



LILIT ULANG MOTOR AC SATU FASA (POMPA AIR)

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh

Ahmad Fakhruddin

NIM.5301412048

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Ahmad Fakhruddin

NIM : 5301412048

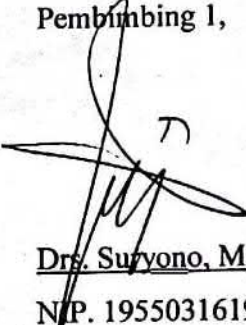
Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Elektro

Judul Skripsi : LILIT ULANG MOTOR AC SATU FASA (POMPA AIR)

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro FT. UNNES.

Semarang, Agustus 2019

Pembimbing 1,



Dr. Suryono, M.T.


N.P. 195503161985031001

PENGESAHAN

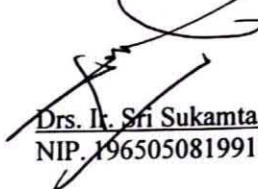
Skripsi dengan judul Lilit Ulang Motor AC Satu Fasa (Pompa Air) telah dipertahankan di depan sidang panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada:

Hari : Senin
Tanggal : 02 September 2019
Nama : Ahmad Fakhruddin
NIM : 5301412048
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro,S1


Panitia Ujian
Ketua


Drs. Agus Suryanto M.T.
NIP. 196708181992031004

Penguji 1


Drs. Ir. Sri Sukamta M.Si., IPM
NIP. 196505081991031003

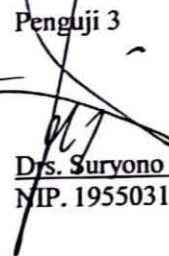
Penguji 2


Dr. Ir. Subiyanto S.T., M.T.
NIP. 197411232005011001

Sekretaris


Drs. Agus Suryanto M.T.
NIP. 196708181992031004

Penguji 3


Drs. Suryono M.T.
NIP. 195503161985031001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Oudus M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Dosen pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,



Ahmad Fakhruddin

NIM. 5301412048

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

- ❖ “Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.” (QS. Al-Insyirah, 6-8)
- ❖ “Jangan Pernah Meninggalkan Ibadah di manapun kamu berada”
- ❖ “Pendidikan merupakan senjata paling ampuh yang bisa kamu gunakan untuk merubah dunia” (Nelson Mandela)

PERSEMBAHAN:

Skripsi ini peneliti persembahkan kepada,

1. Bapak dan ibu tercinta yang senantiasa mendoakan dan memberikan motivasi utuk anak-anaknya.
2. Adik kebanggan saya yang selalu memberikan semangat doa dan dukungan.
3. Teman-teman kost batosai yang selalu menemani dalam menyelesaikan skripsi
4. Kepada seluruh teman-teman PTE angkatan 2012 yang selalu menginspirasi dan memotivasi.
5. Rekan keluarga besar green house.
6. Semua pihak yang telah membantu atas terselesainya skripsi ini.

ABSTRAK

Ahmad Fakhruddin. 2019. Lilit Ulang Motor AC Satu Fasa (Pompa Air). Skripsi. Pendidikan Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Dr. Suryono, M.T.

Keberadaan motor pompa air sangat berperan penting dalam meringankan pekerjaan manusia, perlu kiranya jika dilakukan perbaikan motor pompa air yang rusak, sebab motor pompa air bukan peralatan yang sekali pakai, namun dapat diperbaiki.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen *One Shot Case Study*. Metode ini dianggap sesuai karena hanya dilakukan satu kali pengujian dan data dari pengujian tersebut dianggap sebagai hasil final. Data yang di analisis adalah mampu tidaknya alat yang dililit ulang untuk digunakan kembali seperti baru, keberhasilan pompa air untuk memindahkan air dari dalam sumur dengan cara menghisap dan mengalirkan ke penampungan air.

Hasil penelitian ini berupa analisis beban daya yang naik turun pada unit pompa air. Uji coba dengan daya sebesar 100 watt, faktor daya ($\cos \varphi$) yang terukur 0,50 diperoleh putaran motor (n) = 2336 Rpm dan daya 121 watt, faktor daya ($\cos \varphi$) yang terukur 0,59 diperoleh putaran motor (n) = 2570 Rpm, begitu juga pada daya 144 watt, faktor daya ($\cos \varphi$) yang terukur 0,61 diperoleh putaran motor (n) = 2803 Rpm. Pada waktu motor di uji untuk menghisap air dengan kedalaman sumur 5 dan 10 meter. Untuk jarak kedalaman sumur 5 meter, dengan isapan air 5 meter, kedalaman air 2 meter, air yang di peroleh dalam selang waktu 1 menit, mencapai 22 liter/menit. Dan untuk kedalaman 10 meter dengan isapan 6 meter dan keluaran 4 meter dengan tinggi air 5 meter, motor dapat menghasilkan air mencapai 15 liter/menit, kondisi motor berputar normal dan keadaan *impeller* normal. Jadi setelah dilakukan pengujian motor pompa air dengan air yang di hasilkan sudah cukup baik, ketika motor hasil lilit ulang ini layak digunakan pada rumah tangga.

Kata Kunci: Lilit Ulang, Motor AC, Pompa Air.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT dan mengharapkan ridho yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “lilit ulang motor AC satu fasa (pompa air)”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat Nya di yaumul akhir nanti, Amin.

Penelitian ini diangkat sebagai upaya untuk meningkatkan hasil belajar penunjang mata kuliah Mesin Listrik pada mahasiswa Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Penyelesaian karya tulis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum selaku Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan selama menempuh studi.
2. Dr. Nur Qudus, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik yang telah memberikan fasilitas berharga selama menempuh studi.
3. Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T. selaku ketua Jurusan yang telah memberi bimbingan dan izin penyusunan skripsi.

4. Drs. Suryono, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan arahan agar penyusunan skripsi ini lebih baik.
5. Semua dosen Teknik Elektro FT. UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
6. Teman-teman Pendidikan Teknik Elektro angkatan 2012 yang telah memberikan masukan dan semangat dalam penyusunan skripsi.
7. Semua pihak yang telah memberi bantuan hingga terselesaikannya skripsi ini, baik material maupun spiritual yang tidak bisa peneliti sebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pelaksanaan pembelajaran di kampus dan di masyarakat.

Semarang, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan	4
1.6 Manfaat	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Motor Induksi Satu Fasa (Single Phase Induction Motor)	5
2.2 Konstruksi Motor Induksi.....	9

2.2.1	Stator.....	10
2.2.2	Rotor	11
2.2.3	Bagian Kepala (<i>Head</i>)	13
2.2.4	Penutup dan Kipas	14
2.3	Slip Dan Frekuensi	15
2.4	Motor kapasitor (<i>Capasitor motor</i>)	16
2.5	Bentuk Lilitan atau Kumparan Stator	20
2.5.1	Kumparan Jerat (<i>Lap Winding</i>).....	20
2.5.2	Kumparan Sepusat (<i>Concentric Winding</i>)	21
2.6	Cara Lilit Kumparan Stator pada Motor Induksi Satu Fasa	22
2.6.1	Langkah Kumparan.....	22
2.6.2	Jumlah Alur per Kutub per Fasa	24
2.6.3	Menempatkan Kumparan.....	24
2.7	Peralatan untuk Melilit Ulang Kumparan Motor Induksi Satu Fasa	26
2.7.1	Alat Ukur Kelistrikan.....	26
2.7.2	Alat Ukur Mekanik	29
2.7.3	Peralatan pendukung.....	30
2.8	Bahan-bahan untuk Melilit Ulang Kumparan Stator Motor Induksi	32
2.8.1	Bahan-bahan pendukung.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		36
3.1	Tempat dan Waktu penelitian.....	36
3.2	Alat dan Bahan	37
3.2.1	Alat.....	37

