



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **PERANCANGAN KUMPARAN MOTOR INDUKSI 1 PHASA**

Nama : 1. Andriano
2. Irawan Mahidin

Stambuk : 1. 10582 947 12
2. 10582 979 12

Makassar, 17 Oktober 2017

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

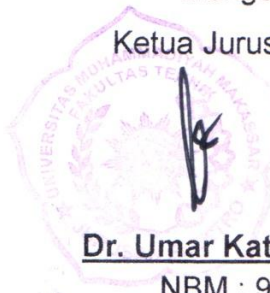
Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

Pembimbing II

Ir. Abd Hafid, M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro



Dr. Umar Katu, S.T., M.T.

NBM : 990 410



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
PENGESAHAN

Skripsi atas nama Andriano dengan nomor induk Mahasiswa 10582 947 12 dan Irawan Mahidin dengan nomor induk Mahasiswa 10582 979 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 003/SK-Y/20201/091004/2017, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 12 Oktober 2017

Makassar, 27 Muharram 1439 H
17 Oktober 2017 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Andi Faharuddin, S.T., M.T

b. Sekertaris : Adriani, S.T., M.T

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

2. Mutmainnah, S.T., M.T

3. Suriyani, S.T., M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

Pembimbing II

Ir. Abd Hafid, M.T

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.
NBM : 855 500

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah : “PERANCANGAN KUMPARAN MOTOR INDUKSI 1 FASE”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermamfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu degaa ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tinginya kepada :

1. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, S.T.,M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
2. Bapak Umar Katu, ST.MT. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Bapak Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng. selaku pembimbing I dan Bapak Ir. Abd hafid, MT. selaku pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami.
4. Bapak dan Ibu dosen serta Staf Pegawai Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2012 yang dengan keakraban dan persaudaraan yang banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut diatas mendapat pahala yang berlipat ganda disisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermamfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara. Amiin.

Makassar, 05 Agustus 2017

Penulis

Andriano¹, Irawan Mahiddin²

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar
email : andriano_asis@yahoo.com

²Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar
email : irawanbj12@gmail.com

ABSTRAK

Dalam kehidupan sehari-hari khususnya dalam bidang industri tidak lepas dengan motor induksi satu fase. Kebanyakan penggulangan ulang atau *rewinding* menggunakan besar lilitan yang sama, maka dari itu dalam penelitian ini dirancang kumparan dengan memperkecil besar tembaga pada kumparan motor induksi satu fase, Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode terpusat (*concentric*) untuk melakukan proses *rewinding* kumparan stator. Terdapat dua motor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu motor referensi dan motor *rewinding*, motor referensi digunakan sebagai acuan untuk melakukan perbandingan. Motor *rewinding* menggunakan kumparan utama 0,4 mm dan kumparan bantu 0,3 mm pada kumparan statornya. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu motor *rewinding* memiliki parameter kerja antara lain kecepatan putar 2780 Rpm daya input yang digunakan 301,4 serta torsi 0,687348 Nm.

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

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	
LEMBAR PENGESAHAN.....	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ixi
DAFTAR TABEL.....	ixi
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Batasan Masalah.....	2
E. Mamfaat Penelitian	3
F. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Motor Induksi Satu Fase	5
B. Konstruksi Umum Motor Induksi Satu Fase.....	5

1. Stator.....	6
2. Rotor.....	9
C. Teori Dasar Motor Induksi.....	11
D. Prinsip Kerja Motor Induksi Satu Fase.....	14
1. Teori Medan Putar Silang.....	14
2. Teori Medan Putar Ganda.....	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan tempat penelitian.....	19
B. Jenis penelitian.....	19
C. Tahapan Penelitian.....	19
D. Alat dan Bahan perancangan.....	22
1. Alat.....	22
2. Bahan.....	23
E. Diagram alir penelitian.....	24
F. Konstruksi Penelitian.....	25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses penggulangan ulang kumparan.....	29
1. Pengujian motor referensi sebelum dibongkar.....	29
2. Desain bentuk kumparan.....	29
3. Skema penyambungan motor dengan sumber listrik 220 Volt.....	31

4. Pengujian motor <i>rewinding</i>	32
B. Perhitungan hasil Pengujian.....	32
C. Analisa Pengujian dan perhitungan.....	35
1). Analisa Pengujian dan perhitungan Motor <i>Rewinding</i>	35
2). Analisa Pengujian dan perhitungan Motor Referensi.....	35
D. Perbandingan Pengujian Motor induksi 1 fase	36
 BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	37
B. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39

DAFTAR GAMBAR

Nomor	halaman
Gambar 2. 1 Konstruksi umum motor induksi 1 fase	6
Gambar 2. 2 Stator dari motor induksi, menunjukkan kumparan stator	7
Gambar 2. 3 Jenis kumparan.....	7
Gambar 2. 4 Rotor sangkar	10
Gambar 2. 5 Rotor Belitan	11
Gambar 2. 6 Diagram potongan rotor belitan pada motor induksi	11
Gambar 2. 7 Rangkaian pengganti motor induksi.....	12
Gambar 2. 8 Medan magnet stator berpulsa sepanjang garis.....	14
Gambar 2. 9 Motor dalam keadaan berputar.....	15
Gambar 2. 10 Fluks rotor tertinggal terhadap fluks stator sebesar 90°	16
Gambar 2. 11 Medan silang yang dibangkitkan arus rotor	17
Gambar 2. 12 <i>Phasor</i> medan putar yang dihasilkan oleh belitan stator dan rotor	18
Gambar 3. 1 Flowchart.....	24
Gambar 3. 2 Name Plate Motor	25
Gambar 3. 3 Stator	26
Gambar 3. 4 Rotor sangkar	27
Gambar 3. 5 Pengujian motor	28
Gambar 4. 1 Alur Kumparan.....	30
Gambar 4. 2 Skema penyambungan dengan sumber listrik 220 volt.....	31

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 3. 1 Alat yang digunakan dalam perancangan motor induksi 1 fase.....	22
Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan dalam perancangan motor induksi 1 fase	23
Tabel 4. 1 alur Kumparan	30
Tabel 4. 2 Hasil pengujian Motor	32
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Motor	35

