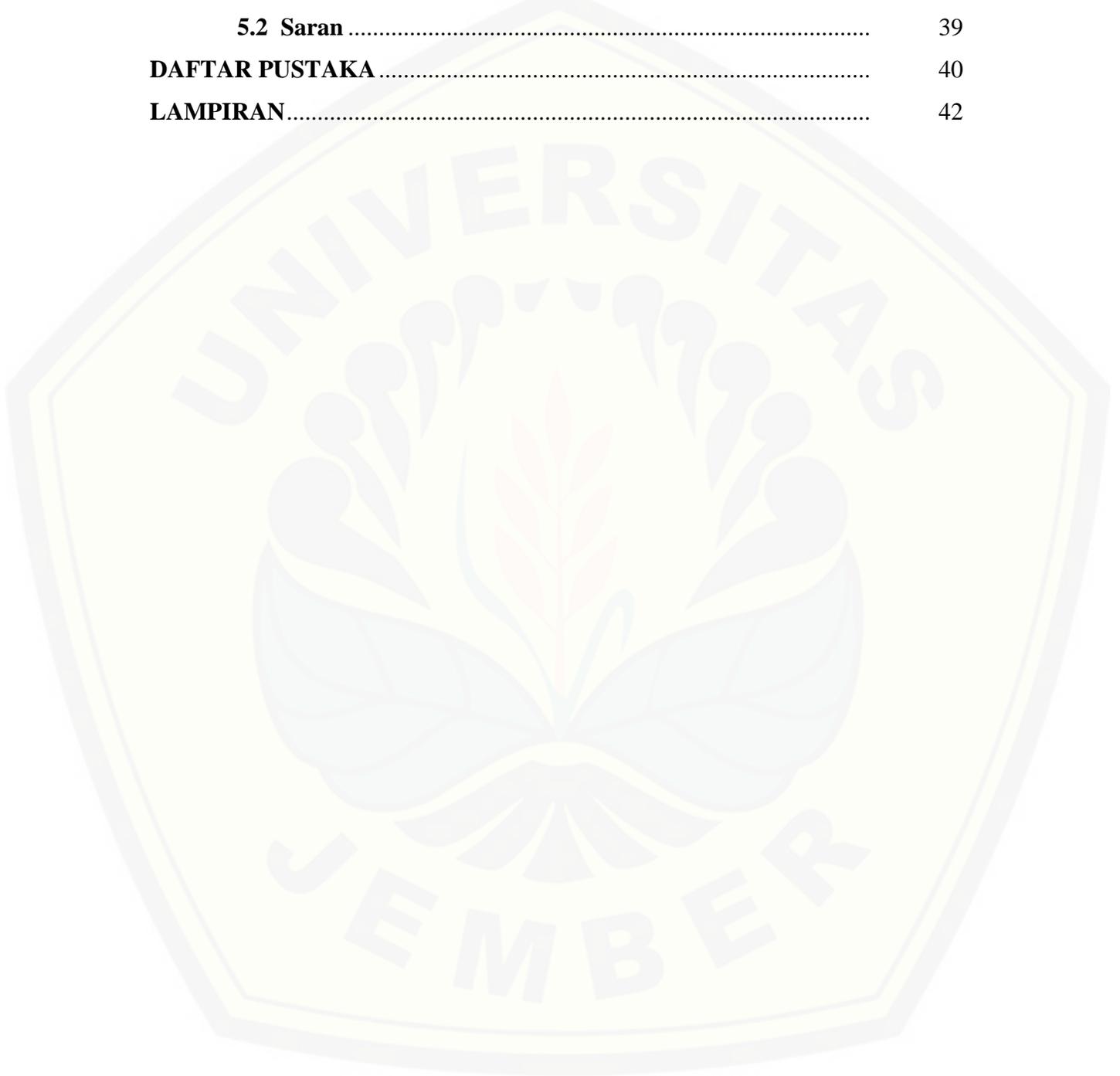
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PEMNGESAHAN</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>RINGKASAN</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Motor Induksi Satu Fasa</b> .....	4
<b>2.2 Konstruksi Motor Induksi Satu Fasa</b> .....	4
2.2.1 Stator .....	5

2.2.2 Rotor.....	7
<b>2.3 Teori Dasar Motor Induksi.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi Satu Fasa .....</b>	<b>12</b>
2.4.1 Teori Medan Putar Silang.....	12
2.4.2 Teori Medan Putar Ganda .....	17
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Jenis Penelitian.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Alat dan Bahan.....</b>	<b>18</b>
3.3.1 Alat.....	18
3.3.2 Bahan.....	19
<b>3.4 Prosedur Penelitian.....</b>	<b>19</b>
<b>3.5 Diagram Alir Penelitian .....</b>	<b>22</b>
<b>3.6 Konstruksi Penelitian .....</b>	<b>23</b>
3.6.1 Melihat dan Meninjau Konstruksi Stator .....	23
3.6.2 Menentukan Besar Tembaga .....	24
3.6.3 Menentukan Metode yang digunakan .....	24
3.6.4 Melakukan Penggabungan Stator dan Rotor .....	24
3.6.5 Pengujian Motor .....	25
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Rancang Bangun Kumparan Stator .....</b>	<b>27</b>
4.1.1 Rewinding .....	27
4.1.2 Pengukuran Hambatan pada Kumparan .....	28
<b>4.2 Nilai Kecepatan Putaran, Torsi, dan Daya Motor</b>	
<b>Induksi 1 Fasa 2 Kutub Jenis Rotor Belitan .....</b>	<b>31</b>
4.2.1 Pengujian Motor .....	31
4.2.2 Hubungan Torsi terhadap Kecepatan .....	34
4.2.3 Hubungan Kecepatan terhadap Slip .....	35
4.2.4 Hubungan Tegangan terhadap Daya Mekanik .....	36

<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	38
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	38
<b>5.2 Saran</b> .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	40
<b>LAMPIRAN</b> .....	42



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
3.1 Spesifikasi motor.....	19
4.1 Hasil pengukuran hambatan motor <i>rewinding</i> .....	28
4.2 Hasil pengukuran hambatan motor referensi .....	29
4.3 Hasil pengujian motor <i>rewinding</i> .....	31
4.4 Hasil pengujian motor referensi .....	31

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Konstruksi umum motor induksi 1 fasa.....	4
2.2 Stator dari motor induksi, menunjukkan kumparan stator.....	5
2.3 Jenis kumparan .....	6
2.4 Rotor sangkar .....	8
2.5 Tipe rotor belitan untuk motor induksi.....	9
2.6 Diagram potongan rotor belitan pada motor induksi .....	10
2.7 Rangkaian pengganti motor induksi .....	11
2.8 Medan magnet stator berpulsa sepanjang garis AC .....	13
2.9 Motor dalam keadaan berputar .....	14
2.10 Fuks rotor tertinggal terhadap fluks stator sebesar 90° .....	15
2.11 Medan silang yang dibangkitkan arus rotor.....	15
2.12 <i>Phasor</i> medan putar yang dihasilkan oleh belitan stator dan rotor .....	16
3.1 Tahap penelitian.....	21
3.2 Diagram alir penelitian .....	22
3.3 Stator.....	23
3.4 Rotor belitan .....	24
3.5 Rangkaian pengujian tanpa beban .....	25
3.6 <i>DC test</i> .....	26
4.1 Grafik hubungan kecepatan terhadap torsi pada motor <i>rewinding</i> dan motor referensi.....	34
4.2 Grafik hubungan kecepatan terhadap slip pada motor <i>rewinding</i> dan motor referensi.....	35
4.3 Grafik hubungan tegangan terhadap daya mekanik pada motor <i>rewinding</i> dan motor referensi.....	36

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Perhitungan Slip, Daya Mekanik, Torsi, dan Kecepatan Putar Motor (Teori) pada Motor <i>Rewinding</i> .....	42
B. Perhitungan Slip, Daya Mekanik, Torsi, dan Kecepatan Putar Motor (Teori) pada Motor Referensi .....	52
C. Alat dan Bahan Penelitian .....	62

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

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

Motor induksi banyak digunakan dikarenakan memiliki beberapa kelebihan dibanding motor *DC*, diantaranya yaitu lebih murah dari pada motor *DC*. Kriteria yang diperlukan dalam merancang suatu alat produksi tentunya hal pertama yang dilakukan adalah tingkat ekonomis dari peralatan tersebut untuk menghindari pengeluaran yang besar. Berdasarkan kriteria tersebut maka motor listrik yang cocok digunakan sebagai penggerak listrik adalah motor arus bolak-balik, karena dengan memilih motor tersebut catu daya yang diperlukan sudah tersedia tanpa alat tambahan. Lain halnya dengan motor arus searah yang memerlukan *rectifier* untuk mengubah arus *AC* menjadi arus *DC* sebagai sumber tegangannya sehingga akan menambah biaya pada proses perangkaian maupun pemasangannya (Anton, 2004).

Motor induksi yang bekerja secara terus menerus dalam proses produksi tentunya akan mengalami penurunan efektifitas bahkan mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut umumnya bisa disebabkan oleh tiga faktor, yaitu faktor lingkungan (*environmental*), mekanikal, dan elektrikal. Khusus kerusakan dari segi elektrikal sebagian besar terletak pada *winding* tersebut bila suatu motor kelebihan beban (*overload*) dan dioperasikan terus menerus akan menyebabkan *winding* tersebut

terbakar, dengan kondisi ini diwajibkan mengganti *winding* yang baru (Suparlan, 2011).

Motor induksi satu fasa banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Motor induksi yang ada pada saat ini rata-rata menggunakan tembaga berukuran kecil pada kumparannya sehingga mengakibatkan kumparan cepat terbakar jika kelebihan beban, selain itu nilai hambatannya besar, torsi dan daya mekaniknya kecil. Solusi untuk permasalahan ini dilakukan analisis perubahan besar diameter tembaga untuk memperbaiki kinerja motor induksi satu fasa, khususnya untuk nilai hambatan, torsi, daya mekanik, dan efisiensi.

