

DOI <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v9i3.2868>

Pengaruh Ukuran Kawat dan Jarak Alur Stator Terhadap Nilai Arus *Starting* Motor Induksi 3 Fasa

Fran Hendrick¹, Liliana^{1*}

¹Program studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Jl. HR. Soebrantas KM. 15, Pekanbaru, 28293.

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: 11950515116@students.uin-suska.ac.id

Abstract – The use of electric motors in industry often experiences damage caused by several things, including high *starting* current surges, overload or full load, loss of one phase in the electric motor, and other causes of damage to the 3-phase motor. The main problem that occurred in this research was damage caused by high *starting* currents, where in the case study many 3-phase motors were used to drive factory machines. The use of 3-phase motors to drive factory machines is often damaged by unstable currents in the machines. This is because the time and workers for monitoring are very minimal and the materials for repairing machines are inadequate. In this way, the solution for repairing a 3-phase motor is to replace and rewind the damaged motor so that it can be used again. This research aims to find a solution on how to reduce high *starting* currents in 3-phase motors by utilizing the influence of replacing damaged induction motor components as well as repair methods used in *starting* when *rewinding* 3-phase motors. The research results from the groove distance with a wire size of 0.90 mm showed that the groove distance of 9, 9, 8 was 29.3 A and at a distance of 10, 10, 10 it had a current of 31 A with no-load testing and recommended groove distances of 10, 10, 10. Next, testing wire sizes of 0.75 mm and 0.90 mm with distances of 10, 10, 10, and 9, 9, 8 without load obtained 26.1 A and 27.4 A while 0.90 mm was 30, 7 A and 28, 1 A. The load was 43.5 A and 43.9 A, while 0.90 mm was 51.3 A and 49.3 A. From the test results, the largest current decrease was at a distance of 10,10, 10 with a wire size of 0.75 mm.

Abstrak - Pemanfaatan motor listrik pada industri sering kali mengalami kerusakan yang disebabkan oleh arus lonjakan saat *starting*. Permasalahan utama yang terjadi pada penelitian ini yaitu kerusakan yang diakibatkan oleh arus *starting* yang tinggi, dimana pada studi kasus banyaknya pemanfaatan motor 3 fasa sebagai penggerak mesin pabrik ini sering mengalami kerusakan oleh arus yang tidak stabil pada mesin. Hal ini diakibatkan karena faktor waktu kerja dan maintenance yang dilakukan sangat minim. Adapun solusi yang dilakukan untuk perbaikan motor 3 fasa dengan menggulung ulang motor yang rusak agar dapat digunakan kembali. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan solusi bagaimana menyusutkan arus *starting* yang tinggi pada motor 3 fasa dengan memanfaatkan pengaruh pada penggantian komponen motor 3 fasa dan jenis *starting* yang digunakan. Hasil penelitian dari jarak alur dengan pengujian tanpa beban di dapat bahwa jarak alur 10, 10, 10 merupakan jarak alur yang direkomendasikan. Dilakukan pengujian ukuran kawat 0,75 mm dan kawat 0,90 mm diujikan dengan pengujian jarak alur 10, 10, 10 pada pengujian dengan beban dan tanpa beban. Di dapat bahwa pada pengujian dengan beban dan tanpa beban ukuran kawat 0,75 mm jarak alur 10, 10, 10, 7, 8 adalah penurunan arus *starting* terbesar untuk menurunkan arus *starting*.

Keywords - 3 Phase Induction Motor, Groove Spacing, Starting, Wire Size.

PENDAHULUAN

Perkembangan di era sekarang tak terlepas dengan adanya pembaharuan teknologi. Motor listrik merupakan salah satu teknologi alat

penggerak yang banyak digunakan dalam perindustrian [1]. Ditinjau dari pemanfaatannya, motor induksi 3 fasa dapat diaplikasikan selain terkait dengan industri, yaitu penggerak transportasi, maupun kebutuhan rumah tangga. Motor 3 fasa

sebagai alat yang dibutuhkan pada global industri memiliki struktur yang kokoh dan harga perawatan yang ringan serta perawatan yang efisien, sehingga pemanfaatannya sangat dibutuhkan. Pemanfaatan ini dipersentasikan dalam penggunaan energi industrial sebanyak 30-80% diseluruh dunia [2]. Namun karena pemanfaatan yang begitu besar untuk industri, tak jarang permasalahan keandalan pada motor 3 fasa sering terjadi kerusakan seperti ketidakseimbangan tegangan, beban berlebih (*overload*), hilang salah satu fasa, kerusakan *bearing* akibat aus, lemahnya isolator, dan lonjakan arus *starting* yang terlalu tinggi. Salah satu permasalahan yang muncul yaitu lonjakan arus *starting* yang tidak normal [3], [4].

Beberapa kerusakan pada motor 3 fasa disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adanya kerusakan pada motor yang disebabkan hilangnya 1 fasa. Kerusakan ini biasanya dapat terjadi ketika rangkaian pada motor yang dirangkai mengalami penurunan arus ketika motor dijalankan dan melepasnya sambungan 1 fasa pada terminal yang mengakibatkan kebakaran pada stator motor 3 fasa [4]. Kerusakan akibat umur komponen seperti lemahnya isolator pada stator dan juga aus pada *bearing* yang diakibatkan lamanya motor 3 fasa bekerja untuk menggerakkan mesin. Ketidak seimbangan arus dan beban yang diakibatkan sumber utama listrik yang tidak stabil terutama pada studi kasus memanfaatkan PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) yang dimana air yang dihasilkan pada saat kemarau dan musim hujan yang tidak menentu mengakibatkan motor pada pabrik bekerja tidak konstan atau pada ketetapan dan mengakibatkan adanya peningkatan dan penurunan arus serta beban yang dapat menyebabkan motor rusak. Kerusakan akibat arus *starting* yang tinggi disebabkan oleh arus yang dihasilkan saat *starting* yang tinggi bahkan melebihi arus nominal yang mengakibatkan kerusakan pada komponen motor 3 fasa [5].

Lonjakan arus *starting* terjadi saat penyalaan motor 3 fasa kemudian bekerja dengan waktu yang singkat. Arus *starting* pada lonjakan maksimal sulit dikontrol sepenuhnya, ini terjadi karena arus awal saat pengoperasian yang maksimal sehingga mengakibatkan terjadinya tegangan lebih dan menurunnya tegangan pada sistem atau *drop voltage*, sehingga dapat mengganggu kinerja pada mesin atau beban [5]. Hal ini dilihat dari nilai arus yang bisa mencapai 5-7x dari arus nominal dan menyebabkan kerusakan pada arus yang lebih dari 5-7 x arus nominal [6]. Solusi yang perlu dilakukan

dengan melakukan penggulangan ulang kawat yang terbakar. Pada proses penggulangan, dilakukan pemodifikasian lilitan pada stator dimana ini dapat mengurangi nilai arus yang tinggi sehingga lonjakan pada arus *starting* menurun [1]. Solusi lain untuk mengurangi arus lonjakan dapat dilakukan dengan menerapkan metode *starting* jenis Star (Y) - Delta (Δ) sehingga nilai dapat berkurang nilai arus *starting* [7].

Dari penelitian terkait dengan arus *starting* dengan perlakuan pengujian arus *starting* star delta [8] menganalisa adanya penurunan arus *starting* pada saat motor melakukan start dengan mengurangi resiko kerusakan akibat arus yang tinggi serta lonjakan yang menyebabkan kerusakan pada 1 fasa. Kelebihan penelitian ini selain menguji motor induksi 3 fasa dengan menggunakan *starting star-delta*, pengujian dilakukan dengan mengganti komponen ukuran kawat dan jarak alur stator agar dapat menurunkan arus lebih besar dengan menentukan penurunan arus yang baik pada motor hasil pengujian [8]. Kekurangan pengujian ini perlu dilakukan beberapa kali pengujian dengan mengganti setiap komponen dengan 8x pengujian untuk menentukan penurunan arus terbesar pada motor 3 fasa. Pengujian Metode *starting* dengan Metode *star-delta* ini dapat memberikan arus lonjakan yang rendah dengan arus kerja nominal dan rugi tegangan yang masih dalam batas toleransi [9].