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar 1. Tembaga supreme	41
Gambar 2. Bentuk kumparan 2 kutub stator	41
Gambar 3. Pengujian motor referensi	42
Gambar 4. Konstruksi motor setelah dibongkar	42
Gambar 5. Penggabungan rotor dengan stator setelah <i>rewinding</i>	43
Gambar 6. Konstruksi motor 1 fase	43
Gambar 7. <i>Tachometer</i>	44
Gambar 8. <i>Tang ampere</i>	44
Gambar 9. Pengaturan besar kumparan	45
Gambar 10. Menggulung kumparan	45

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Mesin listrik adalah suatu alat listrik yang dapat merubah bentuk tenaga input menjadi listrik atau sebaliknya dari tenaga listrik menjadi input. Mesin listrik yang dapat merubah tenaga input menjadi tenaga listrik disebut Generator sedangkan yang dapat merubah tenaga listrik menjadi input disebut Motor (Soemarni :1984)

Motor induksi memiliki sebuah sumber energi listrik yaitu di sisi stator, sedangkan sistem kelistrikan di sisi rotornya diinduksikan melalui celah udara dari stator dengan media elektromagnet. Hal inilah yang menyebabkannya diberi nama motor induksi (Arindya, 2013).

Dan kebanyakan motor satu fase digunakan pada peralatan rumah tangga dan industri, seperti refrigerator, pompa air, mesin cuci, mesin jahit, dan lain-lain (Prih Sumardjati, dkk, 2008).

Dalam rancangan Kumparan motor induksi 1 fase ini dilakukan penggulungan ulang terhadap motor yang masih berfungsi dengan mengambil data dengan cara pengujian terhadap motor dan akan dilakukan perbandingan antara perancangan sebelum dengan sesudah dirancang ulang baik dari segi daya, torsi maupun efisiensi dengan mengubah kumparan motor induksi 1 fase dengan mengubah ukuran lilitan pada kumparan yang akan direwinding.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses penggulungan ulang kumparan motor induksi 1 fase ?
2. Bagaimana perbandingan hasil perancangan kumparan sebelum dan sesudah digulung ulang dengan merubah besar lilitan referensi dari kumparan utama 0,5 mm dan kumparan bantu 0,4 mm menjadi besar lilitan rewinding kumparan utama 0,4 mm dan kumparan bantu 0,3 mm ?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui proses perancangan kumparan motor induksi 1
2. Untuk membandingkan hasil perancangan kumparan sebelum dan sesudah digulung dengan memperkecil lilitan referensi dari kumparan utama 0,5 mm dan kumparan bantu 0,4 mm menjadi besar lilitan rewinding kumparan utama 0,4 mm dan kumparan bantu 0,3 mm
3. Untuk memperoleh hasil yang lebih baik dari penggunaan motor induksi 1 fase

D. Batasan Masalah

Untuk menghindari ruang lingkup yang terlalu luas dan jauh dari sasaran yang ingin dicapai, maka dipandang perlu membatasi permasalahan yang akan dibahas, adapun permasalahan tersebut adalah :

1. Motor yang digunakan motor induksi 1 fase
2. Rancangan dikhusus kan pada kumparan motor
3. Tidak membahas rotor, rugi-rugi motor dan pembebanan pada motor

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui proses perancangan atau penggulangan ulang motor induksi 1 fase
2. Untuk mengetahui perbandingan perancangan kumparan sebelum dan sesudah dirancang
3. Untuk dapat memperluas wawasan ilmu pengetahuan dan wawasan penulis khususnya dalam bidang mesin-mesin listrik.

F. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum dari keseluruhan penelitian ini, maka kami membuat sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, mamfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang pokok pembahasan teori atau materi yang mendasari dalam pelaksanaan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang tempat pelaksanaan, alat dan bahan yang digunakan, serta metode yang digunakan.

BAB IV PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas perancangan dan hasil perancangan dari alat tersebut, serta hasil pengujian yang telah penulis lakukan.

BAB V PENUTUP

Dalam bagian ini akan dibahas penjelasan atau kesimpulan dan saran akhir dari hasil penelitian yang dilakukan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

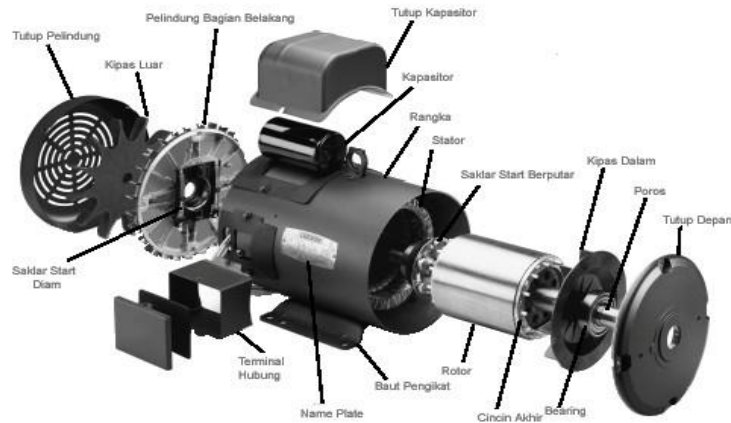
A. Motor Induksi Satu Fase

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

Motor induksi satu fase sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan yang memerlukan daya rendah dan kecepatan yang relatif konstan. Hal ini disebabkan karena motor induksi satu fase memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksi yang cukup sederhana, kecepatan putar yang hampir konstan terhadap perubahan beban, dan umumnya digunakan pada sumber jala-jala satu fase yang banyak terdapat pada peralatan domestik.

B. Konstruksi Umum Motor Induksi Satu Fase

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



Gambar 2. 1 Konstruksi umum motor induksi 1 fase

Konstruksi motor induksi satu fase hampir sama dengan konstruksi motor induksi tiga fase, yaitu terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Keduanya merupakan rangkaian magnetik yang berbentuk silinder dan simetris. Di antara rotor dan stator ini terdapat celah udara yang sempit.

1. Stator

Stator merupakan bagian yang diam sebagai rangka tempat kumparan stator yang terpasang. Stator terdiri dari : inti stator, kumparan stator, dan alur stator. Motor induksi satu fase dilengkapi dengan dua kumparan stator yang dipasang terpisah, yaitu kumparan utama (*main winding*) atau sering disebut dengan kumparan berputar dan kumparan bantu (*auxiliary winding*) atau sering disebut dengan kumparan *start*. Untuk jenis kumparan stator yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu jenis kumparan terpusat (*concentric*). Kumparan terpusat (*concentric*) digunakan untuk motor dan generator dengan kapasitas kecil.