3.2.2	Bahan	38
3.3	Tahap Penelitian	39
3.3.1	Diagram Alir (<i>Flowchart</i>).....	39
3.3.2	Data Motor yang akan Dililit Ulang	40
3.3.3	Perhitungan Langkah Lilitan	40
3.4	Desain Penelitian	42
3.4.1	Desain Pengujian Motor Induksi Satu Fasa 2 Kutub	42
3.5	Konstruksi Penelitian.....	43
3.5.1	Pemeriksaan Awal	43
3.5.2	Mengeluarkan Stator	44
3.5.2.1	Peralatan Kerja.....	44
3.5.2.2	Cara untuk Mengeluarkan Stator	46
3.5.2.3	Cara Melunakkan Tembaga pada Kumparan.....	48
3.5.3	Meneliti dan Mencatat Skema Kumparan	49
3.5.3.1	Meneliti Skema Kumparan	50
3.5.3.2	Mengukur Kumparan	54
3.5.3.3	Menghitung Jumlah Gulungan atau Lilitan	60
3.5.3.4	Mengukur Diameter Tembaga	62
3.5.4	Memasang Kertas Isolator	65
3.5.4.1	Membersihkan Stator	65
3.5.4.2	Bentuk Kertas Isolator	66
3.5.4.3	Membuat Bentuk Mika	67
3.5.4.4	Cara Memasang Mika	69

3.5.5	Membuat Cetakan	69
3.5.5.1	Cetakan Standar	70
3.5.5.2	Cetakan Fleksibel.....	73
3.5.6	Membuat Mesin Penggulung Cetakan	77
3.5.6.1	Mesin Penggulung Cetakan Standar	77
3.5.6.2	Mesin Penggulung Cetakan Fleksibel.....	86
3.5.7	Menggulung Kumparan	89
3.5.7.1	Menggulung Kumparan Utama	90
3.5.7.2	Menggulung Kumparan Bantu.....	93
3.5.8	Memasukkan Kumparan	94
3.5.8.1	Memasukkan Kumparan Utama	94
3.5.8.2	Memasukkan Kumparan Bantu	97
3.5.9	Mengerjakan Tahapan Terakhir untuk Menggulung Ulang Kumparan	98
3.5.9.1	Menyambung Kumparan	98
3.5.9.2	Mengikat Kumparan	99
3.5.9.3	Memernis Kumparan	101
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	102
4.1	Pengetesan tanpa Tegangan.....	102
4.1.1	Dua Ujung Kumparan Utama	102
4.1.2	Satu Ujung Kumparan Bantu	103
4.2	Uji Coba dengan Tegangan AC Menggunakan Kapasitor 6 μ F/240 Volt tanpa Beban	103

4.3 Uji Coba Mesin Pompa Air dengan Kedalaman Air pada Sumur	107
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	110
5.1 Simpulan	110
5.2 Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN	113

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam Lilit Ulang Motor.....	37
Tabel 3.2 Bahan-bahan yang digunakan dalam Lilit Ulang Motor.....	38
Tabel 3.3 Speksifikasi motor yang akan di lilit ulang.....	40
Tabel 3.4 Data teknis motor-motor objek penelitian.	44
Tabel 4.1 Data hasil uji coba menggunakan kapasitor 6 μ F/240 tanpa beban.	103
Tabel 4.2 Data hasil uji coba motor dengan beban air.....	107

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Konstruksi motor induksi.....	9
Gambar 2.2 Konstruksi stator.	10
Gambar 2.3 (a) Rotor (b) Belitan rotor.	12
Gambar 2.4 Bagian kepala pada motor.	13
Gambar 2.5 Bagian penutup dan kipas.	14
Gambar 2.6 Konstruksi motor kapasitor.	17
Gambar 2.7 (a) Kumparan jerat (b) Bentang lilitan jerat.	20
Gambar 2.8 (a) Kumparan sepusat (b) Bentang lilitan sepusat.....	21
Gambar 2.9 Penempatan kumparan jerat pada stator.....	26
Gambar 2.10 Multimeter analog.	27
Gambar 2.11 Tang <i>Ampere</i>	28
Gambar 2.12 <i>Megger</i>	28
Gambar 2.13 <i>Micrometer</i>	29
Gambar 2.14 Tachometer.....	30
Gambar 2.15 (a) Macam-macam kunci (b) Macam-macam <i>toolset</i>	31
Gambar 2.16 <i>Trecker</i> 2 kaki dan 3 kaki.....	31
Gambar 2.17 Mal gulungan.	32
Gambar 2.18 Prespan.	33
Gambar 2.19 Kawat <i>email</i>	33
Gambar 2.20 Tali rami.	34
Gambar 2.21 Pasak.	35

Gambar 2.22 <i>Varnish</i> atau sirlak.....	35
Gambar 3.1 Diagram Alir (<i>Flowchart</i>).....	39
Gambar 3.2 Rangkaian motor <i>split capacitor</i>	42
Gambar 3.3 Rangkaian uji coba motor kapasitor tanpa beban.	43
Gambar 3.4 Rangkaian uji coba motor dengan beban air.	43
Gambar 3.5 Membongkar motor listrik dan komponennya.....	46
Gambar 3.6 Mengeluarkan stator dengan tiga baut panjang.....	47
Gambar 3.7 Cara mencongkel kumparan.....	48
Gambar 3.8 kumparan utama dan kumparan bantu pada motor listrik.....	50
Gambar 3.9 Beberapa sambungan kumparan yang diteliti	52
Gambar 3.10 Meniru bentuk dan arah putar kawat spiral.....	53
Gambar 3.11 Contoh jumlah kumparan yang ada di dalam alur stator.....	54
Gambar 3.12 Skema motor listrik tipe dua kutup kumparan sepusat.	55
Gambar 3.13 Contoh bagian kumparan yang harus diukur.	56
Gambar 3.14 Satu kelompok kumparan bantu yang telah diikat.	57
Gambar 3.15 Menggulung kumparan baru yang telah diikat.....	58
Gambar 3.16 Satu kelompok kumparan bantu yang sudah digunting.	58
Gambar 3.17 Mencabut kumparan bantu dari alur stator.....	59
Gambar 3.18 Mengukur tembaga dngan penggaris.	60
Gambar 3.19 Hasil pengukuran pada skala mikrometer.....	64
Gambar 3.20 Skema kumparan pompa air.....	65
Gambar 3.21 Papan penyekat cetakan standar.....	72
Gambar 3.22 Susunan papan kayu berbentuk undakan tangga.....	74

Gambar 3.23 Memasukkan semua kumparan bantu ke dalam alur. 97

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Surat Pertimbangan Judul Skripsi	114
Lampiran 2 Surat Usulan Topik Skripsi	115
Lampiran 3 Surat Usulan Dosen Pembimbing.....	116
Lampiran 4 Surat Tugas Dosen Pembimbing	117
Lampiran 5 Surat Izin Penelitian	118
Lampiran 6 Kern yang akan Dililit	119
Lampiran 7 Proses Pelilitan	120
Lampiran 8 <i>Nameplate</i>	121

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor induksi telah banyak melengkapi produksi, transisi, dan penggunaan sistem tenaga listrik AC. Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak-balik (AC) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator (motor asinkron). Pemberian nama motor induksi berasal dari prinsip kerjanya yaitu arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator (Obiansyah, 2012).

Penggunaan motor listrik telah menjadi kebutuhan yang tidak terelakkan pada saat ini. Salah satu jenis motor listrik adalah motor AC, sebagian besar alat industri dan alat rumah tangga menggunakan motor AC (Prianto, 2010).

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik yang sering digunakan oleh manusia untuk memudahkan pekerjaannya, ada yang satu fasa dan tiga fasa. Motor induksi tiga fasa digunakan pada industri-industri karena memiliki daya yang relatif lebih besar, sedangkan motor induksi satu fasa penggunaannya banyak dijumpai pada peralatan rumah tangga seperti pompa air, kipas angin, mesin cuci, kompresor angin, mesin pendingin ruangan.

Sebagian besar alat industri dan rumah tangga menggunakan tenaga listrik sebagai energi penggerak utamanya. Motor induksi AC ini banyak

digunakan dikarenakan memiliki beberapa kelebihan dibanding motor DC, diantaranya yaitu lebih murah dari pada motor DC (Dewi, 2014).

Pada umumnya, untuk motor induksi satu fasa dua kutub sendiri berupa pompa air yang sering digunakan oleh rumah tangga biasanya memiliki daya 100 sampai 250 Watt. Selain itu pada umumnya motor induksi satu fasa dua kutub pada kumparan stator menggunakan kumparan terpusat (Sulistiyar, 2014).

Dengan adanya motor satu fasa pada keperluan rumah tangga, manusia akan dimudahkan dalam melakukan pekerjaannya, namun sering ditemukan motor satu fasa yang ada pada rumah tangga mengalami kerusakan dan tidak terpakai, padahal jika diperbaiki akan memiliki nilai ekonomis, dibanding dengan membeli motor satu fasa yang baru.

