



**RANCANG BANGUN LILITAN STATOR MOTOR INDUKSI 3 FASA 2  
KUTUB DENGAN KUMPARAN JERAT (*SPIRAL*)**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Moh Subhan**  
**NIM 101910201107**

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



**RANCANG BANGUN LILITAN STATOR MOTOR INDUKSI 3 FASA 2  
KUTUB DENGAN KUMPARAN JERAT (*SPIRAL*)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) Teknik Elektro guna mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh  
**Moh. Subhan**  
**NIM 101910201107**

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

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini merupakan langkah awal kesuksesan menuju kesuksesan selanjutnya yang telah menanti di depan. Untuk itu saya ingin mempersembahkan karya ini kepada :

1. Ibuku Sholeha, Bapakkusyukri ghozali, serta saudara – saudaraku terima kasih atas dukungan, ketulusan, kasih sayang, kesabaran, ketabahan dan doa yang selalu ditujukan kepada saya terus-menerus selama ini.
2. Dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Jember, yang telah memberikan saya ilmu selama ini.
3. Dosen-dosen pembimbing skripsi Bapak Widyono Hadi dan Bapak Moch. Gozali yang telah membimbing saya dengan penuh kesabaran.
4. Dulur-dulurku teknik Elektro 2010, yang telah banyak membantu selama ini.
5. Guru-guruku sejak Taman Kanak-kanak hingga semua dosen selama di Perguruan Tinggi yang terhormat, terima kasih telah mendidik saya dan memberikan banyak ilmu dengan penuh kesabaran.
6. Almamater fakultas Teknik Universitas Jember yang saya banggakan, terima kasih telah membuka jalan untuk saya menuju masa depan.

**MOTTO**

*Al- ilmu bila amalin kazzhajarin bila samarin (ilmu yang tidak bermanfaat bagi pohon yang tidak berbuah).*

**(Al-Hadist)**

*Ilmu tanpa iman buta, iman tanpa ilmu pincang.*

**(Albert Einstein)**

*Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan mengatasi dari satu kegagalan ke kegagalan berikutnya tanpa kehilangan semangat.*

**(Winston Churchill)**

*Sesuatu mungkin mendatangi mereka yang mau menunggu, namun hanya didapatkan oleh mereka yang bersemangat mengejarnya.*

**(Abraham Lincoln)**

*Waktu itu bagaikan sebilah pedang, kalau engkau tidak memanfaatkannya, maka ia akan memotongmu.*

**(Ali bin Abu Thalib)**

*Man jadda wa jada.*

*(Barang siapa yang bersungguh-sungguh dia akan mendapatkan)*

**(Al- Hadist)**

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Moh. Subhan

NIM : 101910201107

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “ Rancang Bangun Lilitan Stator Motor Induksi 3 Fasa 2 Kutub dengan Kumparan Jerat” adalah benar - benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subtansi 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, 17Desember 2014

Yang menyatakan,

Moh. Subhan

NIM. 101910201107

**SKRIPSI**  
**RANCANG BANGUN LILITAN STATOR MOTOR INDUKSI 3 FASA 2**  
**KUTUB DENGAN KUMPARAN JERAT (*SPIRAL*)**

Oleh :

Moh. Subhan

NIM 101910201107

Pembimbing

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

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “ **Rancang Bangun Lilitan Stator Motor Induksi 3 Fasa 2 Kutub dengan Kumparan Jerat (*spiral*)**” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari :Rabo

Tanggal :31 Desember 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP.196104141989021001

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

NIP.196906081999031002

Penguji I

Penguji II

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

NIP. 197008261997021001

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

NIP. 197104022003121001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 196104141989021001

**RANCANG BANGUN LILITAN STATOR MOTOR INDUKSI 3 FASA 2  
KUTUB DENGAN KUMPARAN JERAT (*SPIRAL*)**

**Moh. Subhan**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

**ABSTRAK**

Motor Induksi tiga fasa merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan pada industri, terutama motor induksi jenis squirrel-cage atau motor induksi sangkar tupai merupakan motor yang banyak digunakan karena konstruksinya yang kuat dan harganya relatif murah. Dalam motor induksi tiga fasa juga tidak lepas dari komponen yang dapat membuatnya bergerak atau berputar, yakni adanya induksi yang diakibatkan adanya arus yang mengalir melalui penghantar atau belitan pada stator. Adanya belitan pada stator sangat mempengaruhi kinerja motor, hal tersebut dikarenakan adanya alur pada belitan. Untuk meningkatkan keandalan dalam kinerja kita dapat menggunakan rancangan suatu belitan yang berbeda. Dengan menggunakan model lilitan jerat atau spiral diharapkan bisa mengetahui unjuk kerja motor tersebut sehingga dapat meningkatkan keandalan saat dalam industri.

**Kata Kunci:** motor induksi tiga fasa, kumparan terpusat, efisiensi.



**THE DESIGN OF A STATOR COIL OF 3-PHASE AND 2-POLAR  
INDUCTION MOTOR WITH SPIRAL SPOOL**

**Moh. Subhan**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

**ABSTRACT**

*Three-phase induction motor constitutes one particular trait of motor which is omnipresent in the realm of industry, particularly squirrel-cage type which is mostly implemented due to its solid construction and affordable price. In three-phase induction motor, there is also specific component that powers it to move or rotate, which comes in the form of induction evoked by the flowing current through connector on its stator. The existence of coil on the stator is highly influential toward the motor performance, which is caused by the flowing current on the coil per se. In order to enhance the reliability of the performance, it is feasible to implement a different spool design. By using spiral spool model, it is expected that the motor performance can be unearthed to escalate its reliability in industrial implementation.*

**Key Words:** *three-phase induction motor, spiral spool, efficiency..*

## RINGKASAN

**Rancang Bangun Lilitan Stator Motor Induksi 3 Fasa 2 Kutub Dengan Kumparan Jerat (*spiral*);** Moh. Subhan; 101910201107; 2014; 51 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Motor induksi tiga fasa merupakan jenis motor yang banyak digunakan pada dunia industri, karena konstruksinya yang kuat dan harganya yang relatif murah dibandingkan motor jenis lain dalam kelas yang sama. Dalam aplikasi sehari-hari motor induksi sebagai konversi energi listrik menjadi mekanik. Penggunaan motor sesuai dengan kebutuhan. Motor induksi banyak digunakan sebagai penggerak untuk memutar beban pada peralatan produksi yang ada di dunia Industri.

Dalam motor induksi tiga fasa juga tidak lepas dalam komponen yang dapat membuatnya dapat bergerak atau berputar, yakni adanya induksi yang diakibatkan adanya arus yang mengalir melalui penghantar atau belitan pada stator. Adanya belitan pada stator motor sangat mempengaruhi kinerja motor, hal tersebut dikarenakan adanya alur pada belitan.

Untuk meningkatkan keandalan dalam kinerjanya kita dapat menggunakan rancangan suatu belitan yang berbeda, ada tiga macam dalam teknik penggulung motor induksi tiga fasa yakni menggunakan belitan terpusat, jerat, dan gelombang. Pengujian model belitan tersebut diharapkan bisa mengetahui kinerja motor tersebut dan juga mengetahui mana yang lebih efisien agar dapat meningkatkan keandalan saat di dalam industri. Selain itu untuk perancangan kecepatan putaran (rpm) yang diinginkan agar motor dapat bekerja dengan tepat dalam penggunaannya.