Penelitian [10] menguji pengaruh ukuran diameter kawat yang mana kawat dengan ukuran lebih kecil dari pengujian yang dilakukan menghasilkan arus lebih kecil dengan persentase nilai RPM dan daya yang kecil juga, namun mampu memberikan nilai penurunan arus yang kecil. Ukuran diameter juga berpengaruh terhadap arus *starting* dimana ukuran diameter yang kecil menghasilkan arus yang kecil dan daya yang kecil dan ukuran diameter yang besar menghasilkan arus yang besar pula [11]. Kelebihan dari penelitian ini mampu menjelaskan hasil pengujian dengan menguji daya dan nilai RPM secara jelas dan menjelaskan hasil perbandingannya. Kekurangannya hanya dilakukan pengujian pada ukuran yang memiliki diameter berbeda 1 mm yang memberikan dampak yang tidak terlalu signifikan tanpa mengubah komponen lain. Jadi ukuran kawat yang kecil dapat dimanfaatkan untuk menurunkan arus *starting* yang tinggi.

Pengujian [12] membahas pengaruh jarak antar alur stator yang mempengaruhi nilai putar rotor dimana penggunaan kawat membandingkan semakin jauh jarak antara kedua kutub maka nilai arus juga semakin kecil karena adanya pengaruh nilai magnet

yang dihasilkan setiap alur namun tidak berbanding jauh dengan jarak yang berdekatan. Pengaruh jarak alur pada motor 3 fasa terjadi pada kecepatan putar rotornya. Pada jarak alur ini yang mempengaruhi adanya lonjakan arus apabila kecepatan pada rotor tinggi maka arus yang dihasilkan juga semakin besar yang menyebabkan arus *starting* juga besar. Dimana jarak alur belitan yang diubah dengan meningkatkan jarak dapat mengurangi 34% karena pengaruh RPM yang dihasilkan [13]. Pada penelitian [14] yang dilakukan, kecepatan putar pada motor tidak terjadi perubahan yang signifikan sehingga pengaruh adanya perubahan terletak pada penggunaan jarak alur. Jadi jarak alur dapat mempengaruhi penurunan arus *starting* juga pada ukuran kawat terhadap jarak alur. Setiap jarak alur dapat menurunkan arus *starting* dengan adanya penggunaan ukuran kawat yang sesuai [15].

Adanya pengaruh dari pengujian baik pada pengujian jarak kedua alur dan ukuran kawat. Pengujian ukuran kawat dan jarak alur ditentukan dari standarisasi pada spesifikasi pada motor 3 fasa yang digunakan. Pada pengujian jarak alur, untuk menentukan jarak alur perlu dilakukan pengujian jarak alur terhadap ukuran kawat dimana jarak alur semakin banyak kutub yang dihasilkan maka memberikan daya yang kecil dan putaran rotor yang lemah karena jarak yang semakin jauh dapat memberikan daya dan torsi pada rotor yang besar [10]. Kemudian pada pengujian ukuran kawat, perbandingan ukuran kawat besar dan kecil mempengaruhi dimana semakin besar ukuran kawat maka dapat meningkatkan arus yang dihasilkan sehingga arus penyusutan juga mengalami sedikit pengurangan arus dan juga menghasilkan torsi yang besar namun daya dan putaran RPM pada motor semakin kecil, sehingga motor sulit beroperasi pada saat *starting* terjadi [1].

Pada hasil riset di dapat adanya pengaruh yang terjadi pada pengatur ukuran kawat dan jarak alur yang terjadi melalui beberapa pengujian dengan perbandingan hasil yang signifikan. Penelitian ini dilakukan karena masih terdapat kerusakan pada motor akibat lonjakan arus yang tinggi. Tujuan untuk diturunkannya arus *starting* yang tinggi ini agar arus yang dihasilkan pada saat *starting* tidak terlalu tinggi sehingga mencegah kerusakan pada motor saat arus *starting* juga untuk menguji pengujian dari arus *starting* yang tinggi dengan mengganti beberapa parameter yang ada pada motor 3 fasa. Perlu dilakukan pengujian untuk menemukan solusi dari pencegahan lonjakan arus *starting* yang tinggi dengan melakukan percobaan penggantian

ukuran kawat dan jarak alur. Karena ukuran kawat mempengaruhi arus yang dihasilkan sehingga dapat dilakukan penggunaan kawat ukuran 0,75 mm karena arus yang dihasilkan kecil yang kemungkinan dapat diaplikasikan untuk penurunan arus *starting* dengan menggunakan *starting star-delta* karena pengasutan *star-delta* ini adalah metode yang baik untuk meminimalisir terjadinya kedip tegangan hingga 29, 62% dari 80% *starting* yang terjadi [12], [16], [17]. Jadi tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu agar mencegah terjadinya kerusakan akibat lonjakan arus *starting* dengan menguji pada pengaruh diameter kawat dan jarak alur sehingga nilai arus *starting* yang dihasilkan tidak meningkat tinggi.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa variabel untuk menurunkan nilai arus *starting* yang tinggi guna mencegah kerusakan terus menerus pada motor induksi, dan juga penggantian variabel seperti ukuran kawat dan jarak alur ini sebagai solusi dalam mengatasi kerusakan motor akibat arus *starting* yang tinggi. Dari penelitian [8] mengkaji penggunaan Model *starting star-delta* untuk penurunan arus *starting*. Penelitian [10] membahas mengenai perbandingan ukuran diameter kawat yang kecil dan besar untuk membandingkan nilai arus yang dihasilkan dengan beberapa perubahan daya dan nilai RPM. Penelitian [12] ini mengkaji adanya pengaruh jarak alur pada stator dengan membandingkan pengaruh nilai RPM pada putaran rotor dan membandingkan nilai arus yang dihasilkan. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu menguji motor induksi 3 fasa dengan menggunakan beberapa komponen ukuran kawat yang berbeda dengan jarak alur yang berbeda pula sehingga menghasilkan nilai arus *starting* yang rendah.

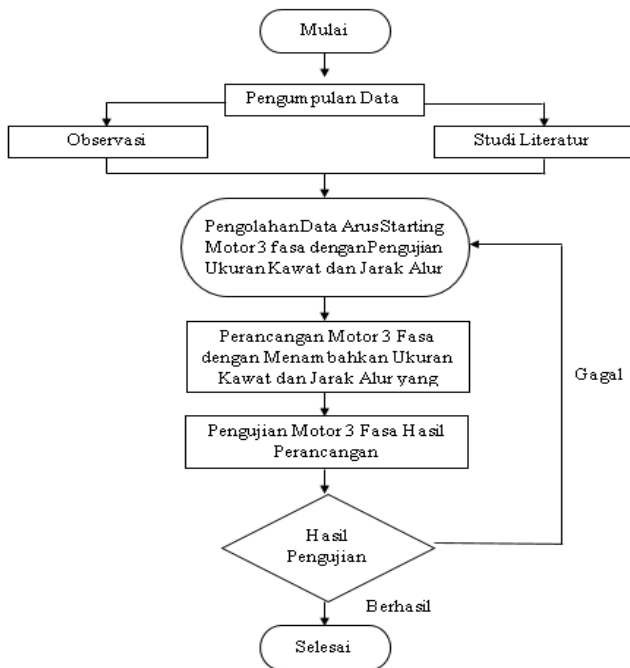
METODE

Penelitian ini dilakukan untuk membahas mengenai cara mengantisipasi lonjakan arus *starting* dan cara pencegahan arus *starting* yang tinggi dengan melakukan percobaan terhadap ukuran kawat dan jarak alur pada motor induksi 3 fasa dimana percobaan ini dilakukan dengan tahap *rewinding* pada motor 3 fasa yang rusak. Kemudian dilakukan penerapan Metode *starting star-delta* dengan pengujian motor 3 fasa hasil *rewinding* bertujuan untuk mengurangi arus *starting* pada motor induksi 3 fasa. Studi kasus di PT Perkebunan Nusantara VI Unit Usaha Kayu Aro adalah industrial di bidang produksi teh hitam yang dikelola oleh BUMN atau Badan Usaha Milik Negara. Beralamat di Bedeng Delapan, Kec. Kayu Aro, Kabupaten Kerinci, Jambi

37163. Berdasarkan dari letak geografisnya, PT Perkebunan Nusantara VI ini terletak di dataran tinggi yang cukup jauh dari pusat Kota [18].