Kerusakan-kerusakan tersebut umumnya bisa disebabkan oleh tiga faktor yaitu faktor lingkungan, mekanikal, elektrikal. Khusus kerusakan dari segi elektrikal sebagian besar terletak pada lilitan (*winding*) dimana pada *winding* tersebut dioperasikan terus menerus akan menyebabkan *winding* tersebut terbakar, dengan kondisi seperti ini diwajibkan mengganti *winding* yang baru (Suparlan, 2011).

Untuk memanfaatkan kembali motor listrik yang rusak supaya dapat digunakan kembali, perlu dilakukan perbaikan dengan cara lilit ulang pada motor listrik, namun perlu diperhatikan metode yang tepat dalam melilit ulang motor listrik. Kerusakan yang sering terjadi pada motor listrik disebabkan oleh faktor pemakaian yang terus menerus sehingga komponen motor listrik menjadi rusak,

seperti rusaknya kumparan stator. Hal ini sering ditemukan pada motor pompa air, karena hampir setiap rumah menggunakan motor pompa air.

Keberadaan motor pompa air sangat berperan penting dalam meringankan pekerjaan manusia, perlu kiranya jika dilakukan perbaikan motor pompa air yang rusak, sebab motor pompa air bukan peralatan yang sekali pakai, namun dapat diperbaiki.

Dari hal tersebut jika dapat dilakukan perbaikan motor pompa air yang rusak atau melilit ulang motor pompa air yang tidak dipakai secara benar, maka akan menghasilkan nilai jual dan dimungkinkan untuk kepentingan bisnis.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yang ditemui sebagai berikut:

1. Masih banyaknya lilitan motor induksi satu fasa yang rusak akibat terbakar yang hanya didiamkan rusak dan terbengkalai.
2. Motor pompa air yang dipakai dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan panas yang berlebih pada motor pompa air, sehingga kumparan statornya menjadi rusak, seperti terjadinya lumer pada kawat email atau kumparan statornya terbakar, maka motor pompa air harus diperbaiki dengan cara lilit ulang stator.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dan untuk menghindari meluasnya masalah maka diberikan batasan - batasan masalah sebagai berikut:

1. Bentuk kumparan yang digunakan adalah kumparan sepusat.
2. Motor yang dililit ulang adalah pompa air satu fasa yang telah rusak.

1.4 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang masalah dan idenifikasi masalah, dapat dirumuskan permasalahan:

Bagaimana melilit ulang kumparan stator motor pompa air yang sudah rusak, sehingga mampu dioperasikan kembali.

1.5 Tujuan

Tujuan dari pembuatan laporan skripsi ini adalah mengetahui cara melilit ulang kumparan stator pada motor pompa sampai dapat dioperasikan kembali.

1.6 Manfaat

Penulisan laporan skripsi ini dapat dijadikan pengetahuan cara melilit ulang kumparan stator pada motor pompa air yang sudah rusak, dan diharapkan kemampuan melilit ulang motor pompa air dapat membuka lowongan pekerjaan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Motor Induksi Satu Fasa (Single Phase Induction Motor)

Secara umum motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Dalam motor DC energi motor listrik diambil langsung dari kumparan jangkar dengan melalui sikat dan komutator, oleh karena itu motor DC disebut motor konduksi. Berbeda dengan motor AC, pada motor AC kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan sekunder transformator. Oleh karena itu, motor AC dikenal dengan motor induksi. Sebenarnya motor induksi dapat di identifikasikan dengan transformator yang kumparan sekundernya sebagai kumparan rotor sedangkan kumparan primer sebagai kumparan stator.

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (ac) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator (Zuhal, 2000: 101).

Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi tiga fasa dan motor induksi satu fasa. Motor induksi tiga fasa dioperasikan pada sistem tenaga tiga fasa dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Motor induksi satu fasa dioperasikan pada sistem tenaga

satu fasa dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi satu fasa mempunyai daya keluaran yang rendah (Kristianto, 2016). Ditinjau dari tegangannya yang menyuplainya, motor induksi dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Motor induksi satu fasa
2. Motor induksi tiga fasa

Secara teoritis motor induksi satu fasa dapat kita bedakan menjadi:

1. Motor fasa belah
2. Motor kapasitor
3. Motor kutub bayangan

Pada umumnya motor induksi dikenal ada dua macam berdasarkan jumlah fasa yang digunakan, yaitu: motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Sesuai dengan namanya, motor induksi satu fasa dirancang untuk beroperasi menggunakan suplai tegangan satu fasa. Motor induksi satu fasa sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan yang memerlukan daya rendah dan kecepatan yang relatif konstan. Hal ini disebabkan karena motor induksi satu fasa memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksi yang cukup sederhana, kecepatan putar yang hampir konstan terhadap perubahan beban dan umumnya digunakan pada sumber jala-jala satu fasa yang banyak terdapat pada peralatan domestik. Walaupun demikian, motor ini juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu kapasitas pembebanan yang relatif rendah, tidak dapat melakukan pengasutan sendiri tanpa pertolongan alat bantu dan efisiensi yang rendah.

Motor induksi satu fasa ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fasa, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya (Daryanto, 2016).

Motor induksi bekerja bila kumparan stator diberi tegangan bolak-balik maka arus akan mengalir pada kumparan rotor. Arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*). Sehingga pada kumparan-kumparan rotor timbul gaya gerak listrik (GGL). Maka pada kumparan- kumparan rotor akan mengalir arus, adanya arus di dalam kumparan akan timbul medan magnet pada kumparan rotor dan akan berinteraksi dengan garis gaya magnet pada kumparan stator. Sehingga menimbulkan gaya *lorentz* yang cenderung memutar rotornya, sehingga menghasilkan persamaan:

$$F = B \cdot I \cdot L$$

Keterangan:

F = Gaya *lorentz* (Newton)

B = Kerapatan *fluks* (Weber/m²)

I = Kuat arus (Ampere)

L = Panjang kumparan (meter)

Pada prinsipnya motor induksi satu fasa adalah motor listrik arus bolak-balik dua fasa, yang memerlukan sumber tegangan sebesar 220 Volt AC agar dapat menghasilkan tenaga mekanis berupa putaran. Berdasarkan konstruksinya motor induksi satu fasa mempunyai dua buah kumparan stator yaitu kumparan

utama atau kumparan kerja (*running winding*) dan kumparan pembantu atau kumparan bantu (*auxiliary winding*).

Bahwa masing-masing kumparan mempunyai fungsi yang berbeda. Kumparan utama adalah sebagai kumparan penggerak motor, selama kumparan tersebut diberi tegangan tertentu untuk mengoperasikan suatu beban tertentu, sedangkan kumparan pembantu berfungsi sebagai pembantu kumparan utama untuk menggerakkan rotor. Setelah rotor berputar mencapai kurang lebih 75 % dari putaran penuh, maka hubungan rangkaian kedua kumparan tersebut terputus. Artinya motor kemudian bekerja hanya satu buah kumparan yaitu kumparan utama, sehingga kumparan utama disebut sebagai kumparan kerja.

Motor induksi tiga fasa dapat dilihat, bahwa fluks magnet yang terbentuk disekitar stator merupakan medan magnet yang berputar karena listrik, yang dimasukkan pada lilitan stator sudah merupakan arus listrik yang berputar, lain halnya dengan medan magnet yang terbentuk disekitar stator pada motor induksi satu fasa, dimana fluks magnet hanya bergantian arah, sehingga motor sewaktu dijalankan diperlukan bantuan yang pada prinsipnya dengan jalan membentuk medan magnet baru yang tidak sefasa, dengan medan magnet stator utama. Yang berarti terdapat aliran listrik baru yang tidak sefasa dengan arus listrik utama, yang berarti pula harus terdapat lilitan kedua yang terpisah dari lilitan utama dari lilitan stator semula.