## PRAKATA

### *Bismillahirrohmanirrohim*

Puji syukur ke hadirat Allah swt. atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul **Rancang Bangun Lilitan Stator Motor Induksi 3 Fasa 2 Kutub dengan Kumparan Jerat (*spiral*)** dapat terselesaikan dengan baik. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesaikannya skripsi ini tidak luput dari peranan beberapa pihak dan juga dengan seizin Allah SWT karena telah memberikan rahmat-Nya dan juga segala bantuan bagi hamba-Nya untuk penyelesaian skripsi ini. Adapun ucapan terima kasih ini saya sampaikan untuk beberapa pihak yang telah membantu saya selama ini:

1. Ibuku Sholehada dan Bapakku Syukri Ghozalitercinta, yang telah memberikan kasih sayang, doa, perhatian, serta membantu baik moril maupun materiil selama ini.
2. Saudaraku Sholehatus Shofia, Miftahur Rahman, Abd. Razak, Riskiyatul Inayah dan Amir Hasan, terima kasih atas bantuan doa dan lain-lain.
3. Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan dengan kesabarannya serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku penguji 1 dan Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku penguji 2, terima kasih telah berperan dalam proses ujian skripsi saya.
6. Dulur-dulurku Elektro Unej 2010 yang telah membantu dan menemani selama masa perkuliahan ini.

7. Sahabatku Redia Irawan dan o'gembes jablay members, terima kasih telah ikut serta dalam membantu saya menyelesaikan skripsi ini.
8. Nurma Fadila dan Fajri terima kasih atas pinjaman laptopnya sehingga terselaikan tugas akhir saya.
9. Teman-teman geng motor yang mau meluangkan waktunya dan bekerja bersama di Laboraturium Konversi Energi Listrik untuk penyelesaian skripsi ini.
10. Mas Adi , terima kasih karena dengan sabar mengajari dan memberikan ilmu cara melilit motor induksi.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan proyek akhir ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, Januari 2014

Penulis

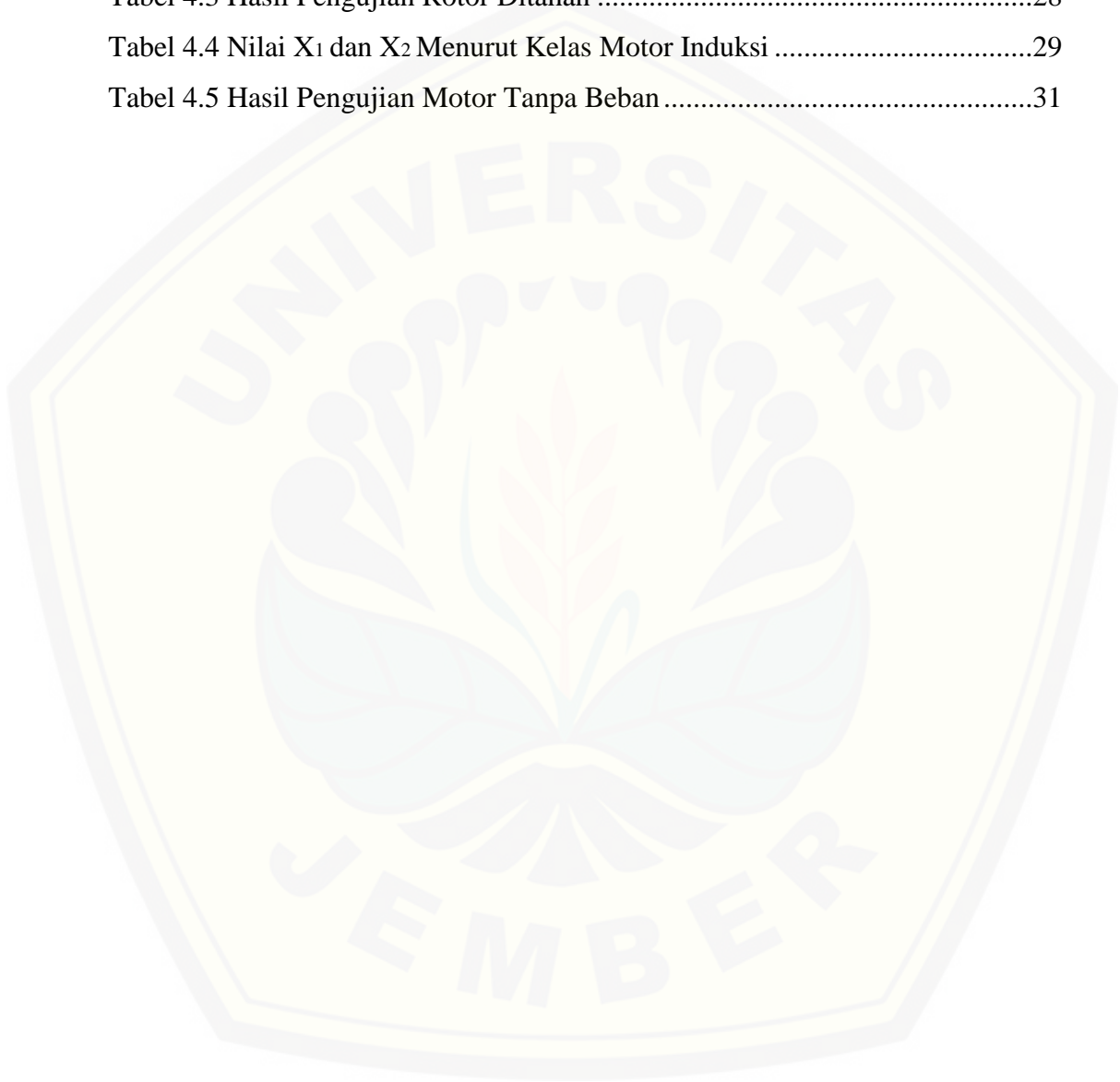
**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Batasan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Motor Induksi .....	5
2.2 Prinsip Induksi .....	5
2.3 Motor Induksi Tiga Fasa.....	7
2.4 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa .....	9
2.5 Belitan Stator .....	12
2.6 Prinsip Kerja Motor Induksi .....	14

<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>17</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	17
3.2 Alat dan Bahan .....	17
3.2.1 Alat .....	17
3.2.2 Bahan .....	17
3.3 Desain Penelitian .....	18
3.3.1 Desain Motor Induksi Tiga Fasa Dua Kutub Dengan Kumparan Jerat ( <i>spiral</i> ) .....	18
3.3.2 Diagram Alir ( <i>Flow Chart</i> ) Penelitian .....	19
3.4.1 Konstruksi Penelitian .....	20
3.4.1 Rangka Stator .....	20
3.4.2 Inti Stator .....	20
3.4.3 Alur .....	21
3.4.4 Kumparan Stator .....	21
3.4.5 Menggulung Kumparan Stator .....	22
3.4.6 Penggabungan dengan Rotor .....	22
3.4.7 Pengujian Alat .....	23
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>24</b>
4.1 Penggulungan Motor Induksi .....	24
4.2 Pengujian DC Test .....	25
4.3 Pengujian Rotor Ditahan (Blocked Rotor) .....	27
4.4 Pengujian Motor .....	29
<b>BAB 5 Kesimpulan dan Saran</b> .....	<b>40</b>
5.1 Kesimpulan .....	40
5.2 Saran .....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>42</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Alur pada Kumparan Motor Modifikasi .....	25
Tabel 4.2 Hasil Pengujian DC Test.....	26
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Rotor Ditahan .....	28
Tabel 4.4 Nilai $X_1$ dan $X_2$ Menurut Kelas Motor Induksi .....	29
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Motor Tanpa Beban .....	31