Penelitian ini dilakukan di PT Perkebunan Nusantara VI ini karena peneliti merasa lokasi studi kasus menjadi tempat yang cocok dalam pengujian motor 3 fasa karena sebagian besar industri ini memanfaatkan motor 3 fasa sebagai sumber arus ke beban. Pengujian dengan memanfaatkan motor 3 fasa 10 HP ini karena pada umumnya digunakan motor 3 fasa 10 HP untuk dimanfaatkan penggerak beban dan juga banyaknya motor 3 fasa jenis 10 HP ini yang rusak sehingga peneliti dapat melakukan penelitian dengan memanfaatkan motor 3 fasa sebagai objek penelitian.

Pengumpulan Data Penelitian dan Data Parameter Proses



Gambar 1. Flowchart Pengujian Arus Starting Motor Induksi 3 Fasa

Gambar 1 menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan untuk menguji arus *starting* motor induksi 3 fasa dengan mengumpulkan data sekunder dan primer, kemudian dilakukan pengolahan data sebelum dilakukan pengujian, setelah pengujian dilakukan, hasil pengujian menentukan apakah berhasil dijalankan atau tidak. Jika motor induksi dapat bekerja maka dapat dilakukan perhitungan nilai arus, jika tidak menyala maka perlu dilakukan analisa ulang pada pengolahan data kemudian perancangan data. Pada pengujian kali ini menggunakan Metode Eksperimen dengan

menggunakan metode tindakan dimana dilakukan pengembangan keterampilan atau kajian secara langsung.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan jenis Metode Kuantitatif dimana peneliti melakukan eksperimen langsung terhadap objek penelitian dan survei pada lapangan sebelum melakukan eksperimen pada motor 3 fasa ini dengan wawancara. Data yang diperlukan peneliti dalam penelitian ini menggunakan data sekunder dan primer dimana peneliti memperoleh memperoleh dari dari sumber terkait dan hasil wawancara oleh kepala teknik di studi kasus. Beberapa data juga diperoleh dari studi kasus dan materi-materi yang diperoleh dari jurnal-jurnal terkait materi pada penelitian. Beberapa data yang diperoleh dari hasil observasi dan pengumpulan data disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Spesifikasi Motor 3 Fasa
Electric Power Motors ISO9001 ISC 34/72

Tipe	Y2 132M-4
Arus Listrik	14.9 A
Daya Listrik	7.5 KW
Frekuensi	50 Hz
Temperatur	40° C
Tegangan	380-410 V
Jenis Fasa	3 Fasa
Insulin Kelas	F

Tabel 1 merupakan data spesifikasi yang dapat diperoleh dari *nameplate* pada motor 3 fasa EPM ISO9001 ISC 34/72. Terdapat beberapa data tambahan pada motor induksi pada Tabel 2

Tabel 2. Data Tambahan Rewinding Motor 3 Fasa
Electric Power Motors ISO9001 ISC 34/72

Diameter Kawat	0.90 mm
Kekuatan Mesin	10 HP
Ketebalan Prespan	0.30 mm
Surat Kode	H

Tabel 2 menunjukkan data tambahan yang diperlukan untuk penelitian dalam menggulung ulang kawat motor 3 fasa yang rusak dan juga sebagai informasi tambahan. Dari hasil observasi dan wawancara, sebelum melakukan pengujian pada motor 3 fasa, terlebih dahulu mengetahui nilai arus *starting* sebelum dilakukan penggunaan pada industrial. Berikut data arus sebelum dilakukan *rewinding*.

Tabel 3. Data Arus Sebelum Rewinding Motor 3 Fasa

Jarak Alur	Beban 0		Berbeban	
	0.75 mm	0.90 mm	0.75 mm	0.90 mm
10, 10, 10	33 A	33 A	51,3 A	51,3 A

Jarak Alur	Beban 0		Berbeban	
9, 9, 8	33 A	33 A	51,3 A	51,3 A

Tabel 3 menyajikan data arus *starting* sebelum dilakukannya *rewinding*. Data ini dihitung atau diukur sebelum digunakan untuk kegiatan industrial. Hal ini dilakukan untuk membandingkan arus yang terjadi ketika motor 3 fasa yang digunakan mengalami kerusakan dan harus dilakukan perbaikan *rewinding* motor 3 fasa dan melihat perubahan arus *starting* yang terjadi. Adanya data yang diubah dari semula, agar dapat mengetahui perubahan yang terjadi pada pengujian ini jika kawat dan jarak diubah. Biasanya pada perubahan ukuran kawat akan berdampak pada kecepatan putar rotor dan perbandingan nilai arus yang terjadi [19].

Data Alat dan Bahan Yang Diperlukan dan Prosesnya

Alat dan Bahan

Penggulungan ulang (*Rewinding*) adalah proses penggantian *winding* stator motor induksi secara total maupun parsial. Menggulung adalah membuat dan memasang gulungan atau kumparan-kumparan kawat tembaga ke dalam alur atau melilitkan kawat tembaga pada *slot* dari suatu motor induksi [15], [20]. Gambar 2 merupakan penggunaan alat bahan dalam proses *rewinding*.



Gambar 2. Prespan, Pengemal Kawat, dan Timah Solder

Prespan berfungsi sebagai isolator pada stator, pengemal kawat untuk menggulung kawat untuk lilitan stator dan timah solder digunakan untuk menyolder sambungan kawat.



Gambar 3. Bambu, Palu Kayu, Gunting dan Pita Viter Band, Selongsong Isolator Kawat

Bambu berfungsi mempermudah lilitan masuk pada alur stator, palu kayu digunakan untuk merapikan Prespan saat menutupi lilitan, gunting digunakan untuk memotong prespan, pita *viter band* dan

selongsong isolator. Pita *viter band* digunakan untuk mengikat lilitan kawat agar tidak menyentuh rotor, dan selongsong isolator digunakan untuk isolator pada lilitan kawat sambungan di dalam stator.



Gambar 4. Kawat, Lem Serlak, dan Kapak Besi

Kawat digunakan untuk lilitan pada motor 3 fasa, lem serlak sebagai perekat pada lilitan dan kapak besi digunakan sebagai penekan lilitan lapisan prespan pada alur agar tidak bergesekan pada rotor.

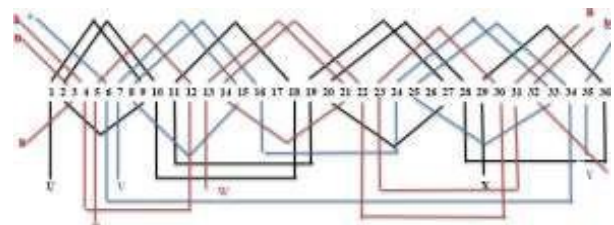


Gambar 5. MCCB, Kontaktor, dan Amperemeter

MCCB digunakan sebagai proteksi pada motor dan beban ketika bekerja, kontaktor sebagai memutus atau menyambungkan arus listrik, kontaktor sendiri berperan penting dalam mengatur rangkaian *starting star-delta*.