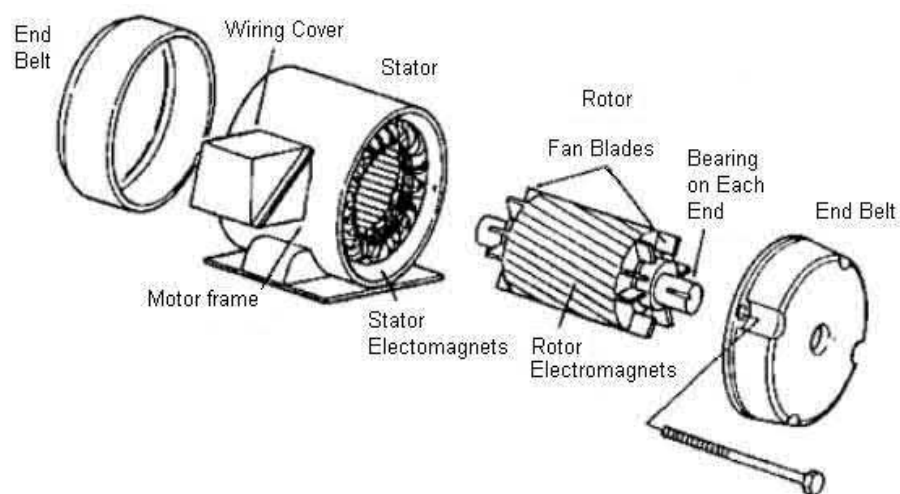
Sesungguhnya motor induksi satu fasa menggunakan listrik satu fasa tetapi di dalam lilitan stator terdapat arus listrik dua fasa dengan lilitan stator untuk dua fasa. Untuk membentuk adanya dua arus listrik yang berbeda fasa

digunakan sistem penggeser fasa (*split fasa*), sehingga dari satu fasa listrik yang dimasukkan di dalam motor terbentuk listrik 2 fasa, umumnya hal ini dapat dilakukan dengan cara memasang seri pada lilitan bantu pada stator sebuah rangkaian hambatan (*resistor*), kumparan (*inductor*) ataupun kapasitor (*capasitor*).

Dengan adanya kombinasi dari alat-alat di atas, maka akan terbentuk perbedaan fasa antara aliran arus listrik pada lilitan utama dan lilitan bantu. Keadaan yang paling baik untuk kedua arus listrik tersebut adalah bila keduanya berbeda fasa 90^0 listrik. walaupun hal ini tidak dicapai mutlak dan dalam kenyataannya tidak begitu diperlukan.

2.2 Konstruksi Motor Induksi

Tiga bagian dasar dari motor AC adalah rotor, stator dan badan penutup. Stator dan rotor merupakan rangkaian listrik yang akan menghasilkan elektromagnet, berikut adalah gambar dari konstruksi motor induksi satu fasa.



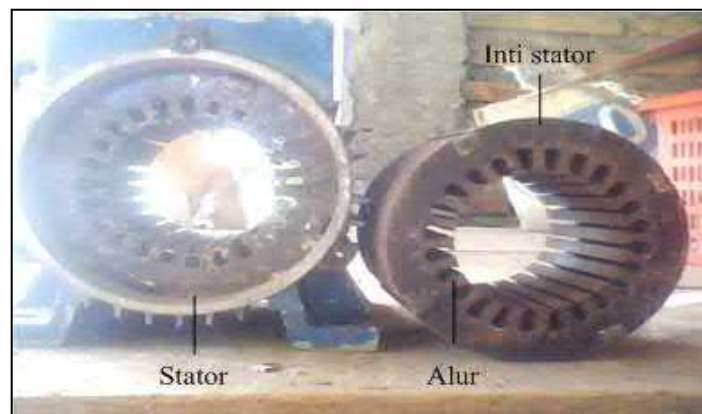
Gambar 2.1 Konstruksi motor induksi

Menurut Berahim (1991:121) konstruksi motor induksi terdiri dari:

1. Stator, bagian motor yang diam
2. Rotor, bagian motor yang berputar
3. Celah udara adalah ruangan antara stator dan rotor

2.2.1 Stator

Stator adalah bagian yang diam dari motor. Stator tersusun dari kumparan stator dan inti. Inti dari stator tersusun dari tumpukan lempengan besi baja tipis yang disatukan. Bagian ini berfungsi menghasilkan medan magnet, berikut adalah gambar dari stator motor induksi satu fasa.



Gambar 2.2 Konstruksi stator

Bagian-bagian dari stator meliputi:

1. *Casing cover*, merupakan rumah motor yang terbuat dari pelat baja.
2. Lilitan atau kumparan, merupakan bagian stator yang berfungsi menghasilkan medan magnet arus induksi, bagian ini yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Lilitan pada motor listrik

menggunakan kawat tembaga (*email*), dengan berbagai ukuran tergantung daya yang digunakan.

3. Inti Stator, merupakan tempat (dudukan) lilitan kawat tembaga yang berupa lubang-lubang. Banyak lubang biasanya tergantung merek motornya, seperti 8, 12, 24. Inti stator tersusun dari lempengan pelat baja.
4. Isolator, berfungsi mencegah arus induksi keluar lintasan. Isolator terbuat dari plastik mika yang di tempatkan di antara lubang-lubang kern.
5. Kabel, merupakan media untuk menyalurkan tegangan arus listrik.

2.2.2 Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar dari motor. Rotor terdiri dari tumpukan lempengan besi tipis yang dilaminasi dan batang konduktor yang mengitarinya. Tumpukan besi yang dilaminasi disatukan untuk membentuk inti rotor. Aluminium dimasukkan kedalam slot inti rotor untuk membentuk serangkaian konduktor yang mengelilingi inti rotor. Arus yang akan mengalir melalui konduktor akan membentuk elektromagnet secara mekanik dan elektrik, berikut adalah konstruksi dari rotor motor induksi satu fasa.



(a) Rotor



(b) Belitan rotor

Gambar 2.3 (a) Rotor (b) Belitan rotor

Pada rotor terbagi dua bagian meliputi :

1. Sumbu (poros) bagian motor tempat terjadinya perubahan medan magnet (*fluks*) pada stator yang menimbulkan gejala induksi (ggl), sehingga menyebabkan rotor berputar.
2. *Bearing* berfungsi sebagai tempat dudukan sumbu, agar berputar pada tempatnya. Pada pompa listrik umumnya dipasang dua buah *bearing*, yaitu *bearing* bagian depan dan belakang.

2.2.3 Bagian Kepala (*Head*)

Pada motor pompa air terdapat bagian kepala (*head*), berikut adalah gambar dari komponen yang terdapat pada bagian kepala meliputi ;



Gambar 2.4 Bagian kepala pada motor

Bagian kepala motor meliputi:

1. Casing (*body*), merupakan bagian pelindung bagian kepala.
2. O-ring yang berfungsi sebagai paking supaya tidak bocor.
3. *Impeller*, merupakan alat pengisap air melalui sudut-sudutnya.
4. *Seal* berfungsi membantu mengisap, menyimpan, dan mengeluarkan air lewat saluran buang, *seal* terbuat dari karet kualitas tinggi yang di dalamnya dilengkapi dengan kawat spiral dan ujungnya terbuat dari keramik.
5. Lubang isap (*suctional*), merupakan saluran tempat air yang diisap oleh *impeller*.
6. Lubang pemancing tempat air pemancing yang digunakan sebelum motor dihidupkan. Saluran buang, merupakan saluran pembuangan dari tangki.

2.2.4 Penutup dan Kipas

Penutup terdiri dari suatu rangka (*frame/Yoke*) dan dua ujung *brackets* (*bearing housing*). Stator ditempatkan di dalam rangka. Rotor diletakkan di sisi dalam stator dan dipisahkan oleh rongga udara. Sehingga tidak ada hubungan fisik secara langsung antara rotor dan stator. Penutup juga melindungi dari bahaya listrik dan bagian motor yang bertegangan maupun berputar dari efek yang membahayakan lingkungan selama motor beroperasi. *Bearing* ditempelkan di as guna mendukung secara mekanis agar dapat rotor berputar.

Kipas (*blower*) merupakan bagian pompa yang berfungsi meredam panas. Dalam jangka waktu yang cukup lama, biasanya panas yang cukup tinggi (*Over heating*) akan mengakibatkan kerusakan yang cukup serius terutama bagian motor penggerak, yaitu motor penggerak menjadi hangus terbakar. Pada kipas juga terdapat tutup kipas yang berfungsi sebagai pelindung kipas.