Penelitian sebelumnya telah menganalisis rancang bangun kumparan stator motor induksi 1 fasa 2 kutub jenis rotor sangkar menggunakan metode jerat (Resan, 2014).. Berdasarkan pemaparan dan penelitian sebelumnya maka pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun kumparan stator motor induksi 1 fasa 2 kutub rotor belitan dengan metode terpusat (*concentric*) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kecepatan putaran, torsi dan daya yang dihasilkan. Analisis dilakukan pada motor dua kutub karena kebanyakan pada skala rumah tangga menggunakan motor dua kutub.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana rancang bangun kumparan stator motor induksi 1 fasa 2 kutub rotor belitan menggunakan metode terpusat (*concentric*)?
- b. Bagaimana nilai kecepatan putaran, torsi, dan daya motor induksi 1 fasa 2 kutub rotor belitan menggunakan metode terpusat (*concentric*)?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar dalam penulisan skripsi ini dapat mencapai sasaran dan tujuan yang diharapkan, maka dalam pembahasan penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

- a. Motor yang digunakan adalah jenis motor induksi satu fasa.
- b. Rancang bangun dikhususkan pada kumparan stator.
- c. Stator terdiri dari 2 kutub dan menggunakan rotor belitan.
- d. Kumparan stator menggunakan tembaga supreme 0,5 mm.
- e. Tidak membahas tentang rotor, rugi-rugi motor dan pembebanan pada motor.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Merancang dan mengetahui secara langsung (praktek) rancang bangun kumparan stator motor induksi 1 fasa 2 kutub rotor belitan menggunakan metode terpusat (*concentric*).
- b. Mengetahui perubahan nilai kecepatan putaran, torsi, dan daya motor induksi 1 fasa 2 kutub rotor belitan setelah digulung ulang (*rewinding*).

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a. Didapatkan perancangan motor induksi yang lebih efisien dan tepat digunakan di kalangan masyarakat.
- b. Memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam bidang modifikasi motor induksi.
- c. Skripsi ini dapat dijadikan sebagai tolak ukur dan referensi bagi penelitian selanjutnya, serta penerapannya secara langsung untuk sistem kelistrikan skala kecil.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

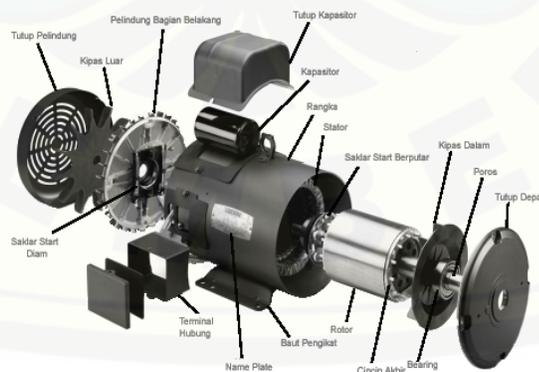
### 2.1 Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi adalah adalah motor listrik bolak-balik (ac) 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.

### 2.2 Konstruksi Umum Motor Induksi Satu Fasa

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

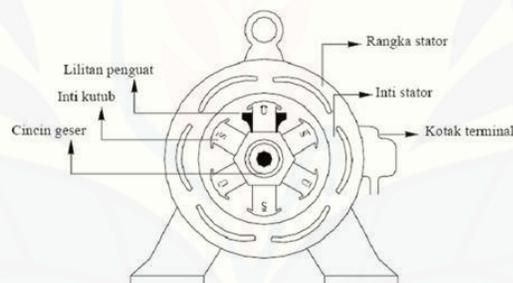


Gambar 2.1 Konstruksi umum motor induksi 1 fasa (Sumber: Sinaga, 2011)

Konstruksi motor induksi satu fasa hampir sama dengan konstruksi motor induksi tiga fasa, 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.

### 2.2.1 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*. Untuk jenis kumparan stator yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu jenis kumparan terpusat (*concentric*). Kumparan terpusat (*concentric*) digunakan untuk motor dan generator dengan kapasitas kecil.



(a)



(b)

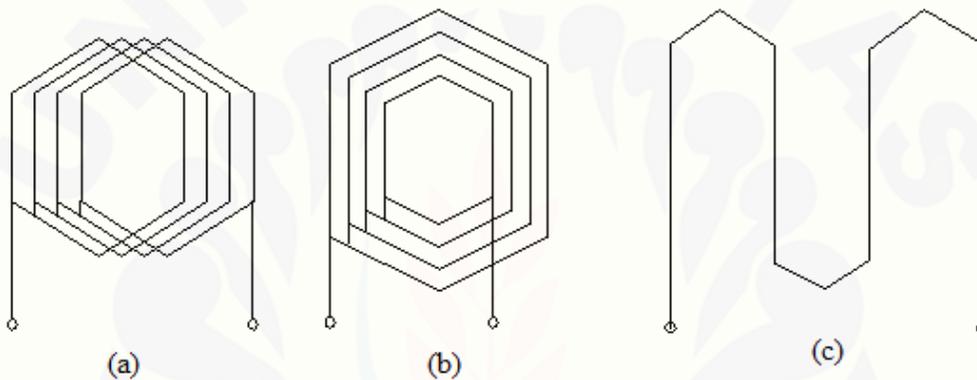
(a) Sketsa Stator ; (b) Tipe Stator

Gambar 2.2 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 3 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 2.3 Jenis kumparan (Sumber: Nanang, 2011)

Fungsi dari ketiga jenis kumparan tersebut adalah sebagai berikut:

1. 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.
2. 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.
3. Kumparan gelombang (*wave winding*) untuk motor dengan belitan sistem ini banyak digunakan kapasitor besar.

Pada kumparan stator, untuk proses melilitnya berlaku rumus sebagai berikut:

Langkah kumparan ( $Y_s$ ):

$$Y_s = \frac{G}{2P} \quad (2.1)$$

Jumlah alur perkutub ( $q$ ):

$$q = \frac{G}{2Pm} \quad (2.2)$$

Jumlah lubang alur dalam derajat radian ( $KAR$ ):

$$KAR = \frac{360^\circ r}{G} \quad (2.3)$$

Jarak lubang alur dalam derajat listrik ( $KAL$ ):

$$KAL = KAR \cdot P \quad (2.4)$$

Keterangan:

$G$  : jumlah alur pada stator.

$P$  : jumlah pasang kutub.

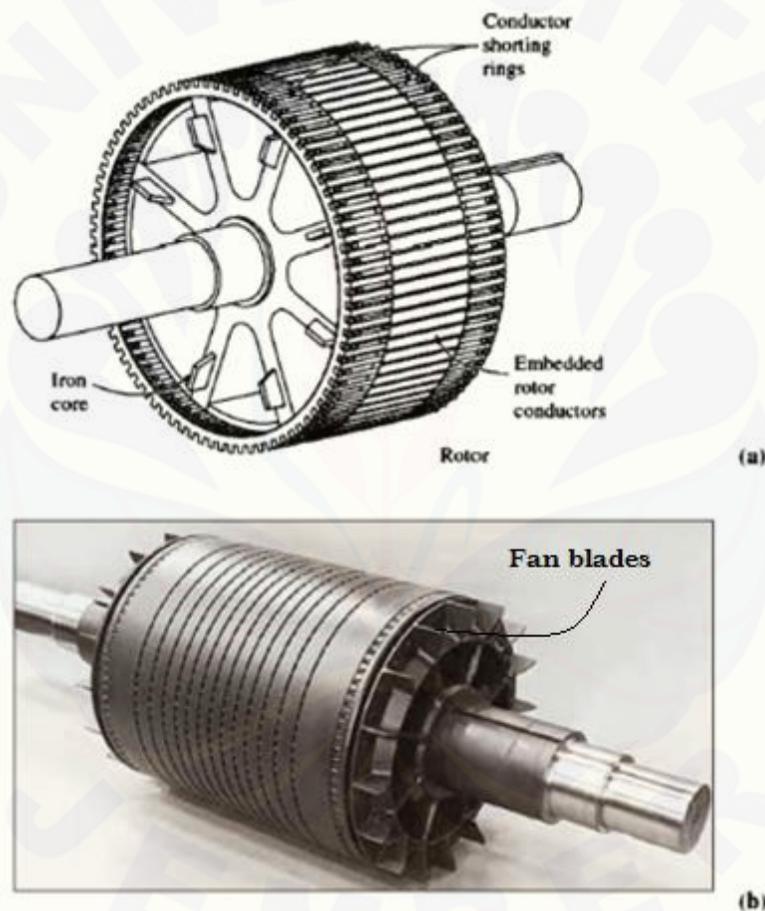
$m$  : fasa.

### 2.2.2 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.

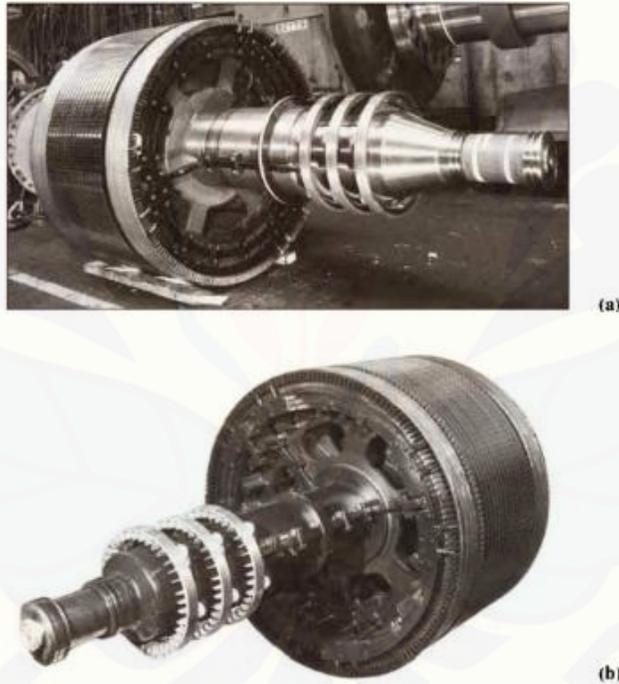
Apabila dilihat tanpa inti rotor, maka batang rotor ini kelihatan seperti kandang tupai, oleh karena itu motor induksi dengan rotor sangkar tupai dinamakan motor induksi sangkar tupai. Pada ujung cincin penutup dilekatkan kipas yang berfungsi sebagai pendingin. Rotor jenis ini tidak terisolasi, karena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



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

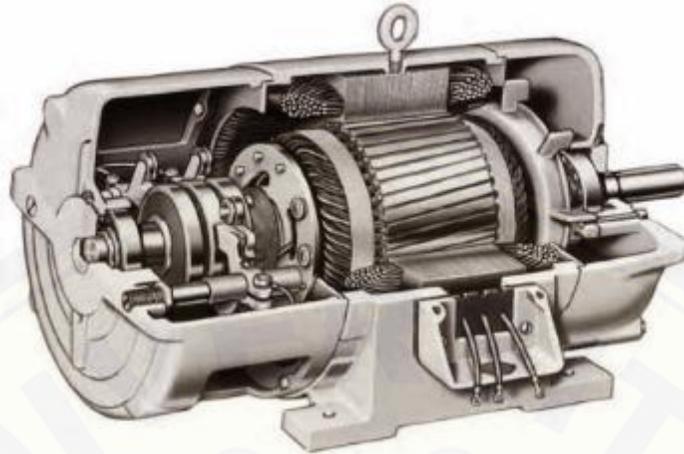
Gambar 2.4 Rotor sangkar (Sumber: *General Electric Company*.)