Menentukan Jarak Alur untuk Sambungan Stator Motor 3 Fasa

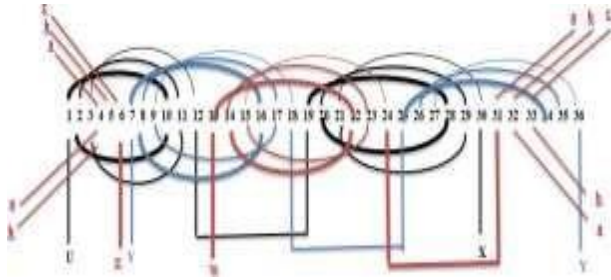
Untuk menentukan jarak setiap alur pada sambungan stator, peneliti melakukan modifikasi jarak alur pada stator untuk menguji hasil modifikasi dan tanpa modifikasi untuk melihat hasil perbandingannya.



Gambar 6. Bentuk Lilitan pada Stator 9, 9, 8, 7, 9

Gambar 6 merupakan rangkaian lilitan stator hasil modifikasi dengan jarak alur 9, 9, 8 dan jarak kutub 7 serta sambungan 9. Ini rancangan yang dilakukan percobaan pada motor dengan 2 jenis ukuran kawat dengan jarak lilitan pada stator pada pengujian yang sama. Sedangkan untuk modifikasi lainnya yaitu dengan jarak yang berbeda dan percobaan dengan

ukuran kawat yang berbeda juga digambarkan pada Gambar 7.

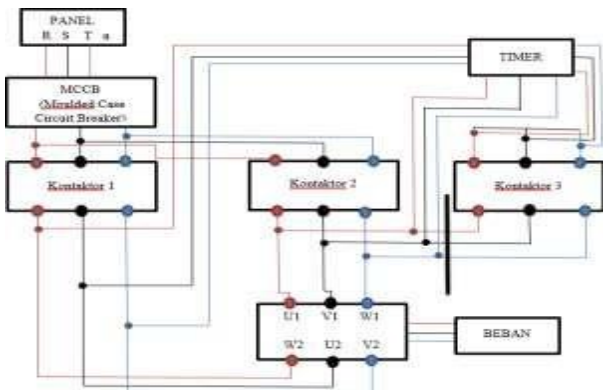


Gambar 7. Bentuk Lilitan Stator 10, 10, 10, 7, 8

Gambar 7 adalah bentuk lilitan pada stator dengan memodifikasi jarak kutub. Dari percobaan memodifikasi ini nantinya terlihat perbedaan dari hasil perbandingan antara jarak 9, 9, 8, 7, 9 dan 10, 10, 10, 7, 8 ini. Untuk jumlah lilitan dari setiap ukuran kawat dan jarak alur dihitung berdasarkan rumus sebagai pembuktian.

Metode Starting Star-delta

Rangkaian *Star – Delta*, Rangkaian ini berfungsi mengurangi jumlah arus *starting* pada motor saat awal lonjakan arus dimulai lalu perlahan akan mengubah *timer* menjadi arus yang penuh [20].



Gambar 8. Rangkaian *Star-Delta*

Perhitungan Jumlah Lilitan Pada Rewinding Motor 3 Fasa

Perhitungan menentukan jumlah lilitan pada motor 3 fasa melalui perhitungan manual dengan variasi yang berbeda pada ukuran diameter kawatnya. Untuk menentukan jumlah lilitan dan diameter kawat yang digunakan, dirumuskan.

Arus pada *nameplate*: 14.9 A
 Ketebalan Prespan: 0.30 mm
 Kawat yang digunakan: 0.90 mm dan 0.75 mm

Rumus Luas Alur

$$\frac{(B1+B2) \times H}{2} \tag{1}$$

B1 (Lebar bawah ukuran alur motor) = 7 mm
 B2 (Lebar atas ukuran alur motor) = 4.5 mm
 H (Tinggi alur motor 3 fasa) = 10 mm
 Perhitungan luas alur:

$$\frac{(7 + 4.5) \times 10}{2}$$

Luas Prespan: Tebal Prespan x Keliling Alur (2)

Luas Efektif Alur: Luas Alur – Luas Prespan (3)

Luas Penampang Kawat (Φ):

$$\Phi = \frac{I}{\text{Angka Pembagi}} \tag{4}$$

Jumlah Lilitan Listrik dalam 1 Slot:

$$\frac{\text{Luas Efektif Alur}}{\text{Luas Penampang Kawat}} \tag{5}$$

Kawat yang digunakan ($d1$) (0.90 mm):

$$d1 = \frac{\sqrt{4 \times \Phi}}{\pi} \tag{6}$$

Kawat tersedia ($d2$) (0.75mm):

Maka kawat pengganti:

$$\frac{d1}{d2} \times \text{Jumlah Lilitan Per Alur} \tag{7}$$

Kawat 0.75 = 0.75 mm x n (45 lilitan) = 40 mm

Kawat 0.90 = 0.90 mm x n (54 lilitan) = 40 mm

n dari kawat 0.90 mm adalah ukuran kawat standar dari motor 3 fasa, jadi untuk mendapatkan jumlah yang ideal pada ukuran 0.90 mm adalah hasil perkalian yang bernilai 40.5 mm atau mendekati adalah 45 lilitan.

Efektif alur = 0.75 mm x n

40.5 mm = 0.75 mm x 54 = 40.5 mm

40.5 mm / 0.75 mm = 54

Di dapat nilai lilitan pada setiap alur / slot yang akan dilakukan penggulangan ulang, hasil jumlah lilitan ini tergantung dari ruang yang tersedia, jika pada lilitan yang di dapat masih terdapat kelonggaran, maka dapat ditambahkan beberapa lilitan untuk memperkokoh kawat pada alur stator. Untuk ukuran diameter yang digunakan yaitu 0.75 mm untuk modifikasi dan 0.90 mm untuk ketetapan ukuran diameter pada *nameplate* [21]. Untuk menentukan rumus pada perhitungan arus *starting*, perlu

dilakukan perhitungan besarnya daya yang diperlukan yaitu [22].

$$S_{start} = S_{rated} \times \text{Letter Code Factor} \quad (8)$$

Dimana:

S_{start} : Konduktansi atau penerimaan listrik (kVA)

S_{rated} : Horse Power Nominal (HP)

Letter Code : Besarnya arus ketika motor diasut (kVA/HP)

Setelah rumus daya pada motor digunakan, beberapa tambahan penjelasan mengenai NEMA Design atau Code Letter Factor yang dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. NEMA Design atau Code Letter Factor pada Motor Induksi 3 Fasa

Kode Surat NEMA	kVA/HP
A	0 - 3.14
...	...
F	5.0 - 5.59
G	5.6 - 6.29
H	6.3 - 7.09
J	7.1 - 7.99
K	8.0 - 8.99
L	9.0 - 9.99
...	...
V	22.4 - lebih tinggi

Motor 3 fasa standar memiliki kode rotor terkunci atau kode Surat pada *nameplate*.

- < 1 HP : Kode Rotor Terkunci L
- 1,5 hingga 2 HP : Kode Rotor Terkunci K
- 3 HP : Kode Rotor Terkunci J
- 5 HP : Kode Rotor Terkunci H
- 7.5 hingga 10 HP : Kode Rotor Terkunci G
- > 15 HP : Kode Rotor Terkunci F

Karena pada *nameplate* tidak ditemukan kode surat rotor terkunci, maka pedoman pada HP di *nameplate* yaitu 10 HP dengan Kode Surat G: 5.6 -6.29 [22]. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai nominal arus *starting* motor 3 fasa yaitu.

$$I_{start} = \frac{S_{start}}{\sqrt{3}V_{nominal}} \quad (9)$$

I_{start} : Arus Starting (A)

S_{start} : Konduktansi atau penerimaan listrik (kVA)

$\sqrt{3}V_{nominal}$: 3 Fasa tegangan nominal (V) [23].