Gambar 2.5 Bagian penutup dan kipas

2.3 Slip Dan Frekuensi

prinsip kerja mesin listrik telah dijelaskan bahwa GGL induksi baru akan terbentuk pada sebuah kumparan yang berada di dalam medan– medan magnet, bila antara kumparan dan *fluks* magnet terdapat gerakan relatif. Sehingga dalam hal ini antara *fluks* magnet stator dan putaran rotor harus terdapat perbedaan kecepatan berputar. Putaran *fluks* magnet stator akan sesuai dengan besar frekuensi listrik yang dimasukkan pada lilitan stator dan berbanding terbalik dengan jumlah kutub dari lilitan stator, motor tersebut dapat menghasilkan bentuk persamaan:

$$n_s = \frac{120.f}{p}$$

keterangan:

n_s = Putaran sinkron *fluks* magnet stator (Rpm)

f = Frekuensi listrik pada lilitan stator (Hz)

p = Jumlah kutub magnet lilitan stator motor

Persamaan di atas yang menyatakan hubungan antara frekuensi putaran mesin dan jumlah kutub–kutub magnet pada sebuah mesin serempak (mesin sinkron). Karena itu bila banyak kutub–kutub magnet lilitan stator diketahui pula besar putaran sinkron (*synchronous speed*) dari motor tersebut, Jadi supaya pada rotor senantiasa terbentuk GGL, dengan sendirinya kecepatan berputar stator harus lebih kecil dari putaran sinkron motor. Dalam pengertian umum yang dimaksud dengan putaran motor adalah putaran rotor sinkron dan putaran rotor terdapat perbedaan kecepatan berputar, yang disebut slip motor. Secara teknis,

pengertian slip diartikan sebagai perbandingan antara putaran rotor dan putaran stator, yang diperhitungkan dalam bentuk persamaan:

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100 \%$$

Keterangan:

S = Slip motor (%)

n = Putaran motor (Rpm)

n_s = Putaran sinkron (Rpm)

Besar slip dari suatu motor induksi tergantung besar kecilnya daya motor tersebut, yang berkisar antara 1 – 10 %. Dengan adanya slip ini, berarti bahwa putaran motor lebih kecil dari putaran sinkron, maka motor induksi ini disebut juga motor tak serempak (*asynchronous motor*). Frekuensi listrik terbentuk pada rotor tidak sama dengan frekuensi listrik pada lilitan stator. Hal ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan:

$$f_2 = S \cdot f$$

keterangan :

f_2 = Frekuensi listrik pada rotor (Cps)

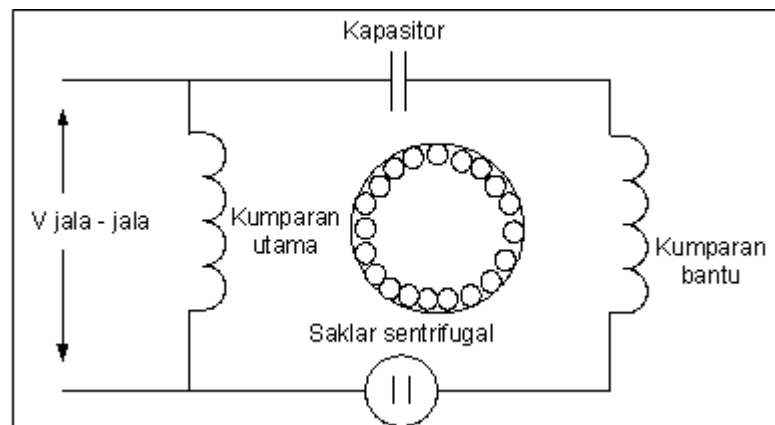
f = Fekuensi listrik pada stator (Hz)

S = Slip motor (%)

2.4 Motor kapasitor (*Capasitor motor*)

Prinsip kerja motor jenis ini sama dengan motor induksi satu fasa denagan fasa belah, perbedaannya pada motor jenis ini ditambahkan sebuah

kapasitor secara seri dengan kumparan pembantu, dari hasil pengamatan bahwa jenis motor satu fasa dengan fasa belah hanya dapat digunakan untuk pemakaian beban dengan daya relatif kecil. Sedangkan untuk daya relatif besar perlu ditambahkan suatu komponen yang dinamakan kapasitor. Motor jenis ini banyak digunakan pada mesin–mesin seperti almari es, kompresor, pompa air dan mesin cuci. Motor kapasitor dapat memberikan gaya putar yang lebih besar dengan arus start lebih kecil dari pada motor pashe belah, kapasitor berfungsi sebagai penyimpan muatan listrik. Kapasitor dapat rusak karena pemakaian tegangan listrik yang berlebihan, terlalu panas.



Gambar 2.6 Konstruksi motor kapasitor

Pada saat motor mulai bergerak, arus dari jala–jala akan mengalir melalui kumparan utama dan kumparan bantu. Arus yang mengalir melalui kumparan bantu akan melewati kapasitor dan sakalar *sentrifugal*. Apabila kecepatan putar motor mendekati 75 % dari kecepatan putaran penuh, kontaktor saklar *sentrifugal* akan terlepas.

Dengan demikian pada kecepatan putar penuh (*full loat*), arus jala–jala hanya mengalir melalui kumparan utama saja. Dengan pemasangan kapasitor

secara seri, tetapi dipasang secara paralel terhadap kumparan utama (*Running winding*), maka fungsi yang sebenarnya dari kapasitor adalah sebagai alat untuk memperbesar kopel start. Kapasitor akan menyebabkan arus listrik mengalir pada medan utama, dengan demikian bahwa bila motor dibebani kita tidak perlu membantu memutar rotor melalui poros dari rotor. Adapun kapasitor yang digunakan untuk start motor adalah jenis *electrolytic capacitor* dengan kumparan pembantu maka beda fasa antara arus kumparan utama dan kumparan bantu akan menjadi besar (maksimum 90^0).

Mesin listrik dirancang untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, untuk menggerakkan berbagai peralatan dalam industri, motor listrik dibuat untuk suplai arus searah dan arus bolak-balik, suatu mesin listrik pada pokoknya dapat dianggap terdiri dari bagian yang dinamakan stator, sedangkan bagian yang berputar dinamakan rotor. Rotor atau jangkar terdiri dari poros baja dimana tumpukan keping-kepingan inti yang berbentuk silinder dijepit. Pada inti terdapat alur-alur dimana lilitan rotor diletakkan pada motor.

Pada kebanyakan mesin listrik lilitannya sedikit demi sedikit akan menggumpalkan lapisan-lapisan debu dan kotoran, mesin akan mengalami kejutan-kejutan selama operasi dan oleh karenanya lebih sering menderita gangguan dan kerusakan serta beberapa bagiannya mengalami pengausan dan kemunduran yang lebih cepat dari transformator.

Umumnya gangguan yang timbul pada mesin-mesin listrik adalah:

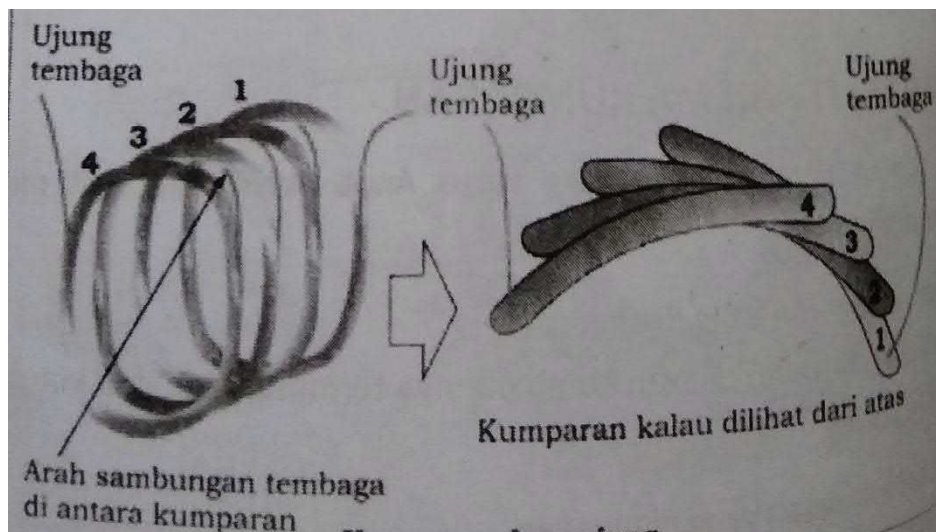
- Hubung singkat lilitan kelilitan dan dan lilitan kerangka pada lilitan stator dan rotor, gangguan dari jenis ini merupakan gangguan terbesar dari semua gangguan yang timbul.
- Hubungan singkat antara laminasi-laminasi baja dalam inti stator, rotor atau jangkar
- Celah udara bertambah besar gesekan jangkar terhadap permukaan kutub-kutub dan gesekan rotor terhadap inti stator.