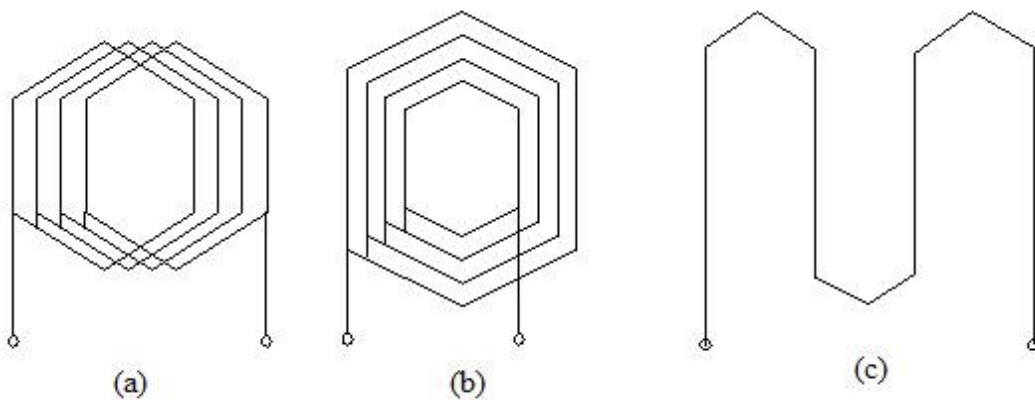


Gambar 2. 2 Stator dari motor induksi, menunjukkan kumparan stator

a. Bentuk Kumparan Stator

Bentuk kumparan stator dari motor induksi 1 fase dapat dibagi menjadi 3 macam, hal semacam ini adalah tergantung dari cara melilitkannya kedalam alur-alur stator. Bentuk kumparan-kumparan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

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



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

Gambar 2. 3 Jenis kumparan

Fungsi dari ketiga jenis kumparan tersebut adalah sebagai berikut:

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

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

Langkah kumparan (Y_s) :

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

Jumlah alur perkutub (q):

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

Jumlah lubang alur dalam derajat radian (KAR):

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

Jarak lubang alur dalam derajat listrik (KAL):

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

Keterangan:

G : jumlah alur pada stator.

P : jumlah pasang kutub.

m : fase.

Dua jenis kumparan pada stator yaitu :

a. Kumparan utama

Kumparan utama dibuat dari tembaga ukurannya lebih besar daripada tembaga untuk kumparan bantu, karena ukurannya lebih besar, hambatan menjadi lebih kecil dan medan magnet yang dikeluarkan lebih kuat.

b. Kumparan bantu

Kumparan bantu adalah kebalikan dari kumparan utama, yaitu dibuat dari tembaga yang lebih kecil. Karena lebih kecil, hambatannya lebih besar dan medan magnet yang dihasilkan lebih lemah.

2. Rotor

Rotor merupakan bagian yang berputar. Bagian ini terdiri dari : inti rotor, kumparan rotor dan alur rotor. Pada umumnya ada dua jenis rotor yang sering digunakan pada motor induksi, yaitu rotor belitan (*wound rotor*) dan rotor sangkar (*squirrel cage rotor*). Kedua tipe rotor ini menggunakan laminasi melingkar yang terikat erat pada poros.

a. Rotor Sangkar (*Squirrel Cage Rotor*).

Penampang rotor sangkar tupai memiliki konstruksi yang sederhana. Batang rotor dan cincin ujung sangkar tupai yang kecil merupakan coran tembaga atau aluminium dalam satu lempeng pada inti rotor. Pada motor yang lebih besar, batang rotor dibenamkan dalam alur rotor dan kemudian di las dengan kuat ke cincin ujung. Apabila dilihat tanpa inti rotor, maka batang rotor ini kelihatan seperti kandang tupai, oleh karena itu motor induksi dengan rotor sangkar tupai dinamakan motor induksi sangkar tupai. Pada ujung cincin penutup dilekatkan kipas yang berfungsi sebagai pendingin. Rotor jenis ini tidak terisolasi, karena batangan dialiri arus yang besar pada tegangan rendah.



Gambar 2. 4 Rotor sangkar

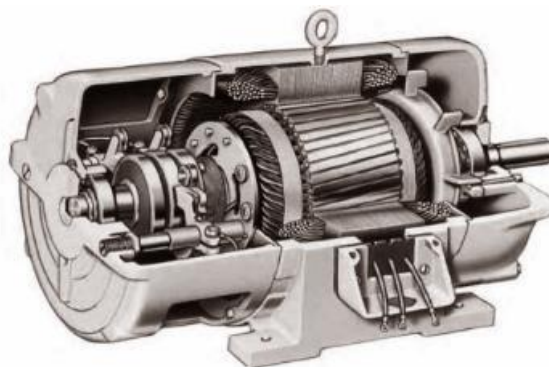
b. Rotor Belitan (*Wound Rotor*)

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

slip, oleh karena itu tahanan eksternal dapat dihubungkan seri dengan belitan rotor untuk mengontrol torsi *start* dan kecepatan selama *starting*. Penambahan tahanan eksternal pada rangkaian rotor belitan menghasilkan torsi yang lebih besar dengan arus *starting* yang lebih kecil dibanding rotor sangkar.



Gambar 2. 5 Rotor Belitan



Gambar 2. 6 Diagram potongan rotor belitan pada motor induksi

C. Teori Dasar Motor Induksi

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

Kecepatan medan putar stator dari motor arus bolak balik dapat ditulis sebagai persamaan berikut:

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

Keterangan:

N_s : kecepatan medan putaran stator (rpm).

f : frekuensi (Hz).

p : jumlah kutub.

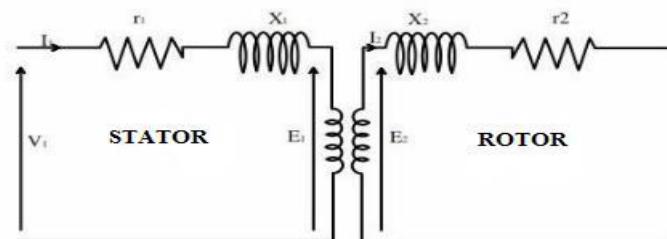
Untuk mengetahui besar slip yang pada motor induksi jenis rotor belitan digunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

S : slip motor.