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1. Komponen Stator Motor Induksi Tiga Fasa.....	9
Gambar 2.2. Rotor Sangkar.....	10
Gambar 2.3. Konstruksi Motor Induksi Rotor .....	11
Gambar 2.4. Skematik Rotor Belitan Motor Induksi .....	11
Gambar 2.5. Konstruksi motor tiga fasa rotor belitan.....	11
Gambar 2.13 Kumparan jerat .....	13
Gambar 2.14 Kumparan terpusat. ....	13
Gambar 2.15 Kumparan gelombang .....	14
Gambar 3.1 diagram Pengujian Alat.....	18
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	19
Gambar 3.3 Rangka Stator .....	20
Gambar 3.4 Inti Stator.....	21
Gambar 3.5 Kumparan Terpusat.....	21
Gambar 3.6 Alur Penggulungan Tembaga.....	21
Gambar 3.7 Rotor Saat Akan Digabung Dengan Stator .....	23
Gambar 4.1 Kumparan Yang Akan Dipasang pada Alur Stator .....	24
Gambar 4.2 Pengujian DC Test.....	25
Gambar 4.3. Pengujian Rotor Tahan .....	27
Gambar 4.4. Pengujian Motor .....	30
Gambar 4.5. Grafik $V_{LL}$ terhadap $V_{LN}$ .....	32
Gambar 4.6. Grafik $I_L$ Dan $V_{LN}$ .....	33
Gambar 4.7. Grafik Daya terhadap $I_L$ .....	34
Gambar 4.8. Grafik $N_r$ terhadap $I_L$ .....	35
Gambar 4.9. Grafik Fluks terhadap $I_L$ .....	37



Gambar 4.10. Grafik Putaran Rotor ( $N_r$ ) terhadap Fluks.....38



**DAFTAR LAMPIRAN**

Halaman

Lampiran 1 DC Test pada motor induksi 3 fasa .....42

Lampiran 2 Perhitungan reaktansi pada Rotor ditahan .....44

Lampiran 3 Perhitungan Fluks .....46



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Motor induksi adalah salah satu jenis motor listrik yang paling luas pemanfaatannya baik di industri-industri besar, sedang maupun yang berskala kecil bahkan banyak digunakan untuk menggerakkan alat-alat bantu peralatan rumah tangga. Sebagai penggerak mula (*prime over*) motor induksi pada pengoperasiannya sering melayani beban yang bervariasi. Perputaran motor pada mesin arus bolak balik yang biasa juga disebut dengan motor asinkron ditimbulkan oleh adanya medan putar (fluks yang berputar) yang dihasilkan dalam kumparan statornya setelah kumparan stator dihubungkan dengan sumber tegangan satu ataupun tiga fasa.

Motor induksi merupakan 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. Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Popularitasnya karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC. 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 tiga fasa dirancang untuk beroperasi menggunakan suplai tegangan tiga fasa.

Motor induksi 3 fasa merupakan komponen yang penting dari berbagai industri dan telah banyak digunakan di mesin-mesin industri sebagai penggerak mekanik. Hal ini dikarenakan motor induksi 3 fasa memiliki kelebihan dari segi teknis dan segi ekonomis. Konstruksinya sangat kuat dan sederhana terutama bila motor dengan rotor sangkar. Harganya relatif murah dan keandalannya tinggi. Efisiensi relatif tinggi pada keadaan normal, tidak ada sikat sehingga rugi gesekan kecil. Serta biaya pemeliharaannya yang rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan.

Mengingat fungsinya yang sangat vital, sebagai penggerak mula yang konsekwensinya harus mampu melayani beban yang bervariasi. Motor induksi ini banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dibanding motor DC, diantaranya, harganya yang lebih murah dari motor DC. Kriteria yang diperlukan dalam merancang suatu alat produksi tentu yang menghemat pengeluaran yang besar. Berdasarkan kriteria tersebut motor AC sangat cocok digunakan sebagai penggerak listrik.

Kumparan jerat (*spiral*) dan sepusat (*consentris*) pada umumnya sistem ini banyak digunakan untuk motor dan generator. Kumparan jerat (*spiral*) biasanya digunakan pada motor dan generator dengan kapasitas besar, walaupun ada juga secara khusus motor-motor dengan kapasitas kecil menggunakan kumparan dengan jerat (*spiral*). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan merancang bangun sebuah motor induksi tiga fasa dua kutub yang notabene tergolong motor kapasitas besar yang sering digunakan dalam prindustrian dengan membuat keluaran daya yang maksimal, dan menganalisa kumparan stator pada motor induksi tiga fasa tersebut. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan mampu membuat motor induksi dengan nilai daya maksimal dengan fluks yang lebih besar yang sesuai dengan kebutuhan di prindustrian.

## 1.2 Rumusan masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi rumusan masalah diantaranya:

1. Bagaimana daya yang dihasilkan motor induksi tiga fasa dua kutub?
2. Bagaimana akibat yang timbul dari motor tiga fasa dua kutub menggunakan model kumparan terpusat (*spiral*)?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang gulungan/melilit stator motor induksi tiga fasa dua kutub.
2. Menghitung fluks pada motor induksi tiga fasa dua kutub pasang.

#### 1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan setelah penelitian tercapai adalah:

##### 1.1.1 Peneliti

- a. Menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh di bangkukuliah.
- b. Batuloncatan peneliti untuk mengembangkan penelitian ini lebih lanjut.

##### 1.1.2 Instansi Teknik Elektro

- a. Bahan studi perbandingan dan pertimbangan untuk peneliti dan pengembangan lebih lanjut.
- b. Sumber referensi untuk penelitian lainnya.

##### 1.1.3 Masyarakat

- a. Memperkenalkan metode kumparan jerat (*spiral*) yang banyak digunakan pada motor induksi.
- b. Pertimbangan teknologi yang akan diterapkan di dunia industri.

#### 1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Motor yang digunakan adalah motor induksi tiga fasa dua kutub.
2. Metode yang digunakan adalah metode kumparan jerat (*spiral*).
3. Mengetahui unjuk kerja motor induksi tiga fasa dua kutub pasang.
4. Parameter yang digunakan hanya pada hubungan Y (why).

## **1.6 Sistematika Pembahasan**

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

### **BAB 1. PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika pembahasan.

### **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi penjelasan tentang teori yang berhubungan dengan penelitian.

### **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

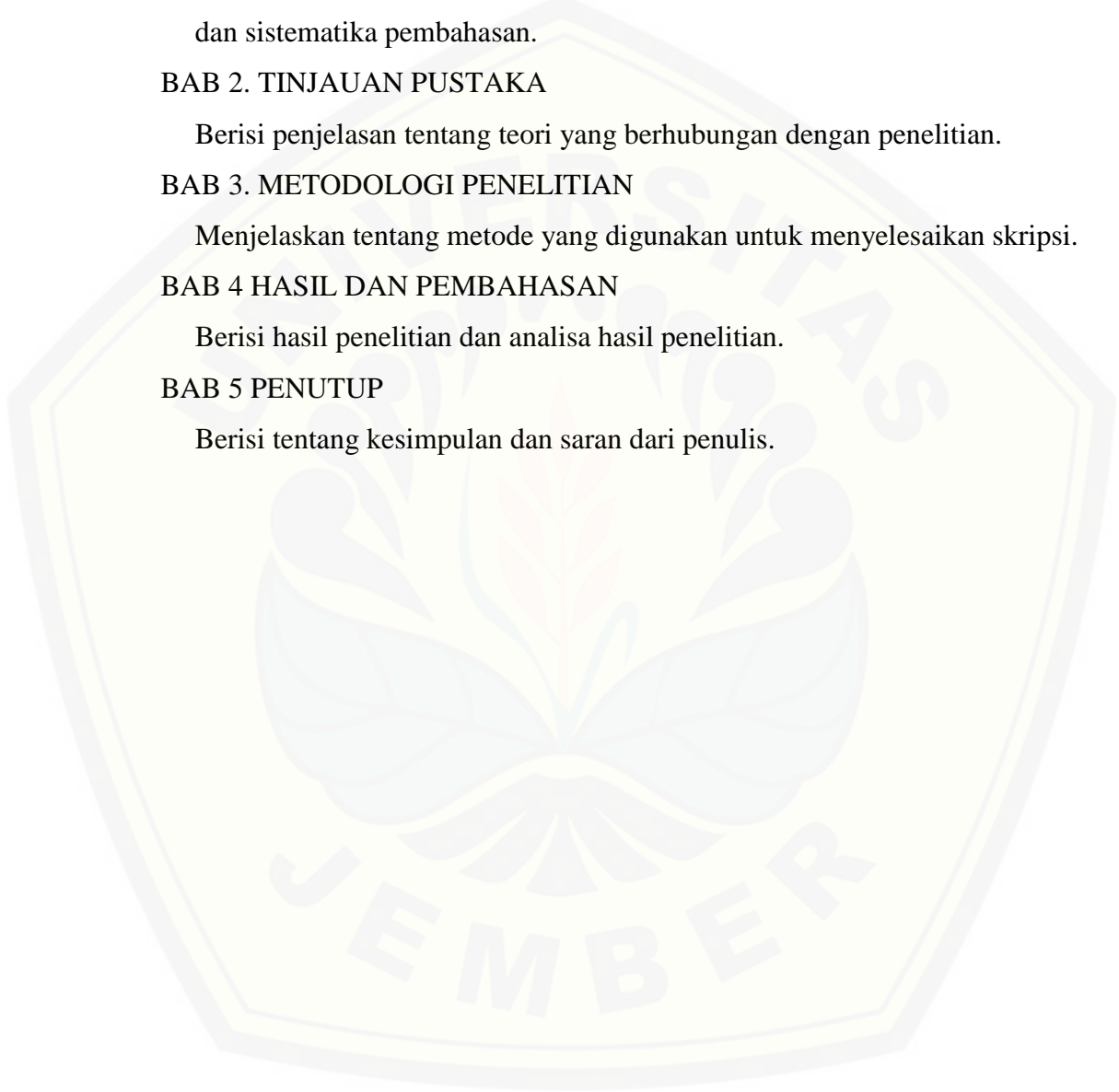
Menjelaskan tentang metode yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi hasil penelitian dan analisa hasil penelitian.