Sedangkan gangguan pada rotor sangkar umumnya berupa kontak yang putus di antara batang-batang dan cincin-cincin ujung penghubung singkat, putus kontak ini dapat terjadi karena batang-batang konduktor retak, patah atau susut karena suhu yang terlalu tinggi, hal ini dapat terjadi pada batang konduktor atau cincin hubung singkat yang terbuat dari alumunium. Keretakan pada cincin hubung singkat dapat dipulihkan dengan cara mengisinya dengan solder, jika keretakannya sedikit dan tidak terlalu dalam. Gangguan-gangguan dalam kumparan medan yang bersifat umum yang terjadi seperti dalam lilitan stator, dimana kerusakan yang sering terjadi seperti hubung singkat antara lilitan satu dengan lilitan yang lain sehingga bisa mengakibatkan kumparan pada stator terbakar. Kasus semacam ini dapat dipulihkan dengan melilit ulang pada motor.

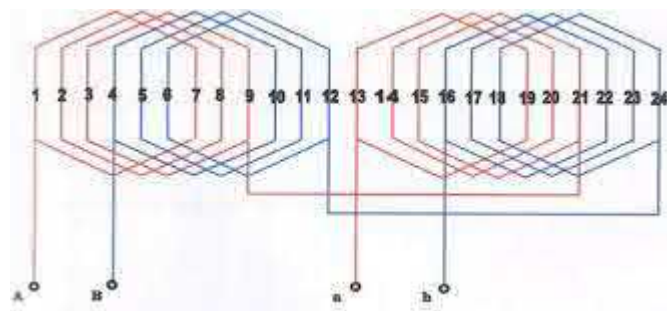
2.5 Bentuk Lilitanan atau Kumparan Stator

2.5.1 Kumparan Jerat (*Lap Winding*)

Bentuk lilitan yang satu alur di isi dengan dua lilitan atau bertumpuk, lilitan ini dinamaka lilitan spiral, biasanya banyak digunakan melilit motor atau generator dengan kapasitas daya relatif besar.



(a) kumparan jerat



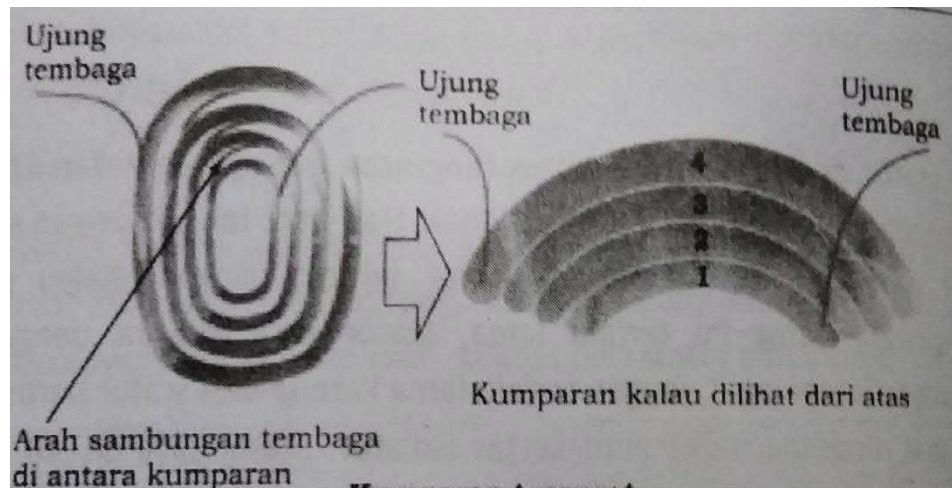
(b) Bentangan lilitan jerat

(Gunawan, 2012)

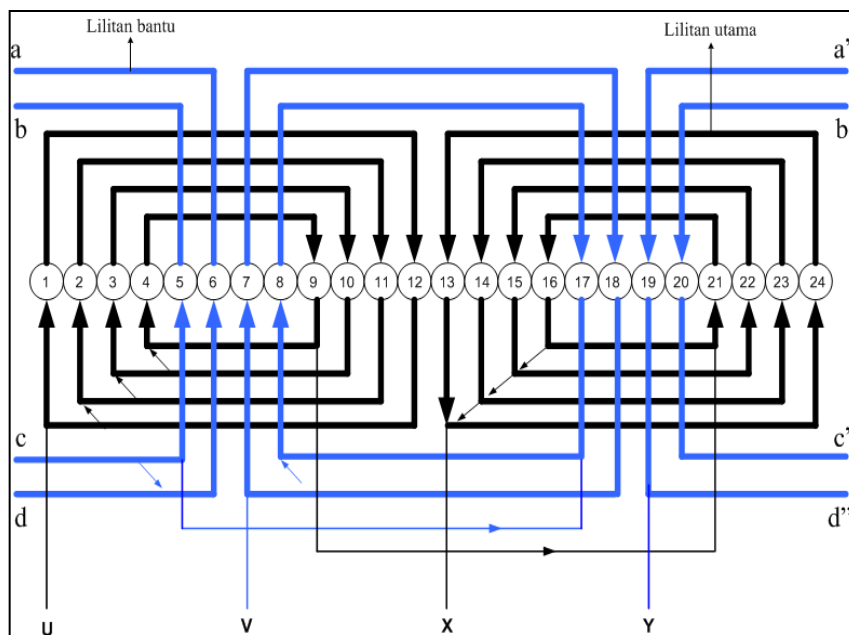
Gambar 2.7 (a) Kumparan jerat (b) Bentang lilitan jerat

2.5.2 Kumbaran Sepusat (*Concentric Winding*)

Bentuk lilitan yang satu alur di isi dengan satu lilitan, umumnya digunakan untuk motor atau generator dengan kapasitas daya relatif kecil.



(a) Kumbaran sepusat



(b) Bentang lilitan sepusat

(Gunawan, 2012)

Gambar 2.8 (a) Kumbaran sepusat (b) Bentang lilitan sepusat

2.6 Cara Lilit Kumparan Stator pada Motor Induksi Satu Fasa

Seperti telah dijelaskan diatas bahwa motor induksi 1 fasa sebenarnya adalah motor induksi 2 fasa, hal tersebut terbukti dengan adanya dua kumparan yaitu kumparan utama dan kumparan bantu, kumparan utama mempunyai penampang kawat yang lebih besar dengan jumlah belitan relatif sedikit, sedangkan kumparan bantu mempunyai penampang kawat lebih kecil dengan jumlah belitan lebih banyak dengan sumber tegangan tertentu, maka besarnya arus pada kedua kumparan tersebut yaitu I_u dan I_p , juga dapat kita namakan I_r dan I_s . Mempunyai nilai yang berbeda dengan menempatkan kedua buah kelompok kumparan tersebut pada setator yang sedemikian rupa satu sama lain, maka hal tersebut berpengaruh terhadap nilai arus I_u dan I_p yaitu mempunyai pergeseran fasa sebesar 90° . Berikut ini dijelaskan cara melilit dan cara menghubungkan kumparan-kumparan utama dan pembantu.

2.6.1 Langkah Kumparan

Langkah kumparan adalah sudut kisar yang dibentuk antara kedua isi kumparan, langkah kumparan diberi tanda dengan huruf Yg, untuk mendapatkan kopel putar yang maksimal maka langkah kumparan harus sama dengan satu jarak kutub. Satu jarak kutub adalah sudut kisar antara kutub utara (U) dan selatan (S) yang paling berdekatan dan jarak kutub diberi tanda dengan huruf Tho (σ). Satu jarak kutub adalah sebesar 180° listrik.

Perbandingan antara derajat lingkaran derajat busur (bs) dan derajat listrik (el). Apabila jumlah pasang kutub dari satu motor listrik kita sebut sebagai p maka jumlah kutubnya menjadi $2.p$.

Untuk: $p = 1$ maka $360^\circ bs = 1 \times 360^\circ el$

$p = 2$ maka $360^\circ bs = 2 \times 360^\circ el$

$p = 3$ maka $360^\circ bs = 3 \times 360^\circ el$

Dengan demikian perbandingan antar bs dan el dapat ditulis dengan rumus: $a^\circ bs = p. a^\circ el$

Apabila jumlah stator motor ada G alur, maka sudut kisar satu keliling stator atau G alur adalah $= 360^\circ bs$ dan apa bila sebuah motor mempunyai sebanyak G alur adalah $= p. 360^\circ el$. Satu keliling stator $= 2.p$ jarak kutub atau G alur $= 2.p$ jarak kutub.