N_r : kecepatan putar rotor (rpm).



Gambar 2. 7 Rangkaian pengganti motor induksi

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

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

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

Keterangan:

V1 : tegangan *input* stator (Volt)

R1 + jX1 : impedansi stator

E1 : tegangan *output* stator (Volt)

E2 : tegangan rotor (Volt)

Torsi (tourque) secara umum merupakan gaya yang digunakan untuk menggerakkan suatu benda dengan jarak dan arah tertentu, satuan Nm.

Daya adalah laju energi yang diihantarkan selama melakukan usaha dalam periode waktu tertentu, satuan Watt

Efisiensi motor ditentukan oleh kehilangan dasar yang dapat dikurangi hanya oleh perubahan pada rancangan motor dan kondisi operasi.

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

Daya input :

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(2.9)$$

Torsi yang dihasilkan:

$$T = \frac{P}{\omega_r} \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk menghitung efisisensi:

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

Keterangan:

Pout : daya keluar motor

S : Daya Semu

Pf : *Power Factor*

T : torsi.

I : arus pada rotor.

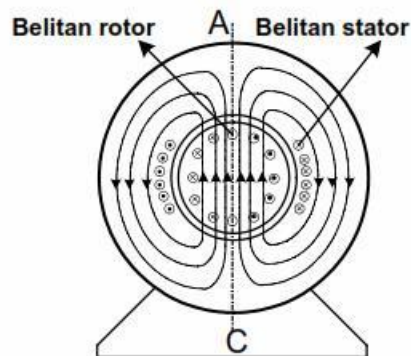
V : Tegangan

η : efisiensi.

D. Prinsip Kerja Motor Induksi Satu Fase

1. Teori Medan Putar Silang

Prinsip kerja motor induksi satu fase dapat dijelaskan dengan menggunakan teori medan putar silang (*cross-field theory*). Jika motor induksi satu fase diberikan tegangan bolak-balik satu fase maka arus bolak-balik akan mengalir pada kumparan stator. Arus pada kumparan stator ini menghasilkan medan magnet seperti yang di tunjukkan oleh garis putus-putus pada Gambar 2.8.

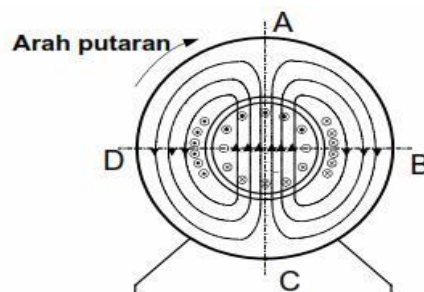


Gambar 2. 8 Medan magnet stator berpulsa sepanjang garis

Arus stator yang mengalir setengah periode pertama akan membentuk kutub utara di A dan kutub selatan di C pada permukaan stator. Pada setengah periode berikutnya, arah kutub-kutub stator menjadi terbalik. Meskipun kuat medan magnet stator berubah-ubah yaitu maksimum pada saat arus maksimum

dan nol pada saat arus nol serta polaritasnya terbalik secara periodik, aksi ini akan terjadi hanya sepanjang sumbu AC. Dengan demikian, medan magnet ini tidak berputar tetapi hanya merupakan sebuah medan magnet yang berpulsa pada posisi yang tetap (*stationary*).

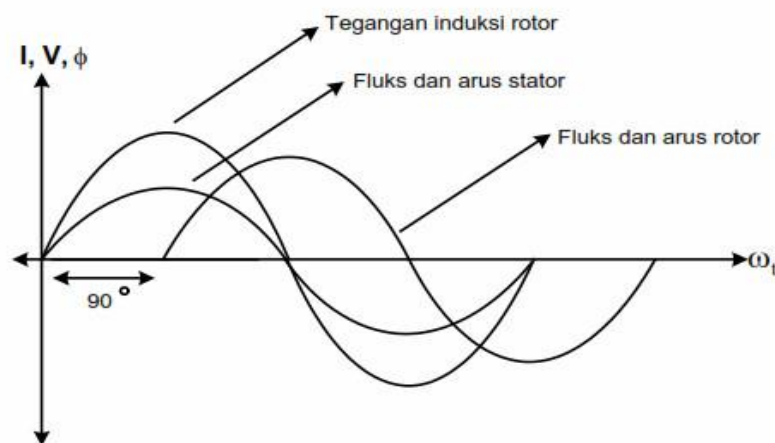
Seperti halnya pada transformator, tegangan terinduksi pada belitan sekunder, dalam hal ini adalah kumparan rotor. Karena rotor dari motor induksi satu fase pada umumnya adalah rotor sangkar dimana belitannya terhubung singkat, maka arus akan mengalir pada kumparan rotor tersebut. Sesuai dengan hukum Lenz, arah dari arus ini (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8) adalah sedemikian rupa sehingga medan magnet yang dihasilkan melawan medan magnet yang menghasilkannya. Arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet rotor dan membentuk kutub-kutub pada permukaan rotor. Karena kutub-kutub ini juga berada pada sumbu AC dengan arah yang berlawanan terhadap kutub-kutub stator, maka tidak ada momen putar yang dihasilkan pada kedua arah sehingga rotor tetap diam. Dengan demikian motor induksi satu fase dapat melakukan *starting* sendiri dan membutuhkan rangkaian bantu untuk menjalankannya.