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. 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 2.6.



(a) Rotor Belitan Tampang Samping Kanan; (b) Rotor Belitan Tampang Samping Kiri

Gambar 2.5 Tipe rotor belitan untuk motor induksi (Sumber: *General Electric Company*.)



Gambar 2.6 Diagram potongan rotor belitan pada motor induksi (Sumber: *MagneTek, Inc.*)

### 2.3 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:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$N_s$  : kecepatan medan putaran stator (rpm).

$f$  : frekuensi (Hz).

$p$  : jumlah kutub.

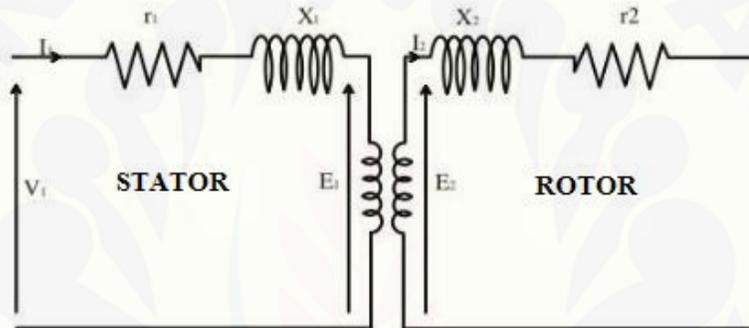
Untuk mengetahui besar slip yang pada motor induksi jenis rotor belitan digunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{Nr - Ns}{Nr} \quad (2.6)$$

Keterangan:

S : slip motor.

Nr : kecepatan putar rotor (rpm).



Gambar 2.7 Rangkaian pengganti motor induksi (Sumber: Karisma, 2014)

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

$$V_1 = I_1 (R_1 + jX_1) + E_1 \quad (2.7)$$

$$E_2 = (1-S) E_1 \quad (2.8)$$

Keterangan:

$V_1$  : tegangan *input* stator (Volt)

$R_1 + jX_1$  : impedansi stator

$E_1$  : tegangan *output* stator (Volt)

$E_2$  : tegangan rotor (Volt)

Untuk mengetahui nilai daya dan torsi pada dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Daya mekanik:

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s} \quad (2.9)$$

Torsi yang dihasilkan:

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r} \quad (2.10)$$

Untuk menghitung efisisensi:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.11)$$

Keterangan:

Prot : daya pada rotor.

$P_{mek} = P_{out}$  : daya mekanik rotor.

T : torsi.

$I_2$  : arus pada rotor.

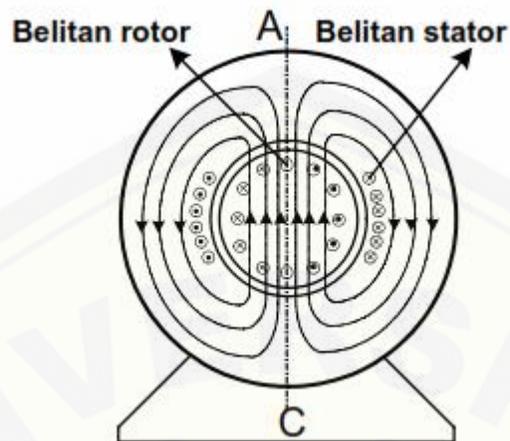
$R_2$  : hambatan pada rotor.

$\eta$  : efisiensi.

## 2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi Satu Fasa

### 2.4.1 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 2.8.

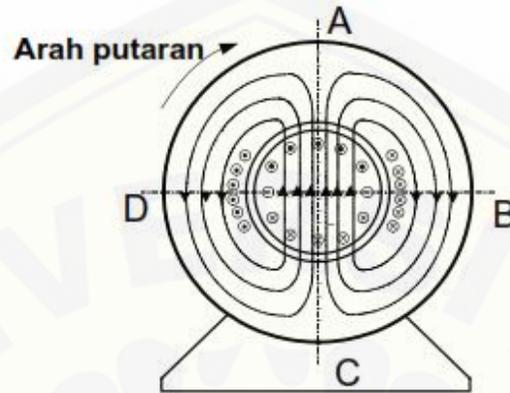


Gambar 2.8 Medan magnet stator berpulsa sepanjang garis AC (Sumber: Sinaga, 2011)

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 2.8) 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

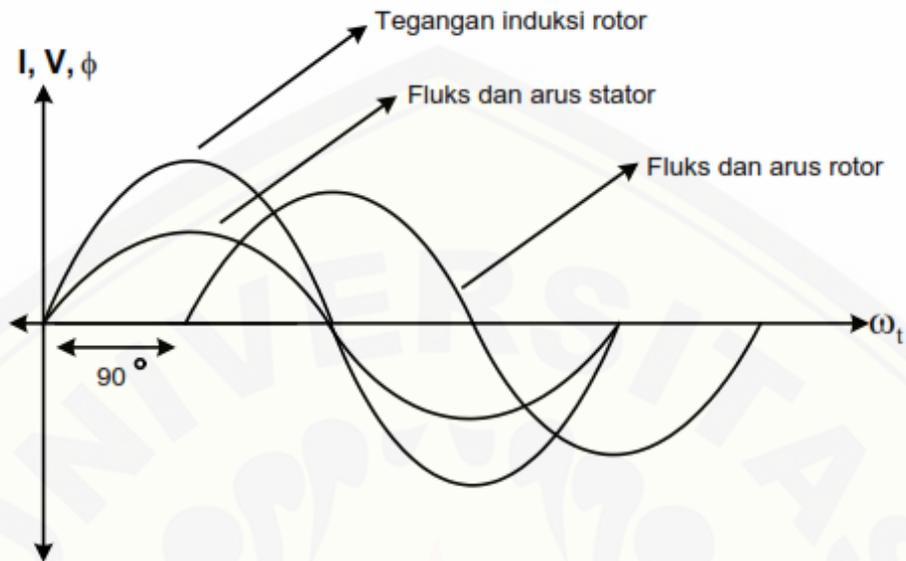
dapat melakukan *starting* sendiri dan membutuhkan rangkaian bantu untuk menjalankannya.



Gambar 2.9 Motor dalam keadaan berputar (Sumber: Sinaga, 2011)

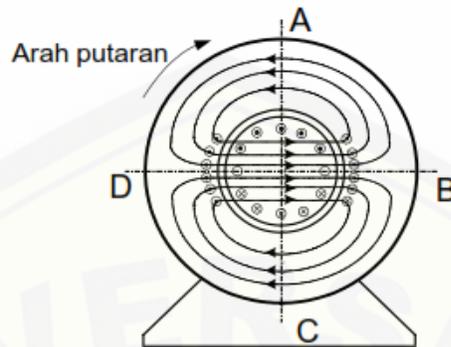
Misalkan sekarang motor sedang berputar. Hal ini dapat dilakukan dengan memutar secara manual (dengan tangan) atau dengan rangkaian bantu. Konduktor-konduktor rotor akan memotong medan magnet stator sehingga timbul gaya gerak listrik pada konduktor-konduktor tersebut. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 2.9 yang menunjukkan rotor sedang berputar searah jarum jam.

Jika fluks rotor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.9 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  $90^\circ$ . Gambar 2.10 menunjukkan hubungan fasa dari arus dan fluks stator, gaya gerak listrik, arus dan fluks rotor.



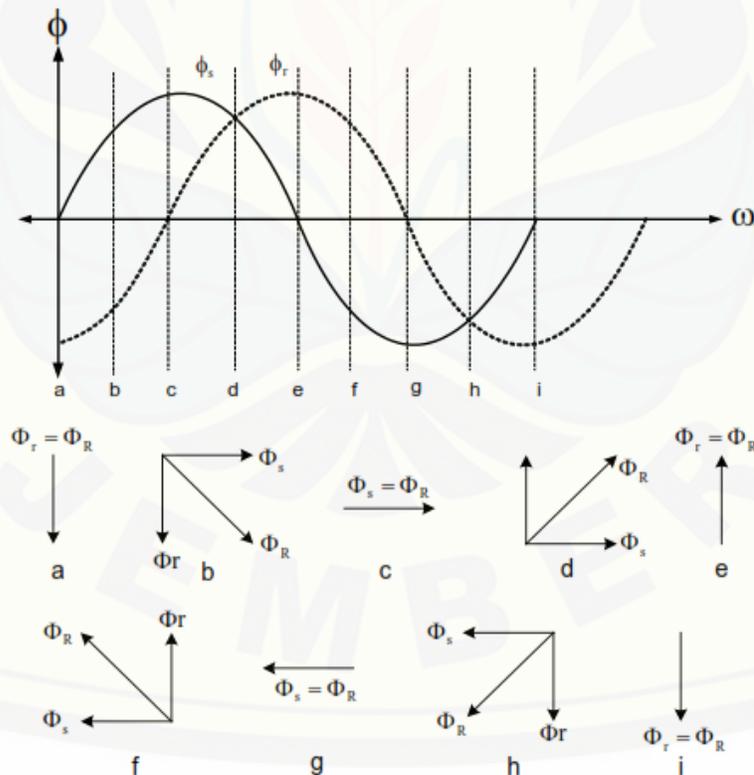
Gambar 2.10 Fluks rotor tertinggal terhadap fluks stator sebesar  $90^\circ$  (Sumber: Sinaga, 2011)

Sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 karena medan rotor ini terpisah sebesar  $90^\circ$  dari medan stator, maka disebut sebagai medan silang (*cross-field*). Nilai maksimum dari medan ini seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.11, 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 2.11).