Jadi satu jarak kutub $= 1 \sigma = 180^\circ$, $el = \frac{G}{2.p}$ alur.

Karena langkah kumparan $Yg = 1 \sigma$, maka langkah kumparan menjadi :

$Yg = \frac{G}{2.p}$ alur.

Untuk memperoleh kopel putar yang maksimal, maka diperlukan jumlah belitan yang besar pula. Jumlah belitan yang besar itu tidak mungkin ditampung oleh alur stator, untuk itu harus dibagi menjadi beberapa buah alur artinya satu buah kumparan akan dibagi menjadi beberapa belitan (kumparan).

Untuk motor induksi satu fasa yang mempunyai satu pasang kutub dengan satu buah kumparan yang terdiri dari beberapa kumparan bagian dan setiap kumparan bagian membutuhkan dua buah alur stator. Maka suatu motor

induksi satu fasa yang mempunyai satu pasang kutub akan mempunyai $\frac{G}{2.p}$ kumparan bagian. Untuk motor induksi 2 fasa, maka seluruh alur stator motor tersebut dibagi dua sama banyak sehingga masing – masing fasa memiliki $\frac{G}{2.p.2}$ kumparan bagian.

2.6.2 Jumlah Alur per Kutub per Fasa

Apabila jumlah fasa = m, maka masing-masing fasa akan memiliki kumparan bagian sebanyak $\frac{G}{2.p.m}$, sehingga pada setiap kutub untuk masing-masing fasa akan menempati alur sebanyak $\frac{G}{2.p.m}$ alur. Apabila banyaknya alur pada setiap kutub untuk masing-masing fasa diberi tanda dengan huruf g, maka jumlah alur untuk setiap kutub tiap fasa menjadi $g = \frac{G}{2.p.m}$ alur.

2.6.3 Menempatkan Kumparan

Untuk menempatkan kumparan dari setiap fasa harus selalu ditempatkan saling bergeseran tempat hal tersebut dilakukan agar kopel putar yang dihasilkan saling bergeseran fasa. Untuk motor induksi 2 fasa pergeseran fasa untuk dua kopel putar (kekuatan putar) adalah 90^0 el. Apabila pergeseran tempat tersebut diberikan tanda dengan huruf Yf, maka karena $Yg = 180^0$ el, jadi untuk motor 2 fasa nilai $Yf = \frac{1}{2} Yg$.

Dari uraian diatas maka diperoleh beberapa rumusan yang digunakan untuk melilit motor-motor induksi, yaitu sebagai berikut:

$$a. p = \frac{60.f}{n} \text{ pasang kutub}$$

$$b. g = \frac{G}{2.p.m} \text{ alur}$$

$$c. Yg = \frac{G}{2.p} \text{ alur}$$

$$d. Yf = \frac{1}{2} Yg$$

Keterangan :

p = Jumlah pasang kutub

G = Jumlah alur pada stator

m = Jumlah per fasa

g = Jumlah per kutub per fasa

Yg = Langkah alur untuk kumparan

Yf = Pergeseran tempat motor fasa

Contoh :

Sebuah stator mempunyai 24 buah alur, akan dililit kembali untuk motor dua fasa dengan frekwensi sebesar 50 hertz akan menghasilkan putaran dengan kecepatan 3000 rpm. Buatlah rencana pelilitan/pemasangan kembali kumparan kumparan stator motor tersebut.

Penyelesaian:

$$G = 24 \text{ alur}$$

$$m = 2 \text{ fasa}$$

$$f = 50 \text{ Hertz}$$

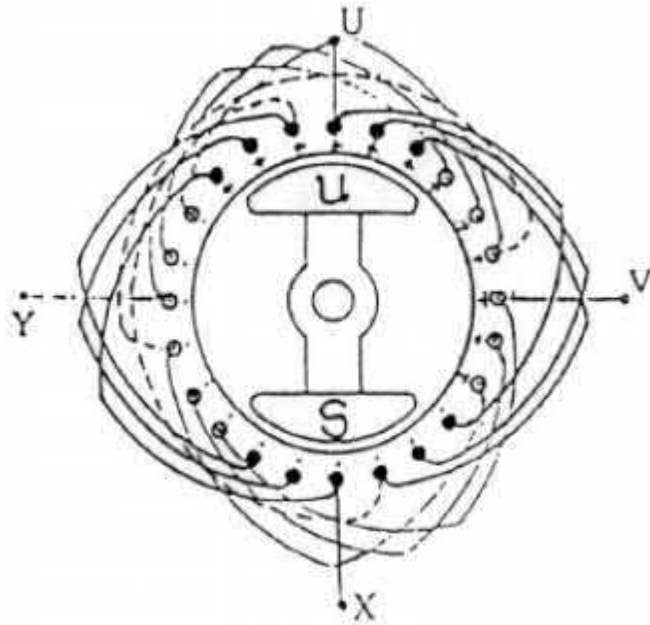
$$n = 3000 \text{ rpm}$$

$$p = \frac{60.f}{n} = \frac{60.50}{3000} = 1 \text{ pasang kutub}$$

$$g = \frac{G}{2.p.m} = \frac{24}{2.1.2} = 6 \text{ alur}$$

$$Y_g = \frac{G}{2.p} = \frac{24}{2.1} = 12 \text{ alur}$$

$$Y_f = \frac{1}{2} Y_g = \frac{1}{2} 12 = 6 \text{ alur}$$



Gambar 2.9 Penempatan kumparan jerat pada stator

Dari hasil perhitungan tersebut diatas dapat kita buat gambar penempatan kumparan-kumparan tersebut pada stator, seperti terlihat Gambar 2.9.

2.7 Peralatan untuk Melilit Ulang Kumparan Motor Induksi Satu Fasa

2.7.1 Alat Ukur Kelistrikan

Alat ukur yang digunakan untuk kegiatan melilit ulang kumparan motor induksi antara lain yaitu:

a. Multimeter

Multimeter atau multitester digunakan untuk mengukur nilai tahanan atau mengecek kondisi kumparan motor induksi, apakah masih baik atau telah rusak. Setelah dipastikan kumparan motor induksi tersebut telah rusak barulah kita bongkar dan kita lilit ulang kumparan tersebut. Bentuk dan tipe multimeter sangat beragam dari yang sederhana sampai dengan yang multi fungsi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Bentuk fisiknya dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Multimeter analog

b. Tang Ampere

Tang *ampere* digunakan untuk mengetahui besarnya nilai arus yang mengalir ke kumparan motor induksi apakah masih normal sesuai dengan nameplate yang tertera pada motor induksi tersebut. Jika sesuai berarti kumparan motor masih dalam kondisi baik dan jika tidak sesuai berarti kumparan motor telah rusak sehingga harus kita lilit ulang. Untuk lebih jelasnya bentuk fisik tang ampere dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Tang Ampere

c. Megger

Megger digunakan untuk mengetahui kondisi isolasi kawat kumparan yang biasa disebut kawat email apakah masih baik atau telah rusak. Jika masih baik jarum *megger* akan menunjuk tak terhingga dan jika telah rusak jarum *megger* akan menunjuk angka nol, yang berarti terjadi hubung singkat. Sehingga harus kita lilit ulang kumparan motor tersebut. Untuk lebih jelasnya bentuk fisik dari megger dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Megger

2.7.2 Alat Ukur Mekanik

a. *Micrometer*

Mikrometer digunakan untuk mengetahui ukuran kawat email yang akan digunakan untuk melilit ulang kumparan motor induksi yang akan kita lakukan. Untuk mendapatkan kumparan yang baik ukuran kawat email yang digunakan untuk melilit ulang harus sesuai dengan ukuran kawat email kumparan aslinya atau sesuai dengan perhitungan atau perencanaan yang telah dilakukan sebelumnya. Bentuk fisik mikrometer dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 *Micrometer*

b. *Tachometer*

Tachometer digunakan untuk mengetahui putaran motor induksi yang akan diperbaiki, apakah putarannya masih normal sesuai dengan putaran yang tertera pada nameplate motor atukah sudah jauh menurun. Jika masih sesuai berarti motor masih dalam kondisi baik, tapi jika sudah jauh menurun berarti motor dalam kondisi kurang baik. Bentuk fisik *tachometer* dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 *Tachometer*

2.7.3 Peralatan pendukung

a. Kunci-kunci dan *toolset*

Kunci-kunci dan *toolset* digunakan untuk membuka tutup motor induksi dan membongkar kumparan yang telah rusak. Kunci-kunci tersebut seperti kunci pas, kunci ring, kunci paralon, kunci T dan kunci L berbagai macam ukuran. Sedangkan *toolset* meliputi obeng, tespen, tang, *cutter* dsb. Untuk lebih jelasnya peralatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.15.



a. Macam-macam kunci.



b. Macam-macam *toolset*.