Gambar 2. 9 Motor dalam keadaan berputar

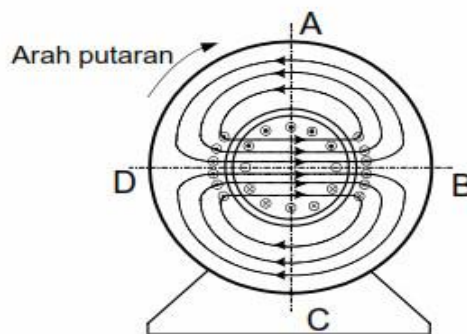
Misalkan sekarang motor sedang berputar. Hal ini dapat dilakukan dengan memutar secara manual (dengan tangan) atau dengan rangkaian bantu. Konduktor-konduktor rotor akan memotong medan magnet stator sehingga timbul gaya gerak listrik pada konduktor-konduktor tersebut. Hal ini diperlihatkan pada Gambar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

Jika fluks rotor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.9 mengarah ke atas sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arah gaya gerak listrik (ggl) rotor akan mengarah keluar kertas pada setengah bagian atas rotor dan mengarah ke dalam kertas pada setengah bagian bawah rotor. Pada setengah periode berikutnya arah dari gaya gerak listrik yang dibangkitkan akan terbalik. Gaya gerak listrik yang diinduksikan ke rotor adalah berbeda dengan arus dan fluks stator. Karena konduktor-konduktor rotor terbuat dari bahan dengan tahanan rendah dan induktansi tinggi, maka arus rotor yang dihasilkan akan tertinggal terhadap gaya gerak listrik rotor mendekati 90° . Gambar 2.10 menunjukkan hubungan fase dari arus dan fluks stator, gaya gerak listrik, arus dan fluks rotor.



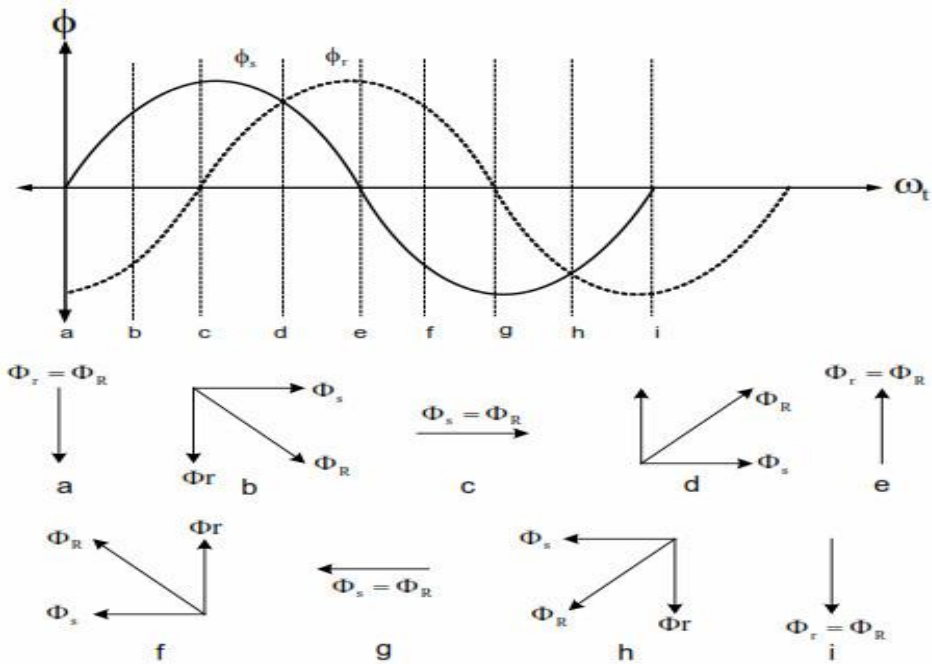
Gambar 2. 10 Fluks rotor tertinggal terhadap fluks stator sebesar 90°

Sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 karena medan rotor ini terpisah sebesar 90° dari medan stator, maka disebut sebagai medan silang (*cross-field*). Nilai maksimum dari medan ini seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.11, terjadi pada saat seperempat periode setelah gaya gerak listrik rotor yang dibangkitkan adalah telah mencapai nilai maksimumnya. Karena arus rotor yang mengalir disebabkan oleh suatu gaya gerak listrik bolak-balik maka medan magnet yang dihasilkan oleh arus ini adalah juga bolak-balik dan aksi ini terjadi sepanjang sumbu DB (lihat Gambar 2.11).



Gambar 2. 11 Medan silang yang dibangkitkan arus rotor

Karena medan silang beraksi pada sudut 90° dengan sudut fase yang juga tertinggal 90° terhadap medan magnet stator terhadap medan stator, kedua medan bersatu untuk membentuk sebuah medan putar resultan yang berputar dengan kecepatan sinkron yang ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 *Phasor* medan putar yang dihasilkan oleh belitan stator dan rotor

2. Teori Medan Putar Ganda

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

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan tempat penelitian

1. Waktu Penelitian

Adapun waktu yang digunakan dalam penelitian ini selama 2 bulan (april-juni) tahun 2017 untuk merancang motor induksi 1 fase

2. Tempat penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di P.T Bosowa Maros

3. Alamat

Alamat Penelitian yaitu Desa Baruga Kec. Bantimurung kab. Maros

B. Jenis penelitian

Konsep penelitian ini secara keseluruhan merancang kumparan motor induksi 1 fase dengan mengubah jumlah kumparan pada motor induksi 1 fase dan menganalisis perubahan yang terjadi sebelum dan sesudah kumparan di rancang.

C. Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian perancangan motor induksi 1 fase, yaitu :

a. Tahap Persiapan :

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

b. Studi Literatur terhadap Obyek dan Penelitian

Studi literatur meliputi pengumpulan jurnal yang berhubungan dengan penelitian sebagai referensi awal. Adapun bahan pustaka yang dibutuhkan antara lain adalah tentang segala sesuatu yang mendukung perancangan kumparan motor induksi 1 fase

c. Pengumpulan data Motor sebelum direwinding

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

d. Perencanaan untuk rewinding kumparan motor induksi 1 fase

Perencanaan ini meliputi rencana komponen yang dipakai pada stator, ukuran tembaga pada stator dan jumlah lilitan.

e. Implementasi Sistem

Pada tahap ini dilakukan rewinding motor induksi pada kumparan stator berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya.

f. Melakukan Pengujian Sistem

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

g. Analisis Sistem

Analisis sistem meliputi analisis secara teknis yaitu melakukan pengukuran terhadap kecepatan putaran, torsi, dan daya yang dihasilkan dari perancangan kumparan motor induksi 1 fase.

h. Pengambilan Kesimpulan dan Saran

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

D. Alat dan Bahan perancangan

Adapun alat-alat yang sangat penting pada perancangan motor induksi 1 fase adalah sebagai berikut :