### **BAB 5 PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Motor Induksi

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. Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Popularitasnya karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC. 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 stiga fasa dirancang untuk beroperasi menggunakan suplai tegangan tiga fasa.

Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi jenis rotor sangkar tupai atau rotor lilitan. Diperkirakan bahwa sekitar 70 % motor di industri menggunakan jenis ini sebagai contoh, pompa, kompresor, belt conveyor, jaringan listrik dan grinder. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp.

### 2.2 Prinsip Induksi

Pada suatu titik ada medan magnet bila muatan yang bergerak pada titik tersebut mengalami gaya magnet. Medan magnet ini dikenal juga sebagai induksi magnet. Induksi magnet dapat dilukiskan sebagai garis-garis yang arah singgungnya pada setiap titik pada garis – garis induksi magnet menunjukkan arah vektor induksi magnet di titik – titik tersebut.

Banyaknya garis – garis induksi magnet yang melalui satuan luas bidang dinyatakan sebagai besar induksi magnet di titik tersebut. Banyaknya garis – garis gaya induksi magnet dinamakan fluks magnet (  $\Phi$  ), sedang banyaknya garis-garis induksi magnet persatuan luas dinamakan rapat fluks magnet ( $B$ ). Hubungan antara fluks magnet dan rapat fluks magnet dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$= B \cdot A \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

    : fluks magnet (Weber/W)

B : rapat fluks magnet (Tesla/T)

A : luas penampang (m<sup>2</sup>)

Pada motor sendiri pengaruh banyaknya lilitan ini mempengaruhi besarnya fluks yang dihasilkan. Fluks yang dibangkitkan pada suatu motor selain dipengaruhi banyaknya lilitan juga dipengaruhi oleh arus kumparan medan, permeabilitas, dan panjang solenoid. Persamaan fluks dapat dituliskan :

Induksi magnetic :

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{l} (Wb/m^2) \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

l : panjang solenoid (m)

i : arus pada solenoida (A)

N : banyaknya lilitan

μ<sub>0</sub>:1(bernilai 1 karena di ruang yang berudara) (wb/A.m)

A: luas penampang (m<sup>2</sup>)

Sesuai hukum faraday apabila suatu penghantar digerak-gerakkan dalam medan magnet maka penghantar tersebut timbul GGL ( Gaya Gerak Listrik ) induksi atau dapat menghasilkan listrik, yang besar GGL induksi tersebut adalah :

$$e = - N \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots (2.4)$$

Jika  $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$

$$e = - N \frac{d\Phi}{dt}$$

Maka :

$$e = - N \frac{d(\Phi_m \sin \omega t)}{dt}$$



$$e = -N \omega \phi_m \cos \omega t$$

$$e = -N 2\pi f \phi_m \cos \omega t$$

$$e_{\max} = -N 2\pi f \phi_m$$

$$e = e_{\max} \cos \omega t \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

N : Jumlah penghantar

$\phi_m$  : Fluxi / medan magnet

T : Persatuan waktu

F : frekuensi

### 2.3 Motor Induksi Tiga Fasa

Motor AC 3 phase bekerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa sumber untuk menimbulkan gaya putar pada rotornya. Jika pada motor AC 1 phase untuk menghasilkan beda phase diperlukan penambahan komponen Kapasitor, pada motor 3 phase perbedaan phase sudah didapat langsung dari sumber.

Motor induksi tiga fasa merupakan motor elektrik yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Salah satu kelemahan motor induksi yaitu memiliki beberapa karakteristik parameter yang tidak linier, terutama resistansi rotor yang memiliki nilai yang bervariasi untuk kondisi operasi yang berbeda, sehingga tidak dapat mempertahankan kecepatannya secara konstan bila terjadi perubahan beban.

Motor induksi 3 fasa adalah alat penggerak yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Hal ini dikarenakan motor induksi mempunyai konstruksi yang sederhana, kokoh, harganya relatif murah, serta perawatannya yang mudah, sehingga motor induksi mulai menggeser penggunaan motor DC pada industri. Motor induksi memiliki beberapa parameter yang bersifat non-linier, terutama resistansi rotor, yang memiliki nilai bervariasi untuk kondisi operasi yang berbeda. Hal ini yang menyebabkan pengaturan pada motor induksi lebih rumit dibandingkan dengan motor DC.

Salah satu kelemahan dari motor induksi adalah tidak mampu mempertahankan kecepatannya dengan konstan bila terjadi perubahan beban. Apabila terjadi perubahan beban maka kecepatan motor induksi akan menurun. Untuk mendapatkan kecepatan konstan serta memperbaiki kinerja motor induksi terhadap perubahan beban, maka dibutuhkan suatu pengontrol. Penggunaan motor induksi tiga fasa di beberapa industri membutuhkan performansi yang tinggi dari motor induksi untuk dapat mempertahankan kecepatannya walaupun terjadi perubahan beban. Salah satu contoh aplikasi motor induksi yaitu pada industri kertas. Pada industri kertas ini untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik, dimana ketebalan kertas yang dihasilkan dapat merata membutuhkan ketelitian dan kecepatan yang konstan dari motor penggerakannya, sedangkan pada motor induksi yang digunakan dapat terjadi perubahan beban yang besar.

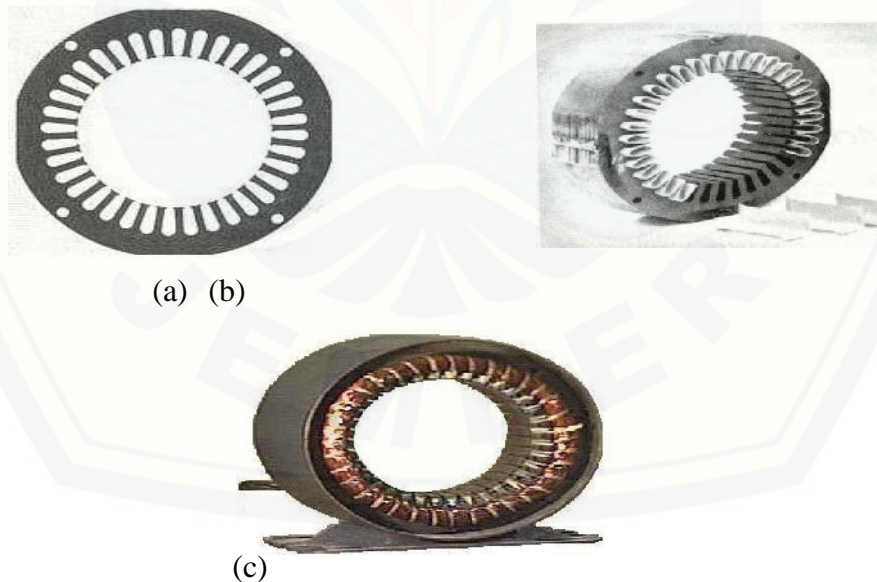
Motor induksi merupakan motor arus bolak balik (ac) yang paling luas penggunaannya. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relative antara putaran rotor dengan medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator.

Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron ( $N_s = 120f/2p$ ). Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus; dan sesuai dengan Hukum Lenz, rotor pun akan ikut berputar mengikuti medan putar stator.

Perbedaan putaran relative antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor, yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun.

## 2.4 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, bagian stator dipisahkan dengan bagian rotor oleh celah udara yang sempit (*air gap*) dengan jarak antara 0,4 mm sampai 4 mm. Bagian stator terdiri atas tumpukan laminasi inti yang memiliki alur yang menjadi tempat belitan dililitkan yang berbentuk silindris. Alur pada tumpukan laminasi inti diisolasi dengan kertas (Gambar 2.1.(b)). tiap elemen laminasi inti dibentuk dari lembaran besi (Gambar 2.1.(a)). Tiap lembaran besi tersebut memiliki beberapa alur dan beberapa lubang pengikat untuk menyatukan inti. Tiap belitan tersebar dalam alur yang disebut belitan fasa dimana untuk motor tiga fasa, belitan tersebut terpisah secara listrik sebesar 120 derajat. Kawat belitan yang digunakan terbuat dari tembaga yang dilapis dengan isolasi tipis. Kemudian tumpukan inti dan belitan stator diletakkan dalam cangkang silindris (Gambar 2.1.(c)). Berikut ini contoh lempengan laminasi inti, lempengan inti yang telah disatukan, belitan stator yang telah dilekatkan pada cangkang luar untuk motor induksi tiga fasa (Eko prasetyo, 2010).

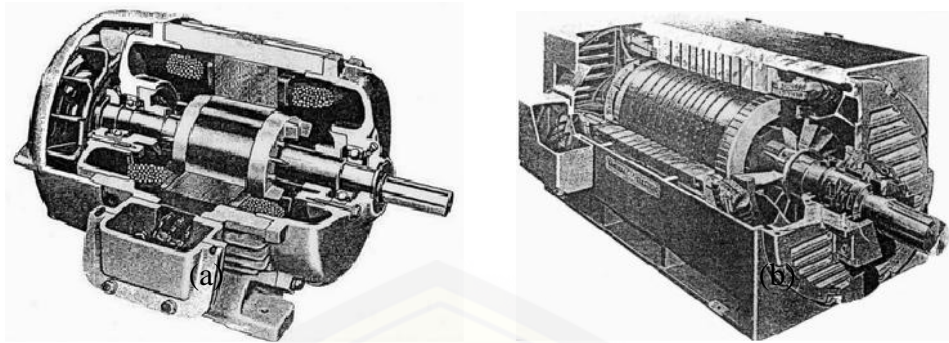


Gambar 2.1. Komponen Stator Motor Induksi Tiga Fasa, (a) Lempengan Inti, (b) Tumpukan Inti dengan Kertas Isolasi pada Beberapa Alurnya, (c) Tumpukan Inti dan Belitan Dalam Cangkang Stator.

Rotor motor induksi tiga fasa dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu rotor sangkar (*squirrel cage rotor*) dan rotor belitan (*wound rotor*). Rotor sangkar terdiri dari susunan batang konduktor yang dibentangkan ke dalam slot – slot yang terdapat pada permukaan rotor dan tiap – tiap ujungnya dihubungkan singkat dengan menggunakan *shorting rings* (Eko prasetyo, 2010). Batang rotor dan cincin ujung motor sangkar yang lebih kecil adalah coran tembaga atau aluminium dalam satu lempeng pada inti rotor. Dalam motor yang lebih besar, batang rotor tidak dicor melainkan dibenamkan ke dalam alur rotor dan kemudian dilas dengan kuat ke cincin ujung. Batang rotor motor sangkar tidak selalu ditempatkan paralel terhadap poros motor tetapi kerap kali dimiringkan. Hal ini akan menghasilkan torsi yang lebih seragam dan juga mengurangi derau dengung magnetik sewaktu motor sedang berputar (Eko prasetyo, 2010). Pada ujung cincin penutup dilekatkan sirip yang berfungsi sebagai pendingin. Rotor jenis rotor sangkar standar tidak terisolasi, karena batangan membawa arus yang besar pada tegangan rendah. Motor induksi dengan rotor sangkar ditunjukkan pada Gambar 2.2

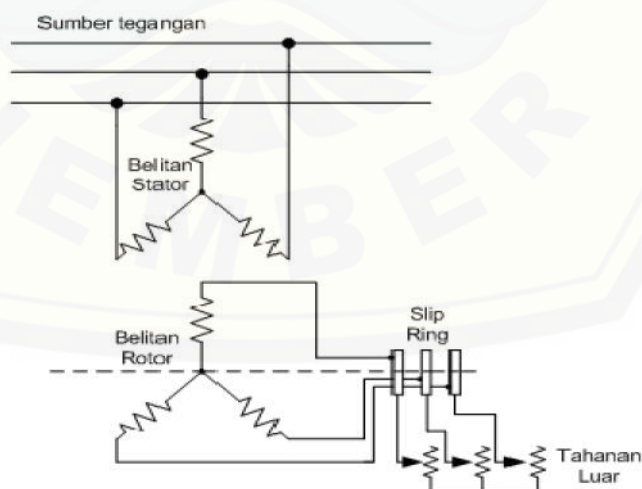


Gambar 2.2. Rotor Sangkar, (a) Tipikal Rotor sangkar, (b) Bagian-Bagian Rotor sangkar. (Eko prasetyo, 2010)



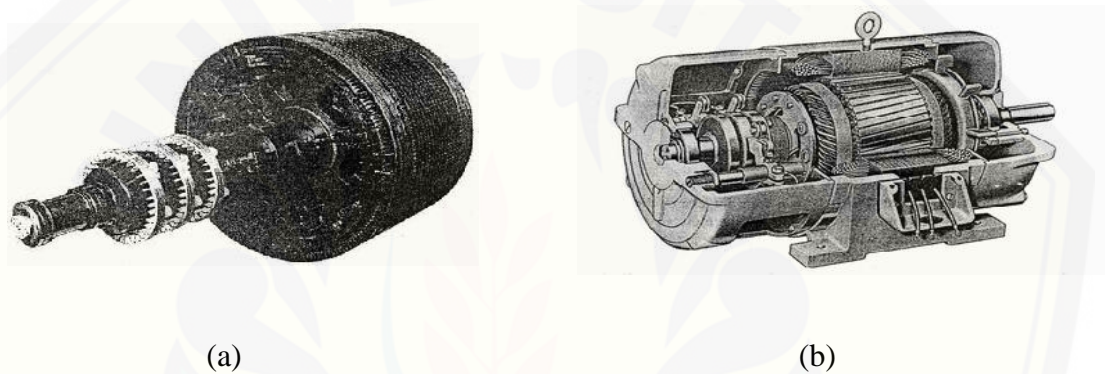
Gambar 2.3. (a) Konstruksi Motor Induksi Rotor Sangkar Ukuran Kecil, (b) Konstruksi Motor Induksi Rotor Sangkar Ukuran Besar. (Eko prasetyo, 2010)

Untuk motor induksi rotor belitan berbeda dengan motor rotor sangkar dalam hal konstruksi rotornya. Seperti namanya, rotor dililit dengan belitan terisolasi serupa dengan belitan stator. Belitan fasa rotor dihubungkan secara dan masing – masing fasa ujung terbuka yang dikeluarkan ke cincin slip yang terpasang pada poros rotor. Secara skematik dapat dilihat pada gambar 2.4. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa cincin slip dan sikat semata – mata merupakan penghubung tahanan kendali variabel luar ke dalam rangkaian rotor (Eko prasetyo, 2010).