Proses Penggulungan Ulang Motor 3 Fasa 36



Gambar 9. Pembongkaran dan Pencatatan Nameplate Motor 3 Fasa

Beberapa tahapan proses dalam menggulung ulang motor yang rusak dilakukan dengan tahapan berikut, Tahap pembongkaran motor 3 fasa yang rusak merupakan tahapan awal dalam *rewinding* motor 3 fasa untuk menggantikan belitan yang terbakar pada motor dan membersihkan isolator pada motor tersebut dan juga pencatatan spesifikasi agar dapat membandingkan motor setelah dilakukan proses penggulungan ulang.



Gambar 10. Proses Pemasangan Prespan dan Penggulungan kawat

Pembuatan prespan digunakan untuk alur motor 3 fasa untuk tempat lilitan pada motor. Pembuatan prespan ini diukur pada *nameplate* dengan mengukur panjang dan kedalaman alur pada motor. Selanjutnya tahapan menggulung kawat baru.

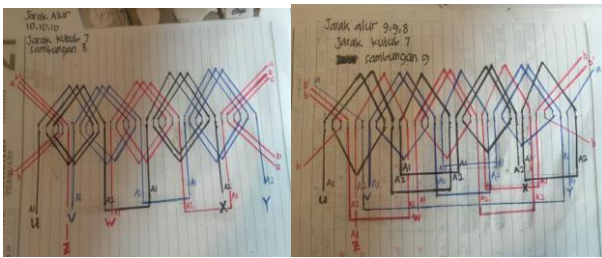
Pada penelitian ini mal yang dilakukan pada motor 3 fasa yaitu kawat 0.90 mm dan 0.75 mm. Modifikasi yang dimaksud yaitu pada motor 10 HP dengan *nameplate* penggunaan kawat 0.90 mm bisa digunakan kawat 0.75 mm dengan membandingkan ukuran alur dan jumlah lilitan pada *nameplate*.



Gambar 11. Penggulungan Ulang Kawat dan Pengikatan Lilitan Kawat

Pada proses ini dilakukan penggulangan kawat hasil mal pada motor dengan memasukkan kawat baru pada alur dengan bambu. Penggulangan ini menyesuaikan dengan penelitian jarak alur dimana jarak 10, 10, 10, dan 9, 9, 8 pada penentuan jarak alur sambungan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Selanjutnya tahapan mengikat kawat dengan menggunakan pita *viter band*, ini difungsikan untuk memperkuat lilitan agar saat dijalankan tidak longgar dan tetap kokoh. Tahapan ini dilakukan dengan melilitkan pita hingga lilitan kokoh.



Gambar 12. Penyambungan Titik Kutub Motor 3 Fasa

Tahapan ini dilakukan dengan menyambungkan kawat untuk mencari keluaran arus. Hal ini dilakukan dengan mengikuti penentuan jarak alur pada gambar 5 dan gambar 6. Pada tahap ini bertujuan untuk menentukan titik kutub dengan 3 sambungan 6 kutub yaitu U, V, W dan Z, X, Y.



Gambar 13. Penyolderan Kawat Sambungan dan Pemberian Lem

Tahap ini tahap yang dilakukan untuk menyatukan sambungan dengan menggunakan solder dan timah, selain itu sambungan lainnya ditutup dengan menggunakan selongsongan, pada bagian yang di solder, berikan sedikit asahan dengan *cutter* untuk mengikis bagian kawat yang ingin disolder. Selanjutnya adalah tahapan pemberian lem pada lilitan kawat. Lem ini difungsikan untuk memperkuat lilitan. Pada tahap ini perlu dilakukan secara hati-hati agar lem tidak menutupi bagian stator yang dapat menghambat putaran pada rotor ketika diuji coba.



Gambar 14. Pengujian Hasil PenggulanganUlang Kawat Motor 3 Fasa

Setelah pemberian lem, tahap selanjutnya yaitu memasang pada bagian motor dan memasukkan rotor ke badan stator. Setelah semua terpasang, dilakukan pengujian dengan mencoba sambungan pada motor di terminal *box* ke sambungan panel untuk diujikan apakah hasil *rewinding* dapat bekerja dengan baik atau tidak dan pengukuran arus dengan *amperemeter*.

Teknik Pengumpulan Data Pengumpulan Data Awal Riset

Teknik pengumpulan data riset yang dilakukan peneliti dengan melakukan observasi ke studi kasus mengenai motor 3 fasa dan permasalahannya seperti data spesifikasi motor 3 fasa dan melihat langsung bentuk kerusakan pada motor induksi 3 fasa tersebut. Selanjutnya dilakukan wawancara kepada pembimbing lapangan atau penanggung jawab mengenai data informasi yang diperlukan untuk *rewinding* sehingga data yang diperlukan diperoleh dengan lengkap, data yang diperlukan pada wawancara ini berupa data cara *rewinding* motor 3 fasa, data memperoleh jumlah lilitan pada ukuran kawat yang berbeda dengan rumus, data alat dan bahan yang diperlukan dalam *rewinding*, data jarak alur dan ukuran kawat terhadap jumlah lilitan dan prosesnya. Selanjutnya data riset yang dibutuhkan juga diperoleh dari beberapa sumber jurnal mengenai penjelasan dan standarisasi-standarisasi pada data riset yang diperoleh secara observasi dan wawancara. Data yang diperlukan pada sumber jurnal berupa standar persentase penurunan arus *starting*.

Pengumpulan Data Hasil Penelitian

Pengumpulan data hasil penelitian dilakukan dengan memperoleh data primer dimana peneliti melakukan eksperimen terhadap motor 3 fasa sehingga motor dapat diujikan pada beban atau tanpa beban. Pengujian dilakukan dengan menguji variabel variabel yang terkait dengan arus *starting*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan Metode *starting star-delta*. Pengumpulan data hasil penelitian melalui tahap.

Pertama, pengujian dengan menguji jarak alur terhadap arus *starting* dilakukan dengan tanpa beban pada kedua variabel jarak alur. Pengujian tanpa beban dilakukan saat sebelum di *rewinding* atau diujikan dengan motor induksi yang sama dengan menggunakan jarak alur 9, 9, 8 dan 10, 10, 10 pada ukuran kawat 0.90 mm. Lalu hasil pengukuran dicatat sebagai data. Pengujian *rewinding* pada motor yang rusak dengan menggunakan kawat 0.75 mm pada jarak 9, 9, 8 dan 10, 10, 10. Apabila jarak alur semakin jauh maka perputaran rotornya juga semakin besar namun perputaran itu untuk membantu beban pada inersia bekerja sehingga tidak mempengaruhi arus [24]. Hasil pengujian dicatat untuk hasil data analisa hasil penelitian.

Kedua, kemudian setelah mendapatkan jarak alur yang direkomendasi melalui perhitungan arus dan perbandingan. Pembuktian dari kedua jenis kawat pada jarak yang direkomendasikan, dilakukan dengan menguji jarak alur 10, 10, 10 pada kawat 0.75 mm dan 0.90 mm pada uji beban 0 menggunakan tang *ampere*. Pada pengujian ukuran kawat 0,90 mm tanpa beban dilakukan bersamaan dengan diberikan beban pada motor induksi 3 fasa lain dengan penggunaan ukuran kawat 0.90 mm pada jarak alur 10, 10, 10. Hasil pengujian dicatat sesuai pada hasil tang *ampere* dengan menghitung nilai arus normal dan arus puncak untuk melihat pengaruh dari variabel yang diujikan.

Ketiga, pengujian dengan beban dilakukan dengan kawat 0.75 mm dan 0.90 mm pada jarak alur 10, 10, 10. Pengujian dengan beban diujikan dengan menambah beban sama pada pengujian berbeban sebelumnya pada kipas *drying* daun teh dengan menggunakan tang *ampere*. Pengujian diukur pada panel dengan tang *ampere* dan hasil pengujian dicatat untuk data hasil analisa pengujian. Di dapat bahwa ukuran diameter mempengaruhi arus *starting* yang tinggi dikarenakan semakin besar ukuran kawat maka harus yang dihasilkan semakin besar namun daya yang dihasilkan kecil, sedangkan ukuran kawat yang kecil dapat memberikan arus *starting* yang kecil namun daya yang dihasilkan besar, namun panas saat *starting* juga tinggi [10].