1. Alat

Tabel 3. 1 Alat yang digunakan dalam perancangan motor induksi 1 fase

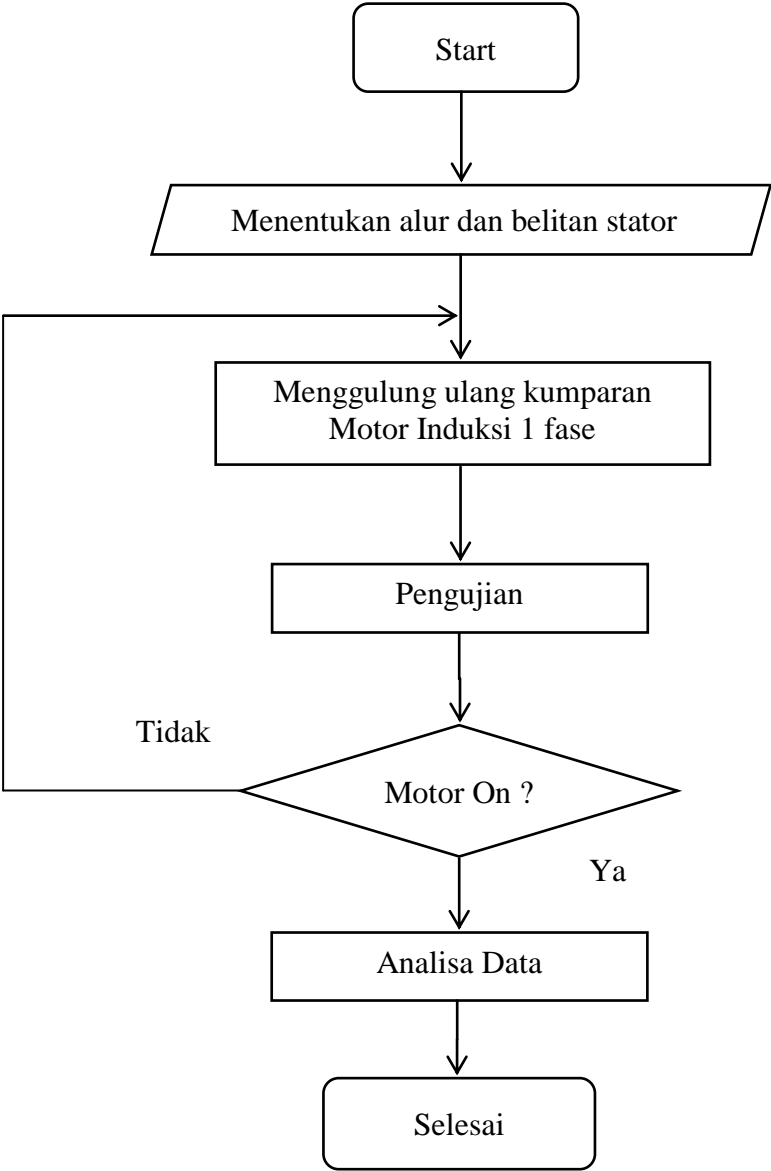
No	Alat	Jumlah
1	<i>Tachometer</i>	1 buah
2	<i>Multimeter</i>	1 buah
3	Kunci pas	1 buah
4	Kunci ring	1 buah
5	Palu besi	1 buah
6	Obeng Minus plus	1 buah
7	Kunci pas	2 buah
8	Solder	1 buah
9	Tang kombinasi	1 buah
10	Tang lancip dan tang potong	1 buah
11	Snap tang	1 buah
12	Bilah (kayu)	1 buah

2. Bahan

Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan dalam perancangan motor induksi 1 fase

No	Bahan	Jumlah
1	Kawat email	1 buah
2	<i>Capasitor</i>	1 buah
3	<i>Thermofuse</i>	1 buah
4	Baut	Secukupnya
5	Kabel	Secukupnya
6	Timah	Secukupnya
7	Varnish	Secukupnya
8	Benang pengikat	Secukupnya
9	Lembar kertas prespan	Secukupnya

E. Flowchart



Gambar 3. 1 Flowchart

F. Konstruksi Penelitian

Konstruksi penelitian merupakan tahap-tahap struktural yang direncanakan untuk implementasi sistem. Pada penelitian ini dilakukan perancangan kumparan motor induksi 1, langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Melihat dan Meninjau Konstruksi Stator.
 - a. Name plate



Gambar 3. 2 Name Plate Motor

- b. Rangka Stator

Rangka stator yang digunakan terbuat dari besi, hal ini memiliki tujuan untuk melindungi inti stator dan kumparannya. Bentuk rangka stator dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 3. 3 Stator

2. Menentukan Besar Tembaga.

Besar tembaga yang digunakan pada lilitan stator sebelum dirancang yaitu untuk kumparan utama 0,5 mm dan kumparan bantu 0,4 mm dan setelah dirancang yaitu untuk kumparan utama 0,4 mm dan kumparan bantu 0,3 mm

3. Menentukan Metode yang digunakan.

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

4. Melakukan Penggabungan Stator dan Rotor.

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



Gambar 3. 4 Rotor sangkar

5. Pengujian Motor

Jika penggabungan antara stator dan rotor telah selesai, maka akan dilakukan perbandingan hasil perhitungan daya dengan hasil pengujian alat. Pada penelitian ini, untuk mengetahui target yang diinginkan, motor akan dirangkai dengan alat ukur *multimeter*, *tachometer*, *tang ampere* sehingga dapat diketahui, arus, tegangan, dan kecepatan putar motor (RPM), pengujian tersebut yaitu:

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



Gambar 3. 5 Pengujian motor

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses penggulangan ulang kumparan

1. Pengujian motor referensi sebelum dibongkar

Sebelum melakukan penggulangan ulang motor dilakukan pengujian motor dari segi kecepatan, arus dan tegangan sehingga dapat dibandingkan dengan motor setelah dirancang atau direwinding kumparan dari besar lilitan yang sebelum dirancang yaitu kumparan utama 0,5 mm dan kumparan bantu 0,4 mm menjadi besar lilitan yaitu kumparan utama 0,4 mm dan kumparan bantu 0,3 mm, penggulangan motor induksi sebaiknya memilih material konduktor dan jenis isolasi yang baik agar motor memiliki kinerja yang baik.