Gambar 2.15 (a) Macam-macam kunci (b) Macam-macam *toolset*

b. *Trecker*

Trecker digunakan untuk membuka atau menarik bearing yang terpasang pada as rotor agar rotor motor induksi dapat dikeluarkan, sehingga kumparan statornya dapat kita bongkar dan kita lilit ulang. *Trecker* ada yang mempunyai 2 kaki dan ada yang mempunyai 3 kaki, bentuk fisik dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 *Trecker* 2 kaki dan 3 kaki

c. Mal lilitan

mal lilitan digunakan untuk mencetak besar kecilnya ukuran kepala lilitan (kumparan) agar bisa dimasukkan ke dalam alur- alur stator sesuai dengan yang telah direncanakan. Untuk mendapatkan kumparan yang baik jumlah lilitan dan ukuran kepala lilitan (kumparan) harus sesuai dengan kumparan aslinya atau sesuai dengan yang telah direncanakan, bentuk fisik dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Mal lilitan

2.8 Bahan-bahan untuk Melilit Ulang Kumparan Stator Motor Induksi

a. Prespan

Prespan digunakan untuk melapisi alur-alur stator sebelum diisi kawat kumparan, hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya hubung singkat antara kawat kumparan dengan bodi stator motor jika terdapat lapisan kawat email yang lecet. Prespan yang ada dipasaran terdapat dua jenis yaitu ada yang terbuat dari kertas dan ada yang terbuat dari plastik mika dengan berbagai ukuran ketebalannya, tapi yang lebih baik adalah prespan yang terbuat dari plastik mika karena tahan terhadap panas yang

tinggi. Pada Gambar 2.18 ditunjukkan prespan yang terbuat dari kertas maupun yang terbuat dari plastik mika.



Gambar 2.18 Prespan

b. Kawat email

Kawat *email* adalah kawat yang terbuat dari tembaga yang dilapisi dengan isolasi *varnish* (sirlak), kawat ini digunakan untuk membuat lilitan (kumparan) yang akan dimasukkan ke dalam alur- alur stator motor induksi. Di pasaran, kawat *email* tersedia dengan berbagai merk dan ukuran diameternya. Bentuk fisik dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Kawat *email*

2.8.1 Bahan-bahan pendukung

Bahan-bahan pendukung yang dimaksud disini adalah bahan- bahan yang digunakan untuk memperkuat kumparan yang telah dimasukkan ke dalam alur-alur stator motor induksi agar lebih padat, kokoh, tahan goresan dan tahan panas.

Bahan-bahan tersebut antara lain yaitu:

a. Tali rami atau benang wol

Tali rami atau benang wol digunakan untuk mengikat kumparan yang telah dimasukkan ke dalam alur-alur motor induksi. Tali rami ini terbuat dari benang nilon, untuk lebih jelasnya fisik dari tali rami dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Tali rami

b. Pasak

Pasak digunakan untuk memasak alur-alur stator motor induksi yang telah dimasuki kumparan, agar kawat kumparan tidak keluar dari alurnya. Pasak ini bisa dibuat dari kayu, bambu dan plastik mika, bentuk fisik pasak dapat dilihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Pasak

c. *Varnish* atau sirlak

Varnish atau sirlak digunakan untuk melapisi kumparan yang telah dimasukkan ke dalam alur-alur stator motor induksi, agar lebih padat dan tebal lapisan isolasinya. *Varnish* atau sirlak ini sudah tersedia di pasaran dalam kemasan kaleng atau botol, jadi kita tinggal membelinya. Tapi jika kita ingin membuat sendiri bisa dibuat bahan sirlak yang direndam dalam spiritus dan didiamkan sampai sirlak tersebut larut dan mengental. Untuk lebih jelasnya bentuk fisik *varnish* atau sirlak dapat dilihat pada gambar 2.22.



Gambar 2.22 *Varnish* atau sirlak

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Setelah melakukan perencanaan dan uji coba lilit ulang motor pompa air, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Dari hasil uji coba mesin pompa air dengan kedalaman air pada sumur, perhitungan teori berbeda dengan hasil praktek karena rumus yang digunakan mempunyai kelemahan yaitu tidak memperhitungkan panjang peralon dan kecepatan motor. Pada waktu motor di uji untuk menghisap air dengan kedalaman sumur 5 dan 10 meter. Untuk jarak kedalaman sumur 5 meter, dengan isapan air 5 meter, kedalaman air 2 meter, air yang di peroleh dalam selang waktu 1 menit, mencapai 22 liter/menit. Dan untuk kedalaman 10 meter dengan isapan 6 meter dan keluaran 4 meter dengan tinggi air 5 meter, motor dapat menghasilkan air mencapai 15 liter/menit, kondisi motor berputar normal dan keadaan *impeller* normal. Jadi setelah dilakukan pengujian motor pompa air dengan air yang di hasilkan sudah cukup baik, ketika motor hasil lilit ulang ini layak digunakan pada rumah tangga.

Hasil data uji coba dengan daya sebesar 100 watt, faktor daya ($\text{Cos } \varphi$) yang terukur 0,50 diperoleh putaran motor (n) = 2336 Rpm dan daya 121 watt, faktor daya ($\text{Cos } \varphi$) yang terukur 0,59 diperoleh putaran motor (n) = 2570 Rpm, begitu juga pada daya 144 watt, faktor daya ($\text{Cos } \varphi$) yang terukur 0,61 diperoleh putaran motor (n) = 2803 Rpm.

Dengan demikian, hasil lilit ulang motor pompa air layak untuk digunakan kembali karena data yang didapatkan mendekati dengan spesifikasi motor pompa air yang di lilit ulang.

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan sehubungan dengan Skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Apabila hendak ingin melilit ulang motor pompa air harus memilih bahan-bahan yang baik. Sehingga dihasilkan lilit ulang motor pompa air yang memiliki kemampuan kehandalan dan ketahanan sehingga tidak kalah baiknya dengan motor pompa air yang baru.
2. Ketika hendak lilit motor pompa air selain memperhatikan bahan juga harus memperhatikan ketika kita memasukkan lilitan baru pada stator, diusakan jangan sampai kabel *email* (kabel lilitannya) rusak atau tergores dan menempel dengan bodi pada motor. Karena bisa mengakibatkan konsleting dan lilitan pada stator bisa terbakar. Dan sebaiknya ketika sudah usai melilit di paastikan kabel tidak ada yang rusak atau hubung singkat pada bodi motor agar tidak terjadi konsleting dan terbakarnya kumparan pada stator.

DAFTAR PUSTAKA

- Berahim, H. 1991. *Pengantar Teknik Tenaga Listrik Teori Ringkas dan Penyelesaian Soal*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset
- Dewi, Y. K. 2014. *Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fasa 4 Kutub dengan Metode Kumparan Jerat*. Jember: Universitas Jember.
- Gunawan, I. 2012. *Panduan Menggulung Ulang Kumparan Motor Listrik Satu Fasa*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Kristianto, A. 2016. *Perencanaan Lilitan Motor Induksi 3 Fasa 220/380 V*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Obiansyah. 2012. *Simulasi Merakit Motor Listrik Induksi 3 Fasa Daya 3 HP Tegangan 220V/380V*. Jakarta: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Prianto, J. 2010. *Single Phase Motor*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Sudjana, N dan Ibrahim. 2001. *Penelitian dan Penilaian Pendidikan*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Sugiyono. 2010. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Sulistiyar, R. B. C. 2014. *Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Split Capacitor dengan Metode Jerat (Spiral)*. Jember: Universitas Jember.
- Suparlan, M. 2011. *Pengaruh Penggulungan ulang (Rewinding) Stator terhadap kinerja motor induksi*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Zuhal. 2000. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.