Gambar 2.4. Skematik Rotor Belitan Motor Induksi

Pada motor ini, cincin slip yang terhubung ke sebuah tahanan variabel eksternal yang berfungsi membatasi arus pengasutan dan yang bertanggung jawab terhadap pemanasan rotor. Selama pengasutan, penambahan tahanan eksternal pada rangkaian rotor belitan menghasilkan torsi pengasutan yang lebih besar dengan arus pengasutan yang lebih kecil dibanding dengan rotor sangkar. Konstruksi motor tiga fasa rotor belitan ditunjukkan pada gambar 2.5 di bawah ini.



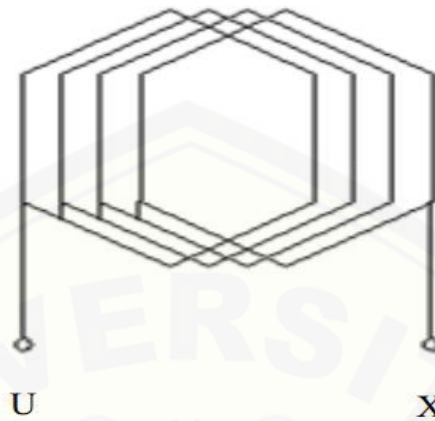
Gambar 2.5. (a) Rotor Belitan, (b) Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa dengan Rotor Belita. (Eko prasetyo, 2010)

## 2.5 Belitan Stator

Bentuk – bentuk belitan pada stator ada 3 macam yaitu kumparan jerat (*Lap Winding*), kumparan terpusat (*Concentric Winding*) dan kumparan gelombang (*Wave Winding*). Fungsi dari ketiga jenis kumparan tersebut adalah sebagaiberikut:

- 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. Bentuk

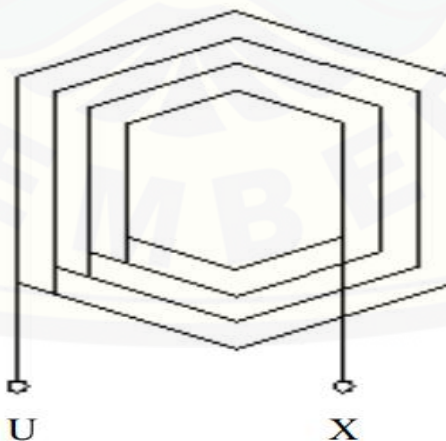
kumparannya ada pada Gambar 2.13 di bawah ini :



Gambar 2.13 Kumparan jerat (Sumber: Nanang, 2011)

- 2) Kumparan sepusat (*concentric*) pada umumnya sistem ini banyakdigunakan untuk motor dan generator dengan kapasitas kecil. Walaupun ada juga secara khusus motor–motor dengan kapasitas kecil menggunakan kumparan dengan tipe spesial.

Bentuk kumparannya ada pada Gambar 2.14 di bawah ini :

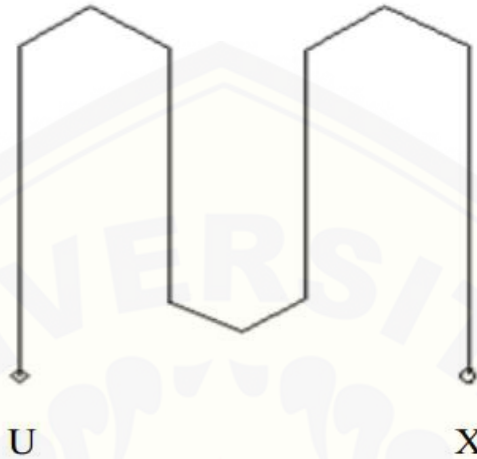


Gambar 2.14 Kumparan terpusat (Sumber: Nanang, 2011)

- 3) Kumparan gelombang/*wave winding* untuk motor dengan belitan sistem ini

banyak digunakan kapasitor besar.

Bentuk gelombang pada Gambar 2.15 dibawah ini:



Gambar 2.15 Kumparan gelombang (Sumber: Nanang, 2011)

## 2.6 Prinsip Kerja Motor Induksi

Prinsip kerja motor induksi 3 fasa adalah sebagai berikut:

- Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator, timbullah kecepatan medan putar

$$(N_s), N_s = \frac{120f}{P} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$N_s$  = kecepatan sinkron/medan putar (rpm)

$f$  = frekuensi sumber daya (Hz)

$p$  = jumlah kutub motor induksi

- Perputaran medan putar pada stator tersebut akan memotong batang-batang konduktor pada bagian rotor.
- Akibatnya, pada bagian rotor akan timbul tegangan induksi (ggl) sebesar  $E_{2s} = 4,44 f_2 N_2$  (untuk satu fasa), dimana  $E_{2s}$  adalah tegangan induksi saat rotor berputar.



- d. Karena pada rotor timbul tegangan induksi, dan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, sehingga pada rotor akan timbul arus (I).
- e. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor.
- f. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban , maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
- g. Agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan antara kecepatan medan putar stator (Ns) dengan kecepatan berputar rotor (Nr).
- h. Perbedaan kecepatan antara Nr dan Ns disebut Slip (S) dinyatakan dengan :  $S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\%$ .....(2.7)
- i. Apabila Nr = Ns tegangan tidak terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila Nr lebih kecil dari Ns.

Berubah- ubahnya kecepatan motor induksi (Ns) megakibatkan berubahnya harga slip dari 100% pada saat start sampai 0% pada saat diam (Nr – Ns).

Hubungan frekuensi dengan slip dapat dilihat sebagai berikut:

$$N_s = \frac{120f}{P} \dots\dots\dots(2.8)$$

Pada rotor berlaku hubungan :

$$f_2 = \frac{p(N_s - N_r)}{120} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana f2 = frekuensi arus rotor