Hasil Data

Hasil data ini diperoleh dari keseluruhan proses pengujian data arus *starting* terhadap jarak alur pada kondisi tanpa beban, data pengujian arus *starting* terhadap ukuran kawat yang digunakan pada kondisi berbeban dan tanpa beban. Hasil data ini diuji melalui metode *starting star-delta*. Dapat dilihat bahwa pada pengujian hasil data pada jarak alur

terhadap arus *starting* dengan pengujian tanpa beban dimana pada kawat 0.75 mm jarak 9, 9, 8 menghasilkan arus *starting* pada 29.3 A atau nilai mengalami penyusutan dan jarak 10, 10, 10 menghasilkan arus 31 A dan mengalami penyusutan.

Setelah hasil pengukuran jarak alur di dapat bahwa jarak 10, 10, 10 merupakan jarak yang direkomendasikan karena memberikan daya yang besar dalam *starting* awal motor 3 fasa. Dari hasil ini di dapat bahwa nilai standarisasi spesifikasi motor yaitu 33 A dan dimana standar arus yang dihasilkan dari motor 3 fasa tanpa beban bernilai dibawah nilai standar, maka hasil diatas menandakan adanya penurunan arus yang dihasilkan dari pengujian jarak alur pada nilai *starting*. Untuk data jarak alur yang digunakan, perlu adanya pembuktian dari hasil penyusutan arus pada pengaruh jarak alur dengan menguji kedua kawat dengan variabel jarak alur yaitu 10, 10, 10, dan 9, 9, 8 pada pengujian tanpa beban. Setelah hasil data jarak alur di dapat bahwa pengujian ini dilakukan untuk memperoleh nilai jarak alur yang direkomendasikan. Kemudian dilakukan pengujian ukuran kawat untuk kumparan pada stator dengan pengujian berbeban dan tanpa beban dengan menggunakan jarak 10, 10, 10 dan 9, 9, 8 untuk menentukan jarak alur yang direkomendasikan terhadap pengaruh penyusutan arus.

Pada pengujian beban 0 atau tanpa beban di dapat penyusutan arus pada ukuran kawat 0.75 mm dan 0.90 mm. Hal ini menandakan adanya penurunan arus baik dari nilai *starting* atau nilai arus yang dihasilkan pada motor hasil pengujian pada ukuran kawat. Pada dasarnya pengaruh adanya jarak alur dan ukuran kawat dapat mempengaruhi penyusutan arus dimana untuk jarak alur semakin jauh jarak yang pada pengujian jarak alur maka nilai arus semakin besar. Hal ini berdampak pada peningkatan nilai arus *starting* namun jika diujikan pada ukuran kawat 0.75 mm dan 0.90 mm di dapat bahwa arus yang dipengaruhi oleh jarak alur dapat mempengaruhi daya pada stator sehingga penyusutan arus dapat terjadi karena ukuran kawat 0.75 mm dapat menyusutkan arus *starting* dengan jarak 10, 10, 10 karena ukuran kawat yang kecil mampu menurunkan arus tetapi tidak memiliki daya pada saat *starting* sedangkan jarak alur 10, 10, 10 dapat mempengaruhi daya pada saat *starting* motor diujikan [6].

Analisis Data

Hasil pengujian yang dilakukan dipengaruhi oleh variabel uji yang diujikan. Hasil pengujian data yang

dilakukan, di dapat bahwa pada pengujian jarak alur dengan variabel jarak 9, 9, 9, 7, 9 dan jarak 10, 10, 10, 7, 8 mempengaruhi nilai arus *starting*, hasil pengujian di dapat adanya perbedaan nilai arus dimana perbedaan ini dipengaruhi oleh jarak pada tiap alur dan sambungan antar kutub pada proses penggulangan. Nilai arus yang tinggi dapat memberikan nilai arus *starting* yang tinggi dimana jarak 10, 10, 10 mampu memberikan arus *starting* yang tinggi namun tetap dapat menurunkan nilai arus *starting*. Jarak 10, 10, 10, pada jarak alur memberikan daya pada perputaran rotor yang tinggi tanpa memberikan pengaruh arus yang tinggi juga, sehingga disarankan pada pengujian jarak alur menggunakan jarak 10, 10,10 selain memberikan daya pada *starting* motor juga mempengaruhi pada pengujian ukuran kawat. Pada pengujian ukuran kawat diujikan kawat 0,75 mm dan 0,90 mm dimana pengujian ukuran kawat 0,75 mm dengan jarak alur rekomendasi 10, 10, 10, 7, 8 memberikan penyusutan arus besar dibandingkan jarak 0.90 mm dimana jarak 0.75 mm mampu memberikan penurunan arus yang besar karena menghasilkan arus yang kecil sehingga penyusutan yang terjadi pada kawat ukuran 0.75 mm lebih besar persentasenya jika dibandingkan dengan ukuran kawat 0.90 mm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan ini, data hasil percobaan perbaikan motor 3 fasa dengan dilakukannya penggulangan ulang dengan mengganti beberapa variabel seperti jenis kawat dan jarak alur pada motor untuk memberikan solusi dalam kenaikan arus *starting* yang tinggi. Berikut hasil yang diperoleh.

Pengujian Jarak Alur Terhadap Arus *Starting* Beban 0

Tabel 5. Hasil Pengukuran Jarak Alur Terhadap Arus *Starting* Tanpa Beban

Jarak Alur	Arus <i>Starting</i>
9, 9, 8, 7, 9 (4 Kutub)	29.3 A
10, 10, 10, 7, 8 (2 Kutub)	31 A

Hasil pengukuran jarak alur dilakukan untuk menentukan hasil dari jarak alur yang diperlukan dalam pengujian menghitung arus pada ukuran perbedaan ukuran kawat. Pengujian dilakukan pada motor 3 fasa dengan standar kawat 0.90 mm sesuai pada Tabel 1. Di dapat hasil arus pada jarak 9, 9, 8, 7, 9 dengan jumlah 4 kutub dan jarak 10, 10, 10, 7,

8. Jarak 9, 9, 8 dengan sambungan 7 dan sambungan antar kutub 9 di dapat hasil arus 29.3 A dari pengujian motor 3 fasa dengan kawat 0.90 mm dan jarak 10, 10, 10, sambungan 7 dan jarak antar kutub 8 dengan perlakuan uji yang sama yaitu 31 A. Dari hasil uji di atas di dapat dengan membandingkan hasil arus bahwa nilai arus yang dihasilkan pada jarak 10, 10, 10 lebih besar karena pengaruh adanya daya yang besar dihasilkan yang dipengaruhi oleh jarak antar alur tersebut. Namun hal ini dapat membantu pada putaran motor untuk meningkatkan nilai RPM dari arus yang dihasilkan namun dapat diredamkan pada pengujian penambahan ukuran kawat dari beberapa variabel pada jarak pada putaran rotor dan daya [24], [25].

Pada penelitian [24] dilakukan analisa pengaruh jarak belitan kawat pada alur adanya penurunan nilai arus pada jumlah kutub yang besar dengan pemanfaatan jarak alur. Hal ini dipengaruhi oleh adanya jenis *starting* yang digunakan serta jumlah lilitan pada setiap jarak belitan yang terjadi. Maka perbandingan hasil penelitian dengan penelitian sebelumnya di dapat bahwa jumlah kutub jarak yang semakin jauh mampu memberikan penurunan arus *starting* yang tinggi namun daya dan RPM pada motor induksi akan mengalami penurunan juga.