Gambar 2.11 Medan silang yang dibangkitkan arus rotor (Sumber: Sinaga, 2011)

Karena medan silang beraksi pada sudut  $90^\circ$  dengan sudut fasa yang juga tertinggal  $90^\circ$  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 2.12.



Gambar 2.12 *Phasor* medan putar yang dihasilkan oleh belitan stator dan rotor

## 2.4.2 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 Jenis Penelitian

Konsep penelitian ini secara keseluruhan dilakukan pembuatan alat, yaitu membuat rancang bangun kumparan stator motor induksi 1 fasa dua 2 kutub rotor belitan menggunakan metode kumparan terpusat (*concentric*) dan menganalisis perubahan yang terjadi.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Adapun tempat dan waktu penelitian-analisis dilakukan secara umum di:

Tempat : Laboratorium Konversi Energi Listrik Fakultas Teknik Universitas  
Jember  
Alamat : Jl. Slamet Riyadi No. 62  
Kecamatan Patrang Kabupaten Jember  
Waktu : Desember 2014-April 2015

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 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

### 3.3.2 Bahan

- a. Motor induksi 1 fasa 1 Buah

Tabel 3.1 Spesifikasi motor

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

- b. Kertas gosok (halus) 1 Buah
- c. Grease (stempet) 1 Buah
- d. Akrilik 2 Buah
- e. Baut 8 Buah

### 3.4 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

Studi literatur meliputi pengumpulan jurnal yang berhubungan dengan penelitian sebagai referensi awal. Adapun bahan pustaka yang dibutuhkan antara lain adalah tentang segala sesuatu yang mendukung perancangan kumparan stator motor induksi 1 fasa 2 kutub rotor belitan dengan metode terpusat (*concentric*).

c. Pengumpulan Data Motor Referensi (*Motor Standart*)

Dalam tahap ini dilakukan analisis motor induksi standart sebelum dilakukan modifikasi, pengumpulan data ini untuk memudahkan penelitian ketika melakukan perbandingan modifikasi sehingga bisa mengetahui perbedaan yang signifikan. Motor referensi dan motor *rewinding* memiliki spesifikasi sama persis sesuai Tabel 3.1.

d. Perencanaan untuk Modifikasi Motor Induksi pada Kumputan Stator

Perencanaan ini meliputi rencana komponen yang dipakai pada stator, ukuran tembaga pada stator, serta jumlah kutub yang dipakai.

e. Implementasi Sistem

Pada tahap ini dilakukan modifikasi motor induksi pada kumputan stator berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya.

f. Melakukan Pengujian Sistem

Pengujian sistem adalah tahap sesudah pelaksanaan perancangan sistem telah selesai, pada tahap ini dilakukan pengujian pada motor induksi yang telah di rancang bangun.

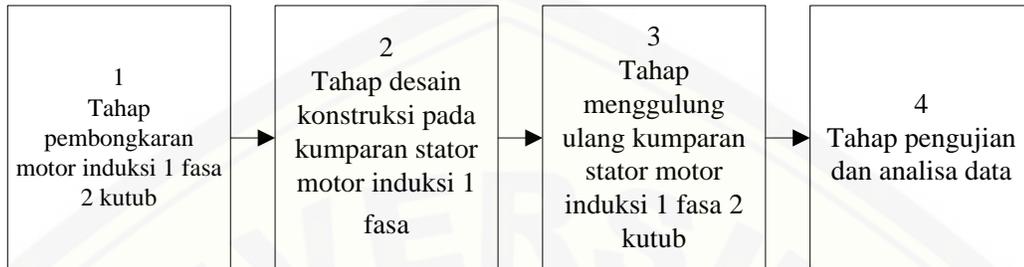
g. Analisis Sistem

Analisis sistem meliputi analisis secara teknis yaitu melakukan pengukuran terhadap kecepatan putaran, torsi, dan daya yang dihasilkan dari rancang bangun motor induksi tersebut.

h. Pengambilan Kesimpulan dan Saran

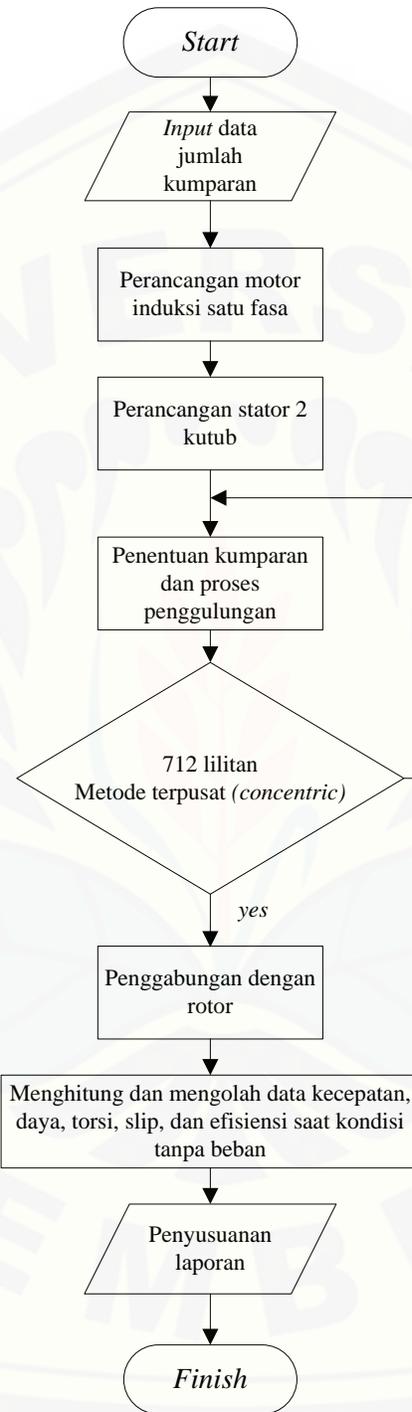
Pengambilan kesimpulan dan saran merupakan tahap terakhir dari penelitian ini, pengambilan kesimpulan ini didasarkan pada hasil pengujian implementasi sistem. Sementara untuk saran digunakan untuk perbaikan-perbaikan yang mungkin terjadi, kemungkinan pengembangan dan aplikasi sebagai salah satu alternatif modifikasi motor induksi yang lebih efektif dan efisien.

Berikut ini tahap penelitian secara singkat:



Gambar 3.1 Tahap penelitian

### 3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

### 3.6 Konstruksi Penelitian

Konstruksi penelitian merupakan tahap-tahap struktural yang direncanakan untuk implementasi sistem. Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun kumparan stator motor induksi 1 fasa 2 kutub jenis rotor belitan, langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 3.6.1 Melihat dan Meninjau Konstruksi Stator.

##### a. Rangka Stator

Rangka stator yang digunakan terbuat dari besi, hal ini memiliki tujuan untuk melindungi inti stator dan kumparannya. Bentuk rangka stator dapat dilihat pada Gambar 3.3.

##### b. Inti Stator

Inti stator terbuat dari besi lunak atau baja silikon. Inti stator ini berguna untuk memperkecil rugi-rugi besi akibat arus pusar.



Gambar 3.3 Stator

### 3.6.2 Menentukan Besar Tembaga.

Besar tembaga yang digunakan pada lilitan stator yaitu 0,5 mm.

### 3.6.3 Menentukan Metode yang digunakan.

Stator mempunyai alur tunggal maka untuk penggulungannya menggunakan metode terpusat (*concentric*).

### 3.6.4 Melakukan Penggabungan Stator dan Rotor.

Setelah kumparan stator digulung, dan stator selesai dirakit selanjutnya penggabungan antara stator dengan rotor untuk menguji keberhasilan rancang bangun motor induksi ini. Rotor yang akan digabungkan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



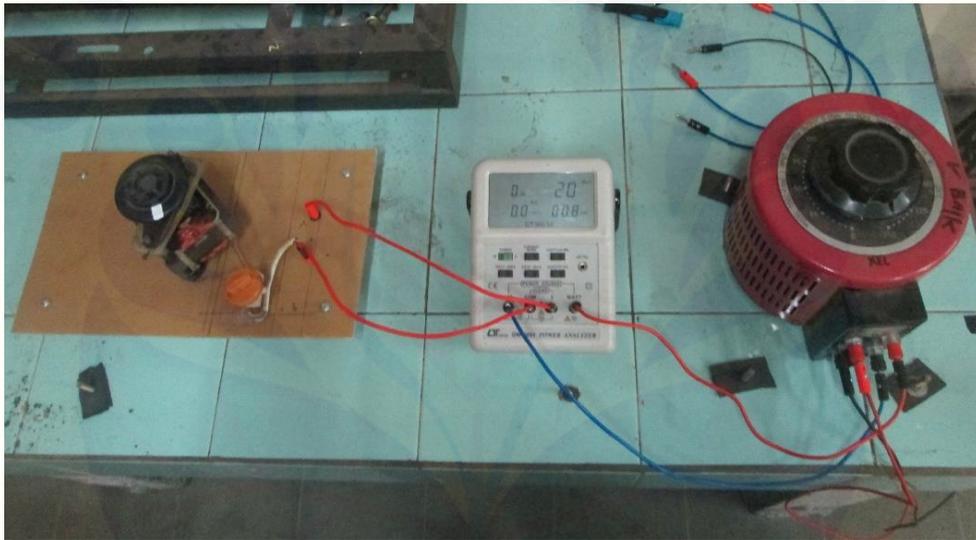
Gambar 3.4 Rotor Belitan

### 3.6.5 Pengujian Motor

Jika penggabungan antara stator dan rotor telah selesai, maka akan dilakukan perbandingan hasil perhitungan daya dengan hasil pengujian alat. Pada penelitian ini, untuk mengetahui target yang diinginkan, motor akan dirangkai dengan alat ukur *power analyzer* dan AVR sehingga dapat diketahui nilai daya, torsi arus, tegangan, dan *power factor*, pengujian tersebut yaitu:

#### a. Pengujian Tanpa Beban

Pengujian motor induksi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja motor mulai tegangan rendah sampai dengan tegangan nominal motor tersebut.