2. Desain bentuk kumparan

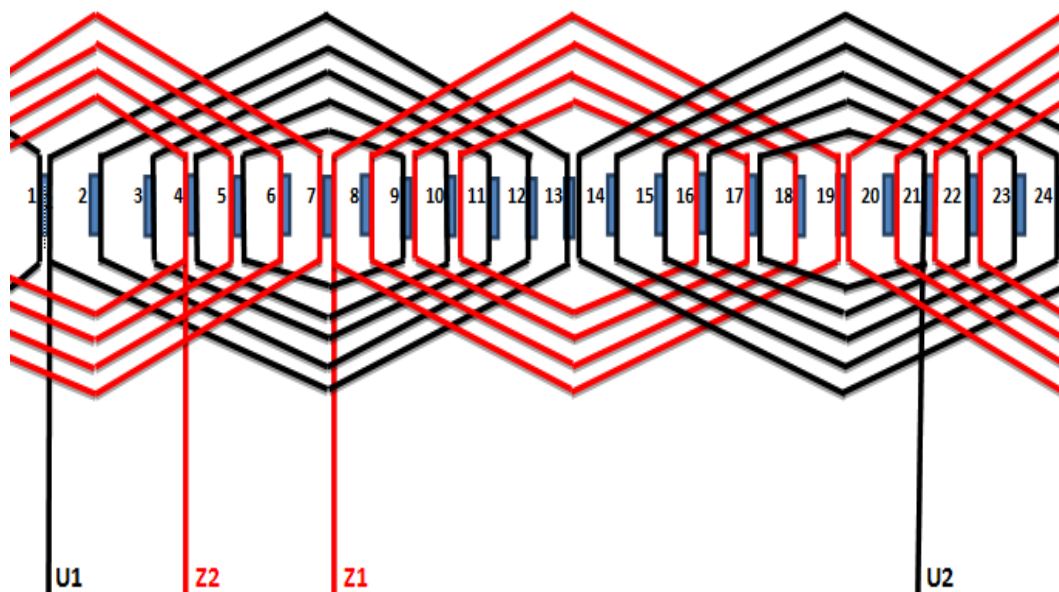
Dalam penelitian ini dilakukan penggulangan ulang kumparan stator untuk mengetahui kinerja motor setelah digulung ulang (*rewinding*) dengan variasi berbeda dari sebelumnya. Variasi dititik beratkan pada kumparan stator untuk menganalisis perubahan yang terjadi, Jenis lilitan pada kumparan stator adalah lilitan alur tunggal dengan metode terpusat (*concentric*) dan kurang lebih bentuk lilitan sama dengan motor referensi.

a. Bentuk alur kumparan

Tabel 4. 1 alur Kumparan

U1	1-13	13-1	U2
	2-12	14-24	
	3-11	15-23	
	4-10	16-22	
	5-9	17-21	
Z1	7-19	19-7	Z2
	8-18	20-6	
	9-17	21-5	
	10-16	22-4	

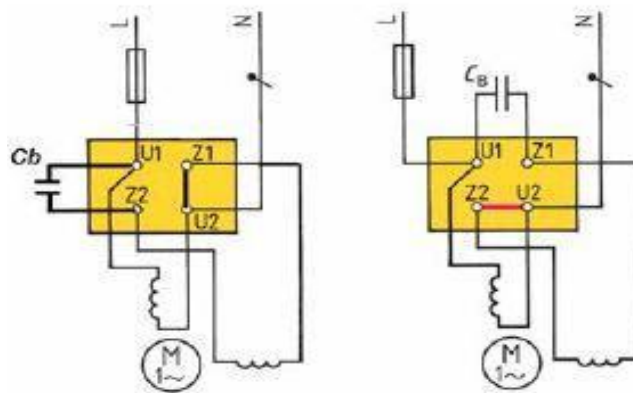
b. Gambar alur kumparan



Gambar 4. 1 Alur Kumparan

3. Skema penyambungan motor dengan sumber listrik 220 Volt

Setelah kumparan dirancang dan dimasukkan kedalam stator maka kumparan pada motor akan dihubungkan dengan sumber dengan menggunakan kabel yang warna bervariasi sehingga mudah bagi kita untuk mengetahui yang mana kumparan utama U1 dan U2 serta kumparan bantu Z1 dan Z2, dimana U1 yaitu masukan pada kumparan utama sedangkan U2 merupakan keluaran lilitan dari kumparan utama sedangkan Z1 dan Z2 merupakan masukan dan keluaran lilitan kumparan bantu.



Gambar 4. 2 Skema penyambungan dengan sumber listrik 220 volt

4. Pengujian motor *rewinding*.

Setelah semuanya dirancang dengan benar maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian pada motor induksi, adapun pengujian ini yaitu untuk mengetahui parameter kinerja motor, baik dari segi kecepatan dengan arus

Tabel 4. 2 Hasil pengujian Motor

Motor	Tegangan (V)	Kec. Putar (Rpm)	Arus (A)
Rewinding	220	2780	1,37
Referensi	220	2763	1,29

B. Perhitungan hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian motor *rewinding* dan motor referensi

1. Perhitungan motor *rewinding*

$$\begin{aligned} \text{a. } N_s &= \frac{120 \cdot f}{p} && \text{(Persamaan 2.5)} \\ &= \frac{120 \cdot 50}{2} \\ &= 3000 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

b. Slip

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \quad \text{(Persamaan 2.6)}$$

$$S = \frac{3000 - 2780}{3000} \times 100$$

$$S = 7,333$$

c. Daya Input

$$P_{in} = V \cdot I \quad \text{(Persamaan 2.9)}$$

$$= 220 \cdot 1,37$$

$$= 301,4 \text{ Watt}$$

d. Torsi

$$T = \frac{P}{\omega r} \quad (\text{Persamaan 2.10})$$

$$T = \frac{P}{\frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60}}$$

$$T = \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot N}$$

$$T = \frac{200 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 2780}$$

$$T = \frac{12.000}{17.458,4}$$

$$T = 0,687348 \text{ Nm}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta = \frac{200}{301,4} \times 100 \%$$

$$\eta = 66,35 \%$$

2. Perhitungan hasil Pengujian referensi

a. $N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (\text{Persamaan 2.5})$

$$= \frac{120 \cdot 50}{2}$$

$$= 3000 \text{ Rpm}$$

b. Slip

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \quad (\text{Persamaan 2.6})$$