Pengujian Ukuran Kawat Terhadap Arus *Starting* Saat Beban 0

Tabel 6. Hasil Pengukuran Ukuran Kawat dan Jarak Alur Terhadap Arus *Starting* Pengujian Beban 0

Jarak Alur	Ukuran Kawat	Arus <i>Starting</i>
10, 10, 10, 7, 8	0.75 mm	26.1 A
	0.90 mm	30.7 A
9, 9, 9, 7, 9	0.75 mm	27.4 A
	0.90 mm	28.1 A

Pengujian ukuran kawat dilakukan dengan mengukur ukuran kawat untuk menentukan jarak kawat yang direkomendasikan dengan menguji hasil kedua jarak alur dengan perubahan nilai penyusutan arus yang signifikan pada ukuran kawat. Pengujian ini diujikan pada kedua variabel dengan nilai *starting* hasil perhitungan standar pada motor sebelum dilakukan pengujian *rewinding* motor 3 fasa pada Tabel 1 dengan beban 0 sebesar 33 A Pada pengujian ini, dilakukan pengukuran jarak alur 10, 10, 10, 7, 8 dan 9, 9, 8, 7, 9 dengan ukuran kawat 0.75 mm dan 0.90 mm pada setiap pengujian diujikan. Pada pengujian jarak 10, 10, 10, 7, 8 di dapat kawat 0.75 mm menghasilkan arus 26.1 A dan ukuran 0.90 mm sebesar 30.7 A, sedangkan pada pengujian jarak alur 9, 9, 8, 7, 9 dengan masing-

masing pengujian ukuran kawat 0.75 mm sebesar 27.4 A dan 0.90 mm sebesar 28.1 A. Hasil pengujian diujikan dengan kedua jarak alur agar dapat menentukan hasil uji yang direkomendasikan.

Dari hasil perhitungan pengujian di dapat penyusutan arus terjadi karena adanya pengaruh ukuran kawat yang menghasilkan arus lebih kecil dibandingkan dengan ukuran kawat yang lebih besar. Kawat yang ukuran besar menghasilkan daya yang besar sehingga arus yang dihasilkan besar namun menghasilkan putaran awal pada motor yang lambat. Oleh karena itu, pada pengujian ini menguji pada beban 0 untuk menentukan arus yang dapat digunakan dengan ukuran kawat dan jarak alur dari hasil pengujian beban 0 yaitu dengan ukuran kawat yang kecil. [10], [24], [26].

Pengujian Jarak Alur Terhadap Arus Starting Saat Berbeban

Tabel 7. Hasil Pengukuran Ukuran Kawat dan Jarak Alur Terhadap Arus Starting Pengujian Berbeban

Jarak	an Kawat	Arus Starting
10, 10, 10, 7, 8	0.75 mm	43.5 A
	0.90 mm	51.3 A
9, 9, 8 7, 8	0.75 mm	43.9 A
	0.90 mm	49.3 A

Hasil pengukuran di dapat adanya peningkatan arus pada motor saat diberi beban *drying* kipas daun teh menggunakan tang *ampere*. Pengujian berbeban ini juga mengikuti standar pada spesifikasi arus *starting* dengan beban bernilai 53.1 A. Pengujian ini membandingkan nilai pada penyusutan arus sesuai pada Tabel 1. Hasil uji pada motor induksi 3 fasa dimana pada jarak alur 10, 10, 10 kawat 0.75 mm adalah 43.5 A dan kawat 0.90 mm adalah 51.3 A. Hasil uji pada jarak alur 9, 9, 8 pada kawat 0.75 mm sebesar 43.9 A dan 0.90 mm sebesar 49.3 A.

Jarak alur 10, 10, 10 dengan kawat ukuran 0.75 mm mampu memberikan pengaruh daya yang besar

karena adanya pengaruh jarak yang semakin jauh jarak kutub maka RPM motor induksi 3 fasa yang dihasilkan kecil namun memberikan daya pada beban saat *starting* yang tinggi [6], [24]. Penyusutan oleh kawat kecil lebih besar karena kawat dengan ukuran 0.75 mm atau ukuran kecil hanya memberikan arus kecil dalam jumlah lilitan yang banyak, serta daya putar pada motor yang tinggi, sehingga arus yang dihasilkan pada *starting* akan mengalami penurunan nilai *starting* dari pengaruh ukuran kawat selain dari hasil *rewinding* yang dilakukan [10], [12], [26].

Pada pengujian [10] menjelaskan bahwa ukuran kawat yang besar justru menambah daya dan nilai rotor menjadi rendah dengan nilai arus yang tinggi dengan itu hasil penelitian yang dilakukan di dapat kawat dengan ukuran kecil memberikan penyusutan arus yang kecil dikarenakan kawat kecil menghasilkan arus yang kecil namun daya dan putaran rotor yang dihasilkan semakin besar. Maka hasil penelitian di dapatkan pengaruh ukuran kawat terhadap nilai arus *starting* berbanding sama dengan pengujian yang dilakukan pada penelitian sebelumnya namun pengujian sebelumnya hanya memperhatikan pengaruh pada ukuran kawat tanpa menguji pengaruh dari Metode *starting* dan jarak antar alur per kutubnya. Hasil uji nilai arus *starting* sebelum dan sesudah *rewinding* disajikan pada Tabel 8.

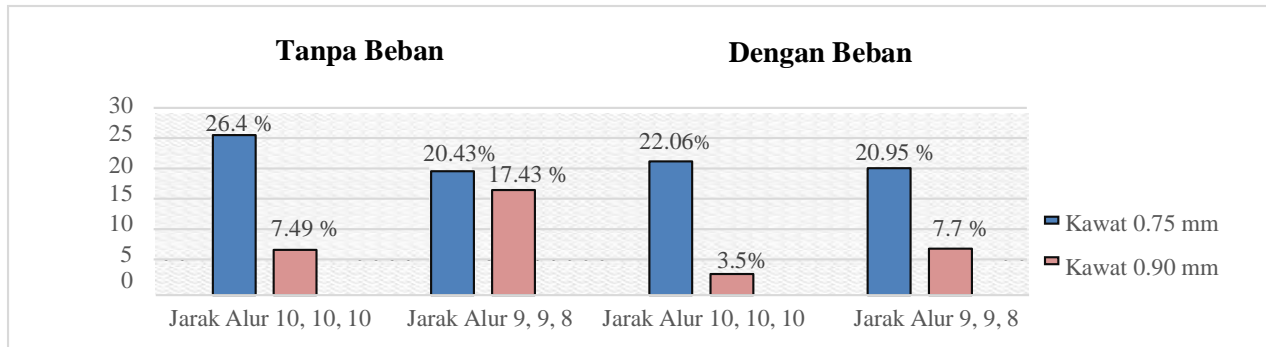
Tabel 8 menyajikan data arus *starting* pada hasil pengujian penggulangan ulang motor 3 fasa sebelum dan sesudah di *rewinding*. Data arus sebelum di *rewinding* dihitung pada saat motor induksi dalam keadaan baru digunakan untuk keperluan industrial. Pengukuran arus *starting* dihitung dengan menggunakan tang *ampere* dan dicatat pada diktat catatan kerja pekerja kelistrikan di PT Perkebunan Nusantara VI. Pada umumnya, motor dengan kekuatan mesin yang sama menghasilkan arus *starting before* yang berbeda sedikit sehingga dikategorikan pada arus yang sama untuk mesin yang sama.