Gambar 3.5 Rangkaian pengujian tanpa beban

b. *DC Test*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai tahanan pada stator dan rotor.



Gambar 3.6 Rangkaian *DC test*

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Rancang Bangun Kumparan Stator

Rancang bangun kumparan stator pada penelitian ini yaitu melakukan penggulangan ulang pada kumparannya dengan diameter tembaga yang berbeda, berikut penjelasannya.

#### 4.1.1 *Rewinding*

Penggulangan ulang untuk motor yang terbakar sudah umum dilakukan oleh sebuah industri. Penggulangan ulang motor yang dilakukan dengan hati-hati kadangkala dapat menghasilkan motor yang memiliki efisiensi yang sama dengan yang sebelumnya, penggulangan motor induksi sebaiknya memilih material konduktor dan jenis isolasi yang baik agar motor memiliki kinerja yang baik.

Dalam penelitian ini dilakukan penggulangan ulang kumparan stator untuk mengetahui kinerja motor setelah digulung ulang (*rewinding*) dengan variasi berbeda dari sebelumnya. Hal yang dilakukan sebelum melakukan *rewinding* adalah memisahkan stator dan rotor, mengukur besar tembaga yang digunakan pada kumparan stator, dan menghitung jumlah lilitan sebelum digulung ulang. Variasi dititik beratkan pada kumparan stator untuk menganalisis perubahan yang terjadi.

Tembaga yang digunakan adalah jenis supreme dengan diameter 0,5 mm sebanyak 356 lilitan pada masing-masing kumparan stator, karena terdapat 2 kutub stator maka jumlahnya 712 lilitan, jumlah kutub dan lilitan mengacu pada motor referensi. Jenis lilitan pada kumparan stator adalah lilitan alur tunggal dengan metode terpusat (*concentric*) dan kurang lebih jumlah lilitan sama dengan motor referensi. Setelah semuanya dirancang dengan benar maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian pada motor induksi, pengujiannya melalui dua tahap yaitu yang pertama mencari besar hambatan pada kumparan, lalu pengujian yang kedua yaitu mengetahui parameter kinerja motor. Pengukuran besar tahanan pada kumparan bertujuan untuk menghitung daya mekanik yang dihasilkan oleh motor induksi, dan

penghitungan daya mekanik juga berfungsi untuk mengetahui besar torsi. Berikut penjelasan lebih lanjut.

#### 4.1.2 Pengukuran Hambatan pada Kumputan

Berikut ini adalah hasil pengukuran besar hambatan pada kumputan.

##### a. Pengukuran Hambatan pada Motor *Rewinding*

Tabel 4.1 Hasil pengukuran hambatan motor *rewinding*

No	V Rotor (V)	I Rotor (A)	R Rotor ( $\Omega$ )	V Stator (V)	I Stator (A)	R Stator ( $\Omega$ )
1	2	0,19	10,526	2	0,18	11,111
2	4	0,38	10,526	4	0,35	11,429
3	6	0,56	10,714	6	0,52	11,538
4	10	0,98	10,204	10	0,91	10,989
5	15	1,44	10,417	15	1,34	11,194
6	20	1,89	10,582	20	1,78	11,236
	<b>Rata- rata</b>		<b>10,495</b>	<b>Rata- rata</b>		<b>11,250</b>

Untuk mengetahui hambatan pada masing-masing kumputan maka dilakukan pengukuran menggunakan rangkaian *DC test*. Masing-masing kumputan diberikan tegangan sesuai dengan Tabel 4.1, tegangan diberikan secara bertahap yaitu dari 2 V sampai dengan 20 V, yang diukur adalah besar arus yang dihasilkan pada masing-masing kumputan, untuk mengetahui nilai hambatannya dilakukan penghitungan dengan rumus dasar yaitu besar tegangan dibagi dengan besar arus. Besar hambatan pada rotor adalah 10,495  $\Omega$  dan pada stator adalah 11,250  $\Omega$ .

## b. Pengukuran Hambatan pada Motor Referensi

Tabel 4.2 Hasil pengukuran hambatan motor referensi

No	V Rotor (V)	I Rotor (A)	R Rotor ( $\Omega$ )	V Stator (V)	I Stator (A)	R Stator ( $\Omega$ )
1	2	0,14	14,286	2	0,12	16,667
2	4	0,32	12,500	4	0,25	16,000
3	6	0,47	12,766	6	0,386	15,544
	<b>Rata-rata</b>		<b>13,184</b>	<b>Rata-rata</b>		<b>16,070</b>

Sama dengan motor *rewinding*, pada motor referensi juga dilakukan pengukuran besar hambatan. Pada motor referensi hanya menggunakan tiga kali sampel pengukuran namun sama saja dengan enam sampel pengukuran pada motor *rewinding*, karena diberikan tegangan berapapun besar hambatannya hampir sama. Nilai hambatan pada rotor adalah 13,184  $\Omega$  dan pada stator adalah 16,070  $\Omega$ .

## c. Analisis Pengukuran Hambatan

Motor *rewinding* dengan diameter kumparan 0,5 mm memiliki besar hambatan (R) pada rotor adalah 10,495  $\Omega$  dan pada stator adalah 11,250  $\Omega$ , sedangkan nilai hambatan motor referensi dengan diameter kumparan 0,4 mm pada rotor adalah 13,184  $\Omega$  dan pada stator adalah 16,070  $\Omega$ . Hal ini sama dengan pengukuran hambatan secara teoritis dengan rumus  $R = \frac{\rho \cdot L}{A}$ , yaitu besar hambatan dapat dihitung dengan panjang kumparan dikalikan dengan hambatan jenis dan dibagi dengan luas penampang.

Motor *rewinding* dengan diameter kumparan 0,5 mm menghasilkan luas penampang (menggunakan rumus luas lingkaran, karena permukaan penghantar berbentuk lingkaran) yaitu 0,00019625 m<sup>2</sup> sedangkan untuk motor referensi dengan diameter kumparan 0,4 mm menghasilkan luas penampang 0,0001256 m<sup>2</sup>. Tentu saja besar hambatan yang dihasilkan oleh motor *rewinding* lebih kecil karena luas

penampangnya lebih besar yaitu  $0,00019625 \text{ m}^2$  sebab besar hambatan dengan luas penampang berbanding terbalik, semakin besar nilai luas penampang maka nilai hambatan akan semakin kecil begitu pula sebaliknya.



**4.2 Nilai Kecepatan Putaran, Torsi, dan Daya Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Jenis Rotor Belitan**

Berdasarkan hasil pengujian motor induksi 1 fasa 2 kutub didapat data sebagai berikut.

**4.2.1 Pengujian Motor**

Tabel 4.3 Hasil pengujian motor *rewinding*

NO	Tegangan (V)	Nr (rpm)	I (Ampere)	P (Watt)	Pmek (Watt)	Slip	Torsi (Nm)	Power Factor	Efisiensi (%)
1	50	3855	0,4	15	5,892	0,222	0,014602	0,74	39,280
2	75	7782	0,47	32	1,454	0,614	0,001786	0,9	4,545
3	100	10447	0,54	51	1,233	0,713	0,001127	0,94	2,417
4	125	12718	0,6	72	1,166	0,764	0,000876	0,96	1,620
5	150	14731	0,66	97	1,169	0,796	0,000758	0,98	1,205
6	175	16535	0,73	125	1,240	0,819	0,000716	0,98	0,992
7	200	18213	0,79	156	1,292	0,835	0,000678	0,98	0,828
8	220	19248	0,84	179	1,367	0,844	0,000679	0,98	0,764

Tabel 4.4 Hasil pengujian motor referensi

NO	Tegangan (V)	Nr (rpm)	I (Ampere)	P (Watt)	Pmek (Watt)	Slip	Torsi (Nm)	Power Factor	Efisiensi (%)
1	50	5464	0,33	15	1,748	0,451	0,003057	0,91	11,654
2	75	8700	0,4	28	1,110	0,655	0,001219	0,93	3,965
3	100	10464	0,45	43	1,073	0,713	0,00098	0,93	2,495
4	125	12860	0,51	62	1,043	0,767	0,000775	0,96	1,683
5	150	14800	0,56	83	1,051	0,797	0,000679	0,98	1,266
6	175	16618	0,63	106	1,153	0,819	0,000663	0,97	1,088
7	200	18304	0,7	131	1,266	0,836	0,000661	0,98	0,967
8	220	19364	0,74	159	1,324	0,845	0,000653	0,98	0,832

a. Pengujian Motor *Rewinding*

Pengujian dilakukan sebanyak delapan kali dengan mengubah nilai tegangan hingga mencapai tegangan nominal, pada pengujian ini diperoleh data-data antara lain kecepatan putaran rotor, arus, daya dan *power factor*. Nilai kecepatan putar rotor, arus, dan daya berbanding lurus dengan besar tegangan yang diberikan. Pada tegangan nominal (220 V) diperoleh kecepatan putar rotor 19248 rpm, arus sebesar 0,84 Ampere, daya sebesar 179 Watt dan *power factor* sebesar 0,98.

Berdasarkan data pada Tabel 4.3 maka bisa diambil data slip pada tegangan nominal. Untuk besar kecepatan putar medan stator  $N_s = \frac{120.f}{p} = \frac{120.50}{2} = 3000 \text{ rpm}$  sehingga nilai slipnya adalah  $s = \frac{N_r - N_s}{N_r} = \frac{19248 - 3000}{19248} = 0,844$ . Perhitungan efisiensi menggunakan rumus  $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$ , rata-rata efisiensi pada tegangan 50 V sampai 75 V adalah 21,912%, kemudian rata-rata efisiensi pada tegangan 100 V sampai 220 V adalah 1,304%. Efisiensi terbaik terdapat pada tegangan 50 V yaitu sebesar 39,820% dibandingkan pada tegangan lainnya.

b. Pengujian Motor Referensi

Sama dengan motor *rewinding*, pengujian dilakukan sebanyak delapan kali dengan mengubah nilai tegangan hingga mencapai tegangan nominal, pada pengujian ini diperoleh data-data antara lain kecepatan putaran medan rotor, arus, daya dan *power factor*. Nilai kecepatan putar rotor, arus, dan daya berbanding lurus dengan besar tegangan yang diberikan. Pada tegangan nominal (220 V) diperoleh kecepatan putar rotor 19364 rpm, arus sebesar 0,74 Ampere, daya sebesar 159 Watt dan *power factor* sebesar 0,98.