$$f_2 = \frac{pns}{120} \times \frac{N_s - N_r}{N_s} \dots\dots\dots(2.10)$$

Karena

$$S = \frac{Ns - Nr}{Ns} \dots\dots\dots (2.11)$$

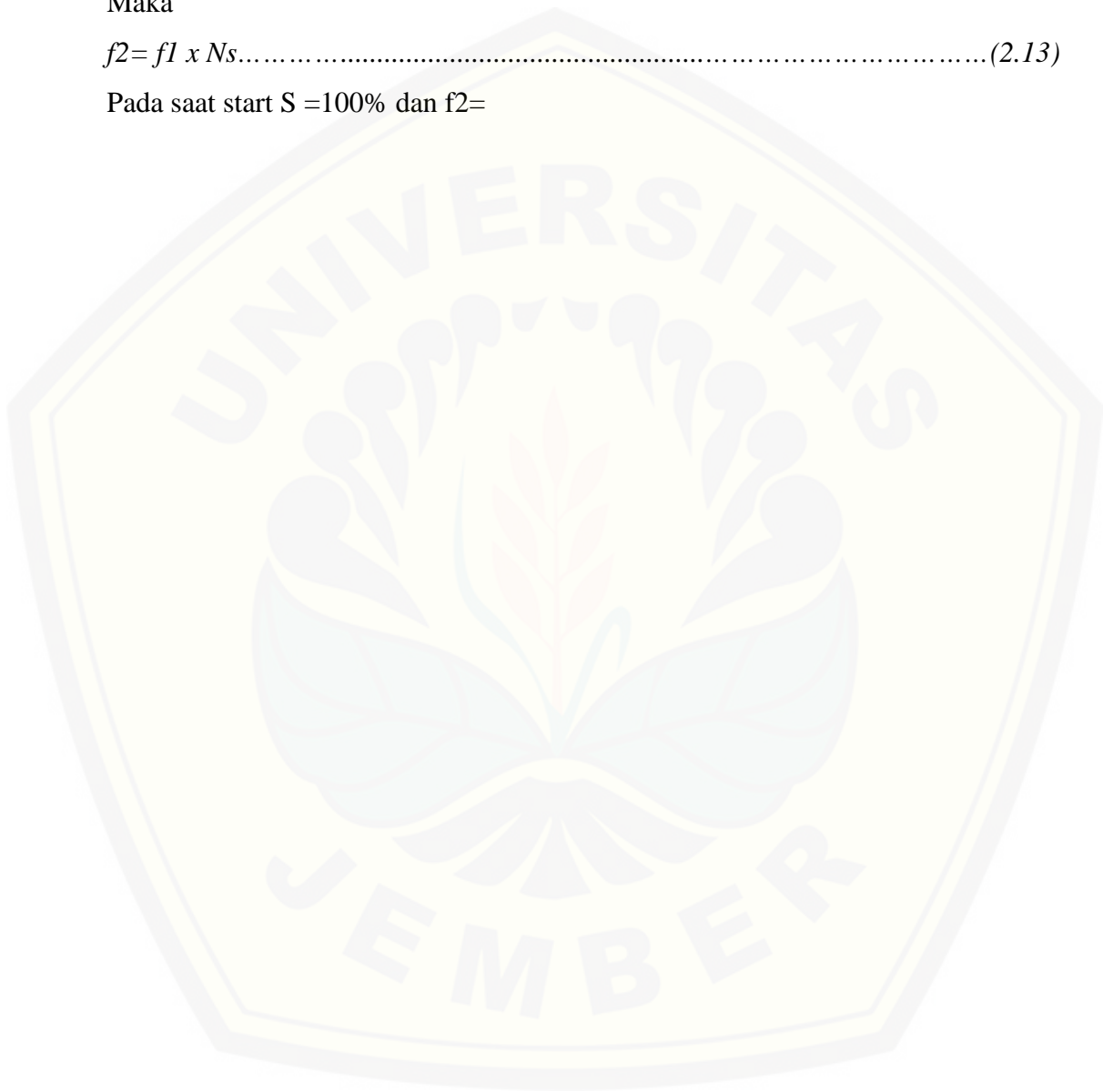
dan

$$f_2 = \frac{pNs}{120} \dots\dots\dots (2.12)$$

Maka

$$f_2 = f_1 \times Ns \dots\dots\dots (2.13)$$

Pada saat start  $S = 100\%$  dan  $f_2 =$



## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian mendesain dan merancang motor induksi tiga fasa ini dilaksanakan di Laboratorium Dasar Konversi Energi Listrik Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember. Sedangkan waktu penelitian dimulai dari bulan April 2014.

### 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 |

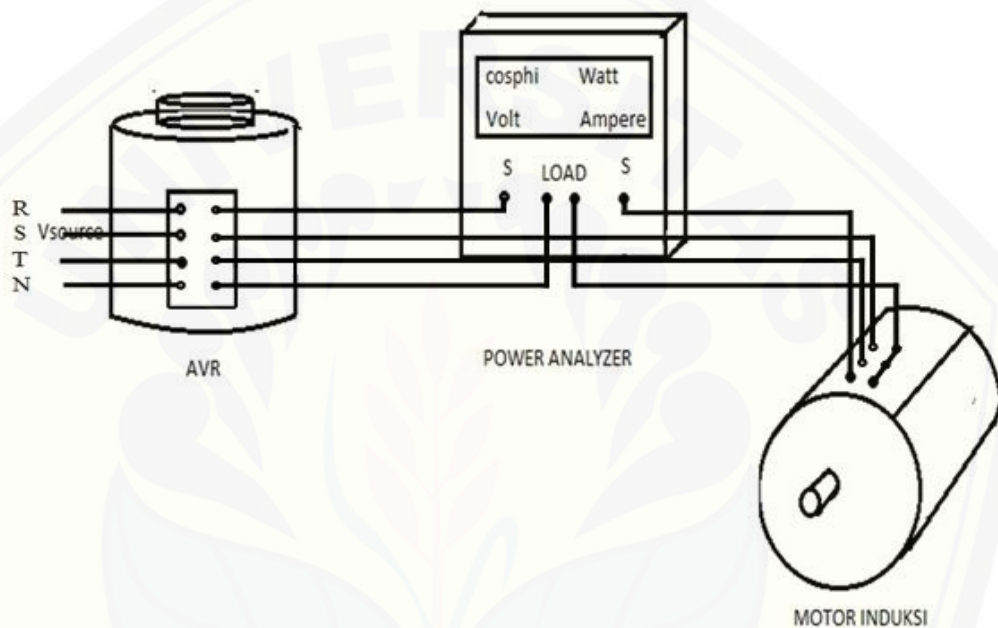
#### 3.2.2 Bahan

- |    |                         |        |
|----|-------------------------|--------|
| a. | Motor induksi tiga fasa | 1 Buah |
| b. | Kertas gosok (halus)    | 1 Buah |
| c. | Grease (stempet)        | 1 Buah |

### 3.3 Desain Penelitian

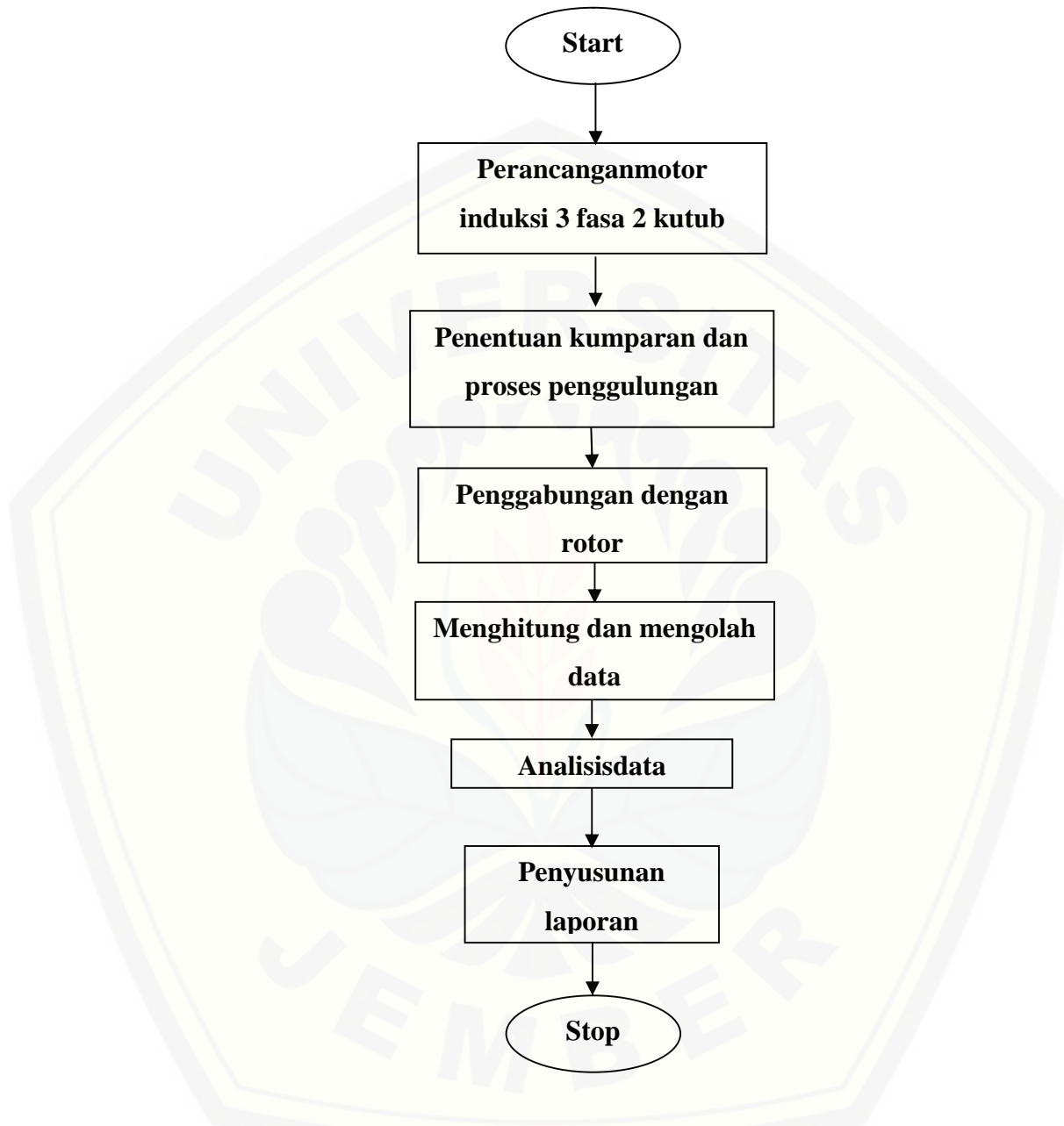
Berikut ini merupakan desain pengujian dan diagram alir(*FlowChart*) penelitian tentang motor induksi tiga fasa dua kutub.