$$S = \frac{3000 - 2763}{3000} \times 100$$

$$S = 7,9$$

c. Daya Input

$$P_{in} = V \cdot I \quad (\text{Persamaan 2.9})$$

$$= 220 \cdot 1,29$$

$$= 283,8 \text{ Watt}$$

d. Torsi

$$T = \frac{P}{\omega r} \quad (\text{Persamaan 2.10})$$

$$T = \frac{P}{\frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60}}$$

$$T = \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot N}$$

$$T = \frac{2000 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 2763}$$

$$T = \frac{12.000}{17.351,64}$$

$$T = 0,691577 \text{ Nm}$$

e. Efisiensi

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

$$\eta = \frac{200}{283,8} \times 100 \%$$

$$\eta = 70,47\%$$

C. Analisa Pengujian dan perhitungan

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan motor induksi 1 fase maka di dapat data sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Motor

Motor	Tegangan	Nr	Arus	Slip	P _{in}	Torsi	Efisiensi
Rewinding	220 Volt	2780	1,37 A	7,33	301,4	0,687348	66,35%
Referensi	220 Volt	2763	1.29 A	7,9	283,8	0,691577	70,47%

1). Analisa Pengujian dan perhitungan Motor *Rewinding*

Pada pengujian ini diperoleh data-data antara lain kecepatan putaran rotor dan arus. Nilai kecepatan putar rotor dan arus berbanding lurus dengan besar tegangan yang diberikan. Pada tegangan nominal (220 V) diperoleh kecepatan putar rotor 2780 rpm dan arus sebesar 1,37 Ampere dan daya input sebesar 301,4 Watt . Berdasarkan perhitungan diatas maka diperoleh efisensi sebesar 66,35 %

2). Analisa Pengujian dan perhitungan Motor Referensi

Sama dengan motor referensi, pada pengujian ini diperoleh data-data antara lain kecepatan putaran medan rotor, arus dan daya input .Nilai kecepatan putar rotor, arus, dan daya berbanding lurus dengan besar tegangan yang diberikan. Pada tegangan nominal (220 V) diperoleh kecepatan putar rotor 2763 rpm, arus sebesar 1,29 Ampere dan daya input sebesar 283,8 Watt serta efisiensi sebesar 70,47 %

D. Perbandingan Pengujian Motor induksi 1 fase

Pengujian kedua motor menggunakan parameter yang sama, dapat dianalisis terhadap motor berdasarkan pengujian yang telah dilakukan. Kecepatan putar rotor pada motor Referensi pada tegangan 220 V adalah 2763 rpm, sedangkan pada motor *rewinding* adalah 2780 rpm, selisihnya tidak terlalu jauh yaitu sebesar 17 rpm, motor Referensi memiliki kecepatan sedikit lebih kecil. Nilai torsi pada motor *rewinding* sebesar 0,687348 Nm dibandingkan motor Referensi sebesar 0,691577 Nm.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian perancangan kumparan pada motor induksi 1 fase dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sebelum melakukan perbandingan diukur motor yang menjadi pembanding yaitu motor referensi sehingga dapat dimudah dibandingkan, selanjutnya dilakukan proses penggulangan ulang dengan variasi kumparan yang sama akan tetapi pada perancangan ini dirubah besar lilitannya.
2. Pada tegangan 220 V kecepatan putar rotor (N_r) pada motor rewinding lebih besar yaitu 2780 RPM sedangkan pada motor referensi kecepatan putarnya (N_r) yaitu 2763RPM.
3. Arus pada motor rewinding lebih besar 1,37 A dibandingkan dengan motor referensi 1,29 A sehingga efisiensi pada motor rewinding kurang baik ini disebabkan karena ukuran kawat yang kecil rewinding kumparan utama 0,4 mm dan kumparan bantu 0,3 mm dibandingkan ukuran kawat pada motor referensi kumparan utama 0,5 mm dan kumparan bantu 0,4 mm.

B. Saran

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

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

DAFTAR PUSTAKA

- Arindya, Radita. 2013. *“Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik”*. Graha Ilmu: Yogyakarta,
- Asy’ari, H. (2007). *“Aplikasi Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Listrik Pada Motor Induksi Satu Phase”*.
- Gunawan Indra. 2013. *“Panduan Menggulung Ulang Kumparan Motor Listrik Satu Fase”* Andi: Yogyakarta.
- Prasetya, D. A. (2009). *“Rangkaian Optimal untuk Motor Induksi 1 Fase Berbasis Mikrokontroler At89s51 pada Aplikasi pompa Air”*.
- Sinaga, R. (2011). *“Analisis Karakteristik Berbeban Motor Induksi Satu Fase Kapasitor Start”*. (Aplikasi Pada Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-USU).
- Soermarni, N.B., & Rokaya, Yayah. 1984. *“Petunjuk Praktek Peparasi Listrik”*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan: Jakarta.
- Suryo, H., & Solichan, A. (2015). *“Microcontroller Atmega8535 sebagai Basis Pengendali Kecepatan Motor Induksi Satu Fase”*. Media Elektrika, 8(1).
- Sumardjati, P., Yahya, S., & Mashar, A. (2008). *“Teknik Pemamfaatan Tenaga Listrik”*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan : Jakarta. (Aplikasi Pada Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-USU).
- Sulistiyar, R. B. C. (2014). *“Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fase 2 Kutub Split Capasitor dengan Metode Jerat (Spiral)”*. Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember: Jember.

Warman, E. (2010). *"Analisis Performansi Motor Induksi Kapasitor Permanen Satu Fase Dengan Belitan Bantu Dan Belitan Utama Berdasarkan Teori Medan Fluksi Silang Dan Teori Medan Fluksi Ganda"*.

LAMPIRAN



Gambar 1. Tembaga Supreme



Gambar 2. Bentuk kumparan 2 kutub stator



Gambar 3. Pengujian motor referensi



Gambar 4. Konstruksi motor setelah dibongkar



Gambar 5. Penggabungan rotor dengan stator setelah *rewinding*



Gambar 6. Konstruksi motor 1 fase



Gambar 7. *Tachometer*



Gambar 8. *Tang ampere*



Gambar 9. Pengaturan besar kumparan



Gambar 10. Menggulung kumparan