Berdasarkan data pada Tabel 4.4 maka bisa diambil data slip pada tegangan nominal. Untuk besar kecepatan putar medan stator  $N_s = \frac{120.f}{p} = \frac{120.50}{2} = 3000 \text{ rpm}$  sehingga nilai slip nya adalah  $s = \frac{N_r - N_s}{N_r} = \frac{19364 - 3000}{19364} = 0,845$ . Perhitungan efisiensi

menggunakan rumus  $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$  , rata-rata efisiensi pada tegangan 50 V sampai 75 V adalah 7,809%, kemudian rata-rata efisiensi pada tegangan tegangan 100 V sampai 220 V adalah 1,389%. Efisiensi terbaik terdapat pada tegangan 50 V yaitu sebesar 11,654% dibandingkan pada tegangan lainnya.

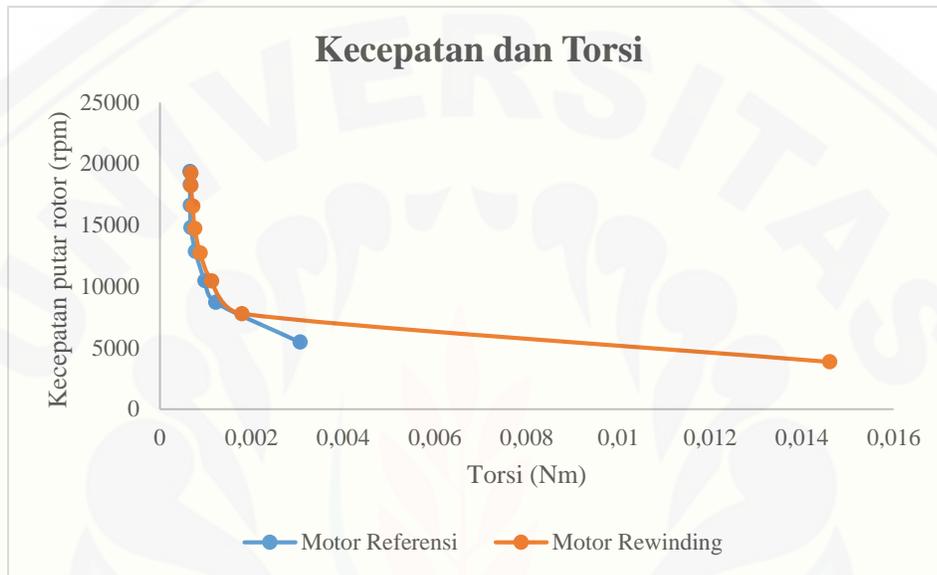
### c. Perbandingan Pengujian Motor

Pengujian kedua motor menggunakan parameter yang sama, dapat dianalisis efisiensi motor berdasarkan pengujian yang telah dilakukan. Efisiensi motor merupakan perbandingan daya motor yang digunakan terhadap keluaran daya totalnya, faktor yang mempengaruhi efisiensi antara lain usia, kapasitas, kecepatan, suhu, beban, dan penggulungan ulang.

Kecepatan putar rotor pada motor *rewinding* pada tegangan 220 V adalah 19248 rpm sedangkan pada motor referensi adalah 19364 rpm, selisihnya tidak terlalu jauh yaitu sebesar 116 rpm, motor *rewinding* memiliki kecepatan sedikit lebih kecil. Efisiensi motor *rewinding* memiliki nilai lebih baik pada tegangan 50 V sampai 75 V memiliki nilai rata-rata 21,912% dibandingkan motor referensi hanya mencapai efisiensi sebesar 7,809%, namun pada kisaran tegangan 100 V sampai 220 V kedua motor memiliki efisiensi hampir sama yaitu 1,304% pada motor *rewinding* dan 1,389% pada motor referensi. Besar efisiensi dipengaruhi oleh daya input dan daya output dari masing-masing motor.

#### 4.2.2 Hubungan Torsi terhadap Kecepatan

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 dapat dianalisis hubungan torsi dan kecepatan menggunakan grafik.



Gambar 4.1 Grafik hubungan torsi terhadap kecepatan pada motor *rewinding* dan motor referensi

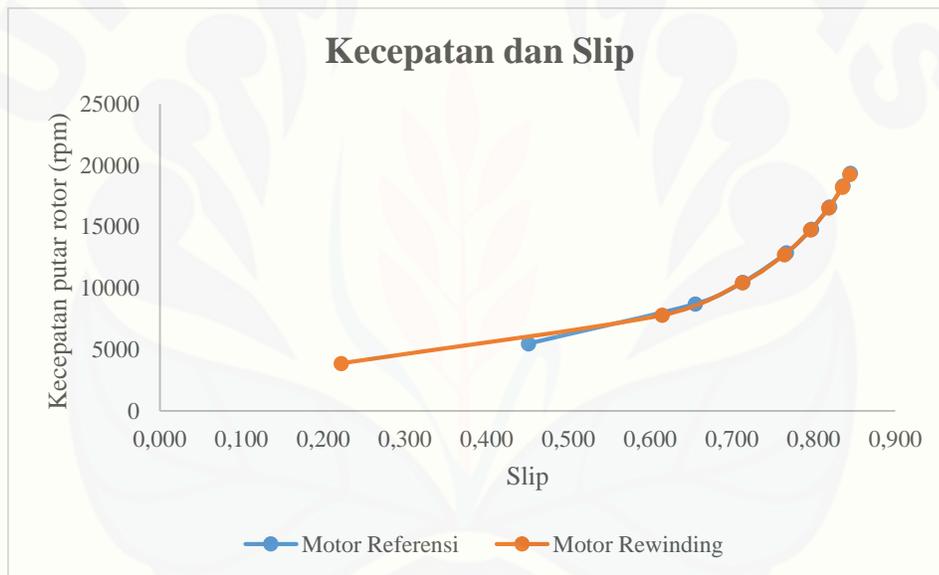
Pada grafik kecepatan terhadap torsi dapat dianalisis bahwa antara motor referensi dengan besar tembaga 0,4 mm (garis biru) dan motor *rewinding* dengan besar tembaga 0,5 mm (garis *orange*) memiliki perbedaan torsi, yaitu ketika *start* awal pada motor *rewinding* dengan kecepatan 3855 rpm menghasilkan torsi 0,014602 Nm lalu pada motor referensi *start* awal dengan besar kecepatan 5464 rpm menghasilkan torsi 0,003057 Nm.

Ketika diuji pada tegangan nominal motor *rewinding* dengan kecepatan 19248 rpm menghasilkan torsi 0,000679 Nm, lalu pada motor referensi dengan kecepatan 19384 menghasilkan torsi 0,000653 Nm. Torsi yang dihasilkan ketika mencapai tegangan nominal tidak berbeda jauh hanya memiliki selisih 0,000026 Nm. Nilai torsi

berbanding terbalik terhadap nilai kecepatan putar rotor, seperti yang tertera pada grafik semakin besar nilai kecepatan putar rotor maka akan semakin kecil torsinya. Pada kedua motor mengalami perubahan yang sama. Torsi pada motor *rewinding* memiliki nilai lebih unggul dibandingkan dengan motor referensi.

#### 4.2.3 Hubungan Kecepatan terhadap Slip

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 dapat dianalisis hubungan kecepatan dan slip menggunakan grafik.



Gambar 4.2 Grafik hubungan kecepatan terhadap slip pada motor *rewinding* dan motor referensi

Grafik pada gambar 4.2 menunjukkan hubungan kecepatan putar rotor terhadap slip yang dihasilkan. Slip timbul karena adanya perbedaan antara kecepatan medan putar (*synchronous speed*) dan kecepatan rotor (*rotor speed*). Slip yang dihasilkan akan menyesuaikan dengan besar kecepatan putar medan stator dan rotor.

Pada motor *rewinding* dapat dianalisis bahwa semakin besar nilai kecepatan putar rotor maka slip yang dihasilkan akan semakin besar pula sesuai dengan rumus

slip secara teoritis bahwa besar slip sama dengan sbesar kecepatan putar rotor dikurangi dengan kecepatan putar medan stator dan dibagi dengan kecepatan putar rotor itu sendiri, hubungan keduanya adalah berbanding lurus. Pada motor rewinding besar slip pada tegangan nominal adalah 0,844 kemudian pada motor referensi yaitu 0,845. Kedua motor ini memiliki slip yang selisihnya tidak terlalu jauh karena kecepatan putar rotornya juga hampir sama/stabil ketika mendekati tegangan nominal.

#### 4.2.4 Hubungan Tegangan terhadap Daya Mekanik

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 dapat dianalisis hubungan tegangan dan daya mekanik menggunakan grafik.



Gambar 4.3 Grafik hubungan tegangan terhadap daya mekanik pada motor *rewinding* dan motor referensi

Daya mekanik dan tegangan dapat dianalisis melalui Gambar 4.3. Motor *rewinding* menghasilkan daya mekanik lebih besar dibandingkan dengan motor referensi pada kenaikan tegangan yang sama. Bisa dilihat pada grafik dengan garis

*orange* bahwa daya mekaniknya lebih besar. Ketika diberi tegangan 50 V sampai 125 V daya mekanik pada motor rewinding mengalami penurunan dari 5,892 Watt menjadi 1,166 Watt namun ketika diberi tegangan 150 V sampai 220 V daya mekanik yang dihasilkan mengalami kenaikan dari 1,169 Watt menjadi 1,367 hal ini dipengaruhi oleh kenaikan besar arus juga. Motor referensi juga mengalami hal yang sama, namun besar daya mekanik yang dihasilkan oleh motor *rewinding* lebih besar.