#### 3.3.1 Desain Konstruksi Motor Induksi tiga Fasa dua kutub dengan kumparan jerat (*spiral*)



Gambar 3.1 diagram Pengujian Alat

Jadi berdasarkan Gambar 3.1 diagram Pengujian Alat sumber tegangan didapatkan dari tegangan 3 phase PLN yang di hubungkan pada AVR untuk di sesuaikan tegangan yang dibutuhkan dan selanjutnya di alurkan pada Power Analyzer sebelum pada beban motor untuk di ukur besar tegangan, arus, daya, dan cosphi.

3.3.2 Diagram Alir (*Flow Chart*) Penelitian

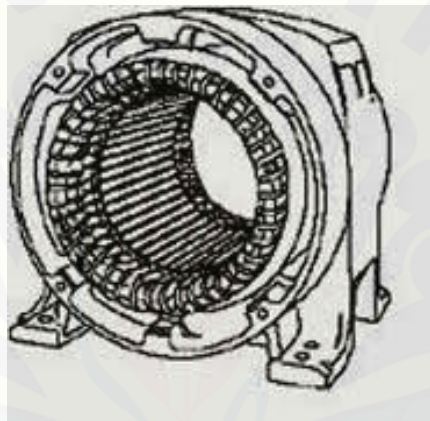
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Konstruksi Penelitian

Pada penelitian ini, hal pertama yang perlu dilakukan adalah membongkar motor induksi tiga fasa dua kutub. Dengan dimensi yang sama, penelitian ini ditujukan untuk meningkatkan daya pada motor tersebut.

#### 3.4.1 Rangka Stator

Rangka stator yang digunakan terbuat dari besi tuang, hal ini memiliki tujuan untuk melindungi inti stator dan kumparannya



Gambar 3.3 Rangka Stator

#### 3.4.2 Inti Stator

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



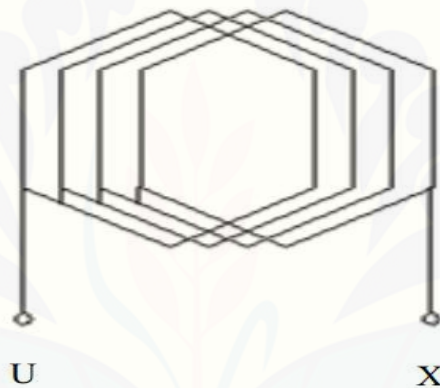
Gambar 3.4 Inti Stator

### 3.4.3 Alur

Alur terbuat dari bahan yang sama dengan inti, dimana alur ini merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan stator). Pada penelitian ini alur yang digunakan sebanyak 36 alur.

### 3.4.4 Kumparan Stator

Kumparan stator terbuat dari tembaga. Untuk penelitian motor induksi 3 fasa kali ini, jenis kumparan yang digunakan adalah kumparan jerat (*spiral*). Untuk kawat tembaga yang digunakan sendiri yaitu jenis supreme, diameter tembaga yang digunakan 0,7 mm.

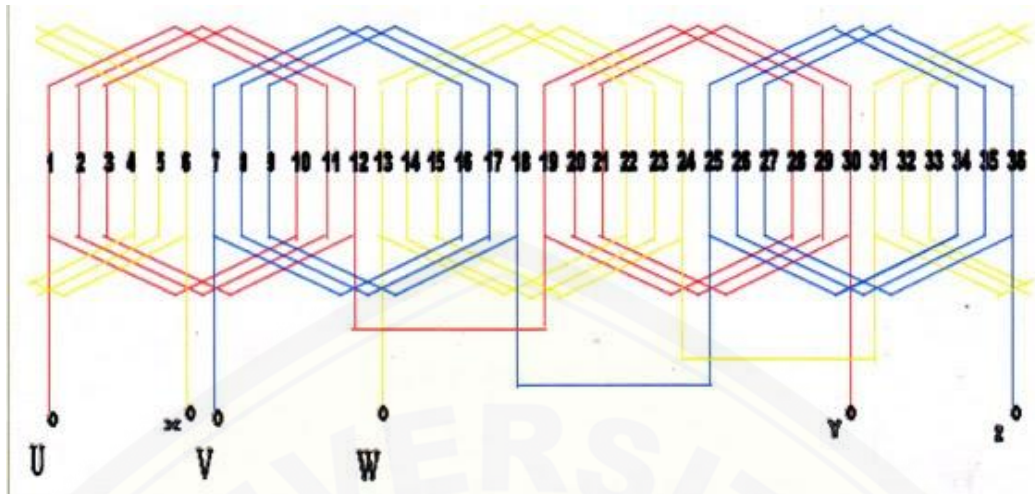


Gambar 3.5 Kumparan Terpusat

### 3.4.5 Menggulung kumparan stator

Untuk menggulung motor induksi satu fasa dua kutub, hal yang diperlukan adalah menghitung langkah kumparan. Langkah kumparan merupakan nilai alur dibagi dengan dua kali pasangan kutub. Pada penelitian ini, alur yang digunakan (G) sebanyak 36, dan menggunakan sepasang kutub. Berarti untuk langkah kumparannya yaitu  $\frac{G}{2p} = \frac{36}{2.2} = 9$  kumparan bagian.

Setelah menentukan langkah kumparan, ditentukan jarak lubang alur dalam derajat radian (KAR), dengan rumus  $KAR = \frac{360^\circ r}{G}$ , sehingga didapat nilai  $10^\circ$  radian. Lalu dihitung pula jarak lubang alur dalam derajat listrik (KAL) dengan rumus  $KAL = KAR.p$  maka diperoleh nilai  $KAL = 10^\circ$  listrik.



Gambar 3.6 Alur Penggulungan Tembaga

#### 3.4.6 Penggabungan dengan Rotor

Setelah kumparan stator digulung, dan stator selesai dirakit, dimulai penggabungan stator dengan rotor untuk menguji keberhasilan rancang bangun motor induksi tiga fasa dua kutub.



Gambar 3.7 Rotor Saat Akan Digabung Dengan Stator



### 3.4.7 Pengujian Alat

Setelah penggabungan dengan rotor, diperhitungan daya hasil alat. Pada penelitian ini, untuk mengetahui target yang diinginkan, motor dirangkai dengan alat ukur berupa power analyzer sehingga dapat diketahui nilai daya, arus, tegangan dan  $\cos \phi$ .