Motor referensi mengalami penurunan besar daya mekanik pada tegangan 50 V sampai 150 V dengan besar daya mekanik 1,748 Watt menjadi 1,051 Watt dan mengalami kenaikan pada tegangan 175 V sampai 220 V dengan besar daya mekanik 1,153 Watt menjadi 1,324 Watt. Motor rewinding memiliki hambatan lebih kecil sehingga arus yang dihasilkan lebih besar, maka daya mekanik yang dihasilkan juga lebih besar.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

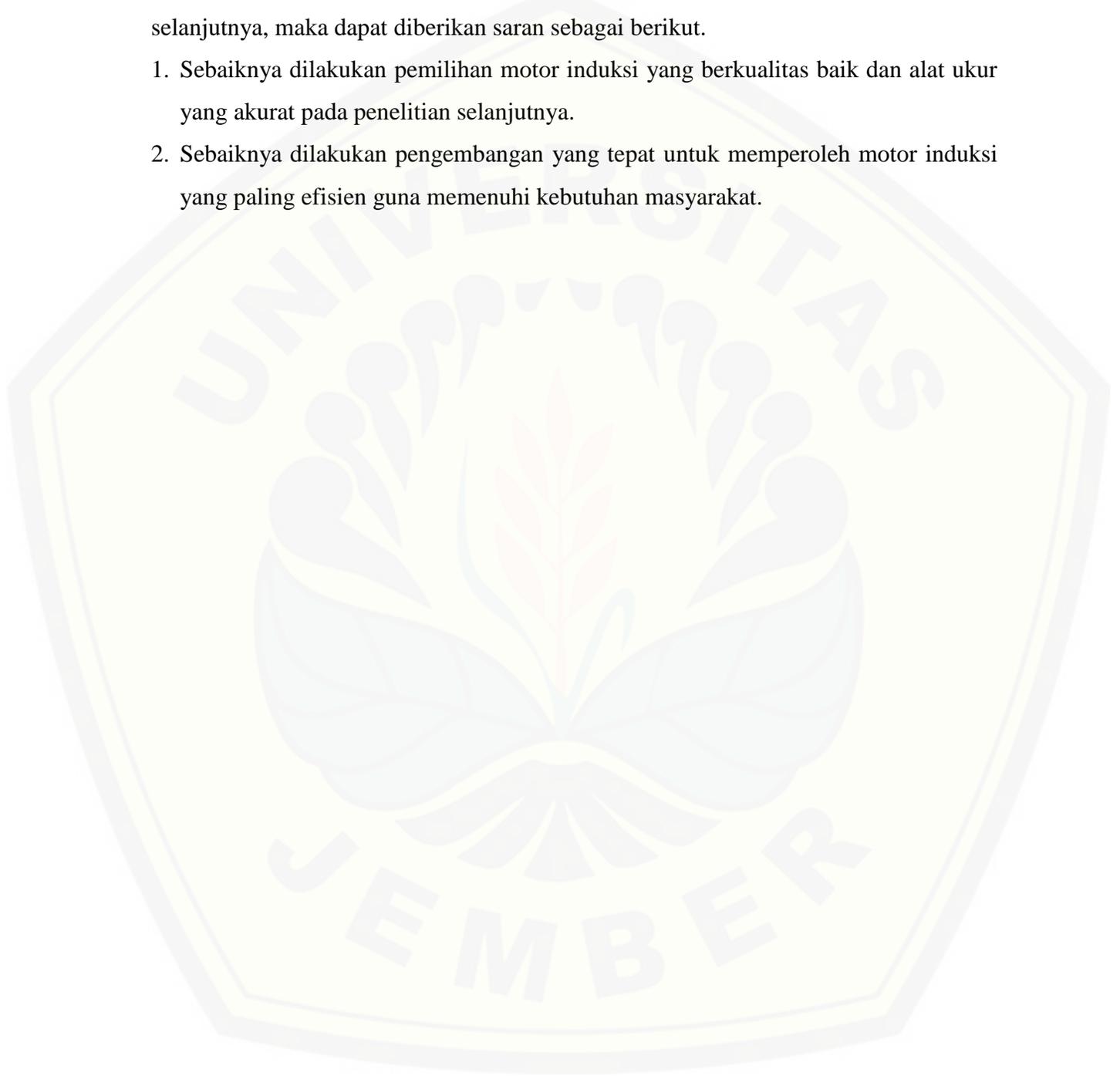
Berdasarkan penelitian tentang Rancang Bangun Kumputan Stator Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Rotor Belitan dengan Metode Terpusat (*Concentric*) dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Kecepatan putar rotor ( $N_r$ ) berbanding terbalik dengan nilai torsi, jika nilai  $N_r$  kecil maka torsinya besar begitu pula sebaliknya. Bisa dilihat pada motor *rewinding* pada tegangan 75 V ketika  $N_r$  7782 besar torsi adalah 0,001786 Nm dan pada motor referensi ketika  $N_r$  8700 maka besar torsi sama dengan 0,001219 Nm.
2. Nilai kecepatan dan slip berbanding lurus, motor referensi memiliki slip lebih besar yaitu 0,845 pada tegangan 220 V.
3. Daya mekanik yang dihasilkan oleh motor *rewinding* lebih besar pada kenaikan tegangan yang sama dengan motor referensi, daya mekanik motor *rewinding* adalah 1,367 Watt pada tegangan 220 V.
4. Efisiensi yang dihasilkan oleh motor *rewinding* lebih baik yaitu 21,912% pada tegangan 50 V sampai 75 V.
5. *Power factor* yang dihasilkan dari pengujian memiliki nilai yang baik yaitu 0,98 pada kisaran tegangan 175 sampai 220 V.

## 5.2 Saran

Demi penyempurnaan penelitian ini untuk dikembangkan pada penelitian selanjutnya, maka dapat diberikan saran sebagai berikut.

1. Sebaiknya dilakukan pemilihan motor induksi yang berkualitas baik dan alat ukur yang akurat pada penelitian selanjutnya.
2. Sebaiknya dilakukan pengembangan yang tepat untuk memperoleh motor induksi yang paling efisien guna memenuhi kebutuhan masyarakat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Chapman, S. J. 2005. *Electric Machinery Fundamentals, Fourth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Dewi, Y. K. 2014. "Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fasa 4 Kutub dengan Metode Kumparan Jerat." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
- Karisma, D. Y. 2014. "Rancang Bangun Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Split Capacitor." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
- Lister, E. C. 1993. *Mesin dan Rangkaian Listrik Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga
- Santoso, A. H. 2014. Kajian Pengaruh Modifikasi Jumlah Kutub terhadap Perubahan Daya dan Torsi Motor Induksi Satu Fasa. *Jurnal Mahasiswa TEUB*. Vol 1 (2): 1-6.
- Sinaga, R. 2011. "Analisis Karakteristik Berbeban Motor Induksi Satu Fasa Kapasitor Start." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Medan: Departemen Teknik Elektro Universitas Sumatra Utara.
- Sugiyantara, B., Haryono, T., Farqadain, C. 2012. Perancangan dan Pengujian Motor Induksi Tiga Fase Multi-Kutub. *JNTETI*. Vol 1 (1): 44-48.
- Sulistiyar, R. B. C. 2014. "Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub *Split Capacitor* dengan Metode Jerat (*Spiral*)". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
- Suparlan, M. 2011. Pengaruh Penggulungan Ulang (*Rewinding*) Stator terhadap Kinerja Motor Induksi. *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*. Vol. 20 (3): 9-14.
- Susila, Anton. 2004. "Perancangan Motor Induksi Satu Fasa Jenis Rotor Sangkar (*Squirrel Cage*)" Tidak Diterbitkan. Makalah Seminar Tugas Akhir. Semarang: Universitas Diponegoro.
- 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.

Universitas Jember. 2011. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Edisi Ketiga*. Jember: Jember University Press.



## LAMPIRAN

**A. PERHITUNGAN SLIP, DAYA MEKANIK, TORSI, DAN KECEPATAN PUTAR MOTOR (TEORI) PADA MOTOR *REWINDING***

**1.  $V=50$  V**

**a. Slip**

$$s = \frac{N_r - N_s}{N_r}$$

$$s = \frac{3855 - 3000}{3855}$$

$$s = 0,222$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,4^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,222)}{0,222}$$

$$P_{mek} = 5,892 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot N_r}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot N_r}$$

$$T = \frac{5,892 \cdot 60}{2,3,14 \cdot 3855}$$

$$T = 0,0146 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor ( $Nr$ )**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{0,0146 \cdot 3,14}{5,892 \cdot 30}$$

$$Nr = 3855 \text{ rpm}$$

**2.  $V=75 \text{ V}$** **a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{7782 - 3000}{7782}$$

$$s = 0,614$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,47^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,614)}{0,614}$$

$$P_{mek} = 1,454 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,454.60}{2.3,14.7782}$$

$$T = 0,00179 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{1,454.30}{0,00179 \cdot 3,14}$$

$$Nr = 7782 \text{ rpm}$$

**3. V=100 V**

**a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{10447 - 3000}{10447}$$

$$s = 0,713$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,54^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,713)}{0,713}$$

$$P_{mek} = 1,233 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,233 \cdot 60}{2,3,14 \cdot 10447}$$

$$T = 0,00113 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{1,233 \cdot 30}{0,00113 \cdot 3,14}$$

$$Nr = 10447 \text{ rpm}$$

**4. V=125 V****a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{12718 - 3000}{12718}$$

$$s = 0,764$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,6^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,764)}{0,764}$$

$$P_{mek} = 1,166 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,166 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 12718}$$

$$T = 0,00088 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{1,166 \cdot 30}{0,00088 \cdot 3,14}$$

$$Nr = 12718 \text{ rpm}$$

**5. V=150 V****a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{14731 - 3000}{14731}$$

$$s = 0,796$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,66^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,796)}{0,796}$$

$$P_{mek} = 1,169 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,169 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 14731}$$

$$T = 0,00076 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{1,169.30}{0,00076 \cdot 3,14}$$

$$Nr = 14731 \text{ rpm}$$

**6. V=175 V**

**a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{16535 - 3000}{16535}$$

$$s = 0,819$$

**b. Daya Mekanik**

$$Pmek = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1 - s)}{s}$$

$$Pmek = 0,73^2 \cdot 10,495 \frac{(1 - 0,819)}{0,819}$$

$$Pmek = 1,240 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{Pmek}{\omega_r}$$

$$T = \frac{Pmek}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{Pmek \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,240 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 16535}$$

$$T = 0,00072 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor ( $Nr$ )**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{0,00072 \cdot 30}{1,240 \cdot 3,14}$$

$$Nr = 16535 \text{ rpm}$$

**7.  $V=200 \text{ V}$** **a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{18213 - 3000}{18213}$$

$$s = 0,835$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,79^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,835)}{0,835}$$

$$P_{mek} = 1,292 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,292 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 18213}$$

$$T = 0,00068 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{1,292 \cdot 30}{0,00068 \cdot 3,14}$$

$$Nr = 18213 \text{ rpm}$$

**8. V=220 V**

**a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{19248 - 3000}{19248}$$

$$s = 0,844$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,84^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,844)}{0,844}$$

$$P_{mek} = 1,367 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{Pmek}{\omega_r}$$

$$T = \frac{Pmek}{\frac{2. \pi. Nr}{60}}$$

$$T = \frac{Pmek. 60}{2. \pi. Nr}$$

$$T = \frac{1,367.60}{2.3,14.19248}$$

$$T = 0,00068 Nm$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{Pmek}{\omega_r}$$

$$T = \frac{Pmek}{\frac{2. \pi. Nr}{60}}$$

$$\frac{2. \pi. Nr}{60} = \frac{Pmek}{T}$$

$$Nr = \frac{Pmek. 30}{T. \pi}$$

$$Nr = \frac{1,367.30}{0,00068.3,14}$$

$$Nr = 19248 rpm$$

**B. PERHITUNGAN SLIP, DAYA MEKANIK, TORSI, DAN KECEPATAN PUTAR MOTOR (TEORI) PADA MOTOR REFERENSI**

**1. V=50 V**

**a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{5464 - 3000}{5464}$$

$$s = 0,451$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,33^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,451)}{0,451}$$

$$P_{mek} = 1,748 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,748 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 5464}$$

$$T = 0,003057 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{Pmek. 30}{T. \pi}$$

$$Nr = \frac{1,748.30}{0,003057.3,14}$$

$$Nr = 5464 \text{ rpm}$$

## 2. V=75 V

### a. Slip

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{8700 - 3000}{8700}$$

$$s = 0,655$$

### b. Daya Mekanik

$$Pmek = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1 - s)}{s}$$

$$Pmek = 0,4^2 \cdot 10,495 \frac{(1 - 0,655)}{0,655}$$

$$Pmek = 1,110 \text{ Watt}$$

### c. Torsi

$$T = \frac{Pmek}{\omega_r}$$

$$T = \frac{Pmek}{\frac{2. \pi. Nr}{60}}$$

$$T = \frac{Pmek. 60}{2. \pi. Nr}$$

$$T = \frac{1,110.60}{2.3,14.8700}$$

$$T = 0,001219 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{0,001219 \cdot 30}{1,110 \cdot 3,14}$$

$$Nr = 8700 \text{ rpm}$$

**3. V=100 V****a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{10464 - 3000}{10464}$$

$$s = 0,713$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,45^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,713)}{0,713}$$

$$P_{mek} = 1,073 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,073 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 10464}$$

$$T = 0,00098 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{1,073 \cdot 30}{0,00098 \cdot 3,14}$$

$$Nr = 10464 \text{ rpm}$$

**4. V=125 V**

**a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{12860 - 3000}{12860}$$

$$s = 0,767$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,51^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,767)}{0,767}$$

$$P_{mek} = 1,043 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,043 \cdot 60}{2,314 \cdot 12860}$$

$$T = 0,000775 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{1,043 \cdot 30}{0,000775 \cdot 3,14}$$

$$Nr = 12860 \text{ rpm}$$

**5. V=150 V****a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{14800 - 3000}{14800}$$

$$s = 0,797$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,56^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,797)}{0,797}$$

$$P_{mek} = 1,051 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,051 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 14800}$$

$$T = 0,000679 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{1,051 \cdot 30}{0,000679 \cdot 3,14}$$

$$Nr = 14800 \text{ rpm}$$

**6. V=175 V****a. Slip**

$$s = \frac{N_r - N_s}{N_r}$$

$$s = \frac{16618 - 3000}{16618}$$

$$s = 0,819$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,63^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,819)}{0,819}$$

$$P_{mek} = 1,153 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot N_r}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot N_r}$$

$$T = \frac{1,153 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 16618}$$

$$T = 0,000663 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot N_r}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot N_r}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$N_r = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{1,153.30}{0,000663.3,14}$$

$$Nr = 16618 \text{ rpm}$$

7.  $V=200 \text{ V}$

a. Slip

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{18304 - 3000}{18304}$$

$$s = 0,836$$

b. Daya Mekanik

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,7^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,836)}{0,836}$$

$$P_{mek} = 1,266 \text{ Watt}$$

c. Torsi

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,266 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 18304}$$

$$T = 0,000661 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor ( $Nr$ )**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{0,000661 \cdot 3,14}{1,266 \cdot 30}$$

$$Nr = 18304 \text{ rpm}$$

**8.  $V=220 \text{ V}$** **a. Slip**

$$s = \frac{Nr - Ns}{Nr}$$

$$s = \frac{19364 - 3000}{19364}$$

$$s = 0,845$$

**b. Daya Mekanik**

$$P_{mek} = I_2^2 \cdot R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

$$P_{mek} = 0,74^2 \cdot 10,495 \frac{(1-0,845)}{0,845}$$

$$P_{mek} = 1,324 \text{ Watt}$$

**c. Torsi**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$T = \frac{P_{mek} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot Nr}$$

$$T = \frac{1,324.60}{2.3,14.19364}$$

$$T = 0,000653 \text{ Nm}$$

**d. Kecepatan putar rotor (Nr)**

$$T = \frac{P_{mek}}{\omega_r}$$

$$T = \frac{P_{mek}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60}}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot Nr}{60} = \frac{P_{mek}}{T}$$

$$Nr = \frac{P_{mek} \cdot 30}{T \cdot \pi}$$

$$Nr = \frac{1,324.30}{0,000653 \cdot 3,14}$$

$$Nr = 19364 \text{ rpm}$$

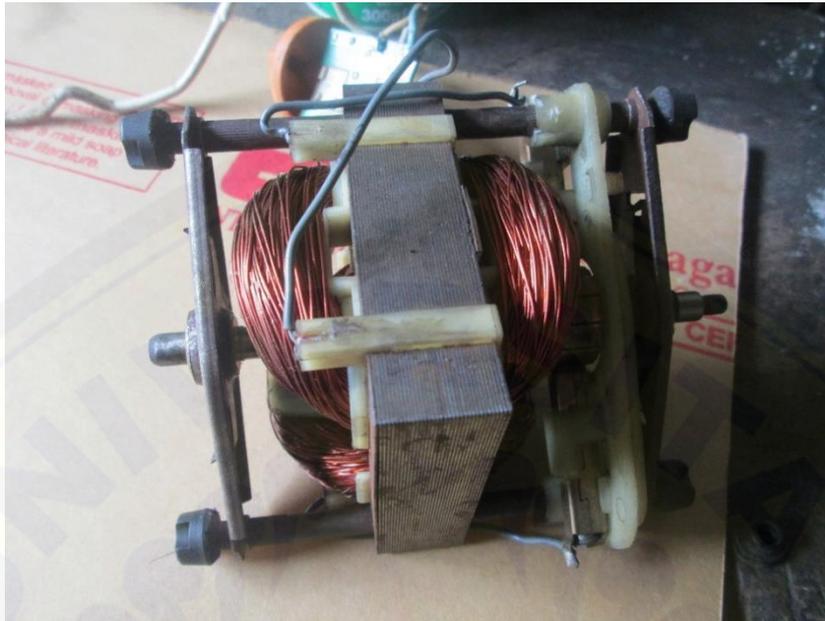
**C. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN**



Tembaga supreme 0,5 mm



Salah satu kutub stator



Penggulungan ulang pada kedua kutub stator dan penggabungan dengan rotor



Catatan:

A : Motor Induksi

B : *Power Analyzer*

C : *Automatic Voltage Regulator (AVR)*



Pengujian tanpa beban motor *rewinding* pada tegangan 50 V



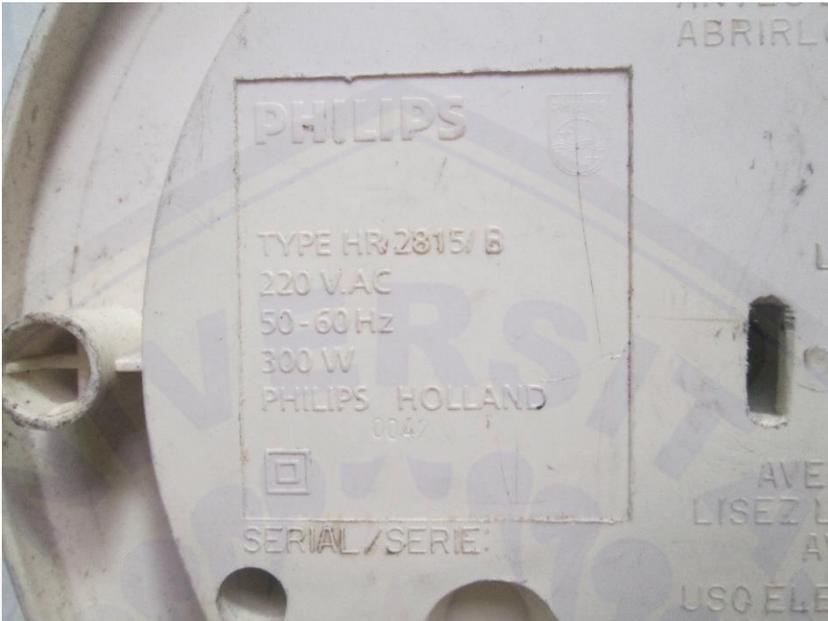
Pengujian tanpa beban motor *rewinding* pada tegangan 150 V



Pengujian tanpa beban motor *rewinding* pada tegangan 220 V



Pengukuran kecepatan rotor (rpm) motor *rewinding* pada tegangan 220 V



Spesifikasi motor *rewinding*



Spesifikasi motor referensi