Tabel 8. Data Arus Starting Motor 3 Fasa Sebelum dan Sesudah *Rewinding* Berbeban dan Tanpa Bebas

Jarak Alur	Tanpa Beban				Dengan Beban			
	<i>Before</i>		<i>After</i>		<i>Before</i>		<i>After</i>	
	0.75 mm	0.90 mm	0.75 mm	0.90 mm	0.75 mm	0.90 mm	0.75 mm	0.90 mm
10, 10, 10, 7, 8	33 A	33 A	26.1 A	30.7 A	53.1 A	53.1 A	43.5 A	51.3 A
9, 9, 8, 7, 9	33 A	33 A	27.4 A	28.1 A	53.1 A	53.1 A	43.9 A	49.3 A

Tabel 9. Data Selisih Nilai Arus *Starting* dan Persentasenya Pada Pengujian Tanpa Beban dan dengan Beban

Jarak Alur	Nilai Selisih Arus <i>Starting Before</i> dan <i>After</i>			
	Tanpa Beban		Dengan Beban	
	0.75 mm	0.90 mm	0.75 mm	0.90 mm
10, 10, 10, 7, 8	6.9 A	2.3 A	9.6 A	1.8 A
9, 9, 8, 7, 9	5.6 A	4.9 A	9.2 A	3.8 A



Gambar 14. Grafik Penurunan Arus *Starting* dalam Persentase Arus *Before* dan *After* Pengujian Tanpa Beban dan Berbeban

Tabel 9 menjelaskan nilai selisih arus *starting* sebelum dan sesudah untuk mendapatkan selisih penurunan arus agar dapat menghasilkan nilai persentase yang diperoleh dari perhitungan sederhana. Hal ini guna untuk melihat seberapa besar pengaruh penurunan arus yang terjadi. Hasil pengujian motor 3 fasa hasil *rewinding* untuk nilai arus *starting* dengan menyajikan nilai persentase penurunan arus *starting before* dan *after* berbeban dan tanpa beban, disajikan pada gambar 14.

Gambar 14 merupakan grafik perbandingan penurunan arus *starting* sebelum dan sesudah di *rewinding* dimana dari hasil perhitungan arus yang di dapat dengan pengujian berbeban dan tanpa beban pada jarak alur dan ukuran kawat yang berbeda menjelaskan bahwa adanya nilai persentase penyusutan yang berbeda pada setiap pengujian dimana pada pengujian berbeban dan tanpa beban pada grafik di dapat bahwa kawat 0.75 mm dengan jarak alur 10, 10, 10, 7, 8 ini merupakan penyusutan arus terbesar dengan nilai persentase perbandingan susut arus *starting* sebesar 26.4 % yang terjadi baik pada pengujian tanpa beban. Hal ini digambarkan pada penggunaannya dimana kawat 0.75 mm jika dibandingkan dengan kawat 0.90 mm hanya menghasilkan daya yang kecil dengan nilai arus yang kecil dengan putaran awal pada motor yang sedikit lambat namun mampu memutar mesin dari keadaan mati dengan adanya pengaruh pada jenis *starting* star-delta dan pengaruh pada jarak alur dimana semakin jauh jarak pada setiap alur stator (kutub) maka RPM pada motor itu sendiri cenderung lebih meningkat karena pengaruh alur yang

menyebabkan daya meningkat saat *starting* itu terjadi [25], [26].

Dilakukan pengujian dengan menguji tanpa beban untuk mendapatkan nilai arus *starting* saat beban dalam keadaan 0 dan di dapat kawat 0.75 mm dengan jarak 10, 10, 10, 7, 8 memberikan nilai penyusutan arus *starting* yang tinggi dari nilai arus awal sebelum *rewinding*. Untuk menyatakan hasil pengujian tanpa beban ini konkrit diujikan pada mesin dengan tambahan beban dimana nilai penyusutan arus juga di dapat pada ukuran kawat 0.75 mm dengan jarak 10, 10, 10, 7, 8 dengan nilai persentase penurunan arus *starting before* dan *after* sebesar 22.06%. Adanya pengaruh jarak alur yang menyebabkan RPM pada motor meningkat dan daya serta arus *starting* yang dihasilkan tetap kecil pada pengaruh adanya ukuran kawat yang kecil. Hanya saja panas yang dihasilkan pada motor 3 fasa cenderung lebih cepat namun memiliki batas Insulin Kelas yang normal saat bekerja. Pengaruh penurunan arus ini dapat terjadi pada ukuran kawat yang digunakan serta pengaruh adanya *rewinding* yang dilakukan [10], [12], [26].

Dari hasil penelitian [10], [24] dianalisis bahwa adanya pengaruh penurunan arus diakibatkan oleh adanya ukuran kawat dan jarak alur yang memberikan nilai arus *starting* menjadi rendah. Hal ini dilakukan agar tidak terjadinya lonjakan yang cukup besar pada motor 3 fasa serta melindungi kerusakan pada motor 3 fasa dari lonjakan arus yang tinggi. Dari penelitian [10], [24] memiliki perbedaan pada saat pengujian yang mana pengujian tidak dilakukan dengan *starting* star delta dan pengujian

dilakukan tanpa menguji perbandingan jarak alur dan diameter kawat.

KESIMPULAN

Dari hasil kesimpulan penelitian ini, di dapatkan bahwa adanya pengaruh pengujian dengan mengubah ukuran kawat dan jarak alur yang dilakukan pada motor 3 fasa. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui dan menguji pengaruh dari pemodifikasian ukuran kawat dan jarak alur pada stator motor listrik induksi 3 fasa. Di dapat bahwa jarak 10, 10, 10, 7, 8 adalah jarak alur yang direkomendasikan untuk penurunan arus karena memberikan pengaruh pada nilai arus dengan penambahan ukuran kawat yaitu 0.75 mm. Pengujian jarak alur di dapat jarak 10, 10, 10 adalah jarak yang direkomendasi sedangkan ukuran kawat 0.75 pada pengujian berbeban dan tanpa beban dengan jarak 10, 10, 10 di dapat pengujian tanpa beban sebesar 26.1 A atau 26.4%, dan berbeban di dapat sebesar 43.5 A atau 9.6 %

Hal itu dikarenakan adanya pengaruh pada jarak alur dengan jumlah kutub yang kecil mampu memberikan nilai arus yang rendah dengan ukuran kawat yang kecil memberikan pengaruh nilai RPM dan daya yang besar namun nilai arus yang kecil serta pengaruh dari *rewinding* itu sendiri dan jenis *starting* yang digunakan untuk membantu menjalankan mesin saat mesin dalam keadaan mati. Meskipun setiap penggunaannya masih terdapat beberapa kekurangan dan kelebihan masing-masing.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih kepada Allah Subhanahu Wata'ala. Kepada Orang Tua, Dosen Pembimbing maupun Dosen Penguji dan Staff Dosen di Teknik Elektro UIN Suska Riau dan kepada teman teman serta kerabat yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan juga semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini sehingga peneliti dapat menyusun laporan ini dengan sebaik-baiknya.

REFERENSI

[1] M. Naim, "Pengaruh Modifikasi Belitan Stator Motor Induksi Satu Fasa *Starting* Kapasitor Pada Mesin Bor Meja Terhadap Arus Dan Daya Listrik Serta Putaran Motor," *Vertex Elektro*, Vol. 12, No. 02, 2020, [Online]. Available:

[https://Journal.](https://Journal.Unismuh.ac.id/Index.Php/Vertex/Article/View/4228)

[Unismuh.ac.id/Index.Php/Vertex/Article/View/4228.](https://Journal.Unismuh.ac.id/Index.Php/Vertex/Article/View/4228)

- [2] I. Ridzki, A. H. Santoso, And A. Hermawan, "Analisis Perbandingan Tipe Belitan Terhadap Nilai Parameter Motor Induksi Satu Fasa," *J. Eltek*, Vol. 20, No. 1, Pp. 33–41, 2022, [Online]. Available: [https://www.Researchgate.Net/Publication/365503511_Analisis_Perbandingan_Tipe_Belitan_Terhadap_Nilai_Parameter_Motor_Induksi_Satu_Fasa.](https://www.Researchgate.Net/Publication/365503511_Analisis_Perbandingan_Tipe_Belitan_Terhadap_Nilai_Parameter_Motor_Induksi_Satu_Fasa)
- [3] L. Pradigta, I. Sudiharto, And Sunarno, "Sistem Pengaman Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Gangguan Unbalance Voltage Dan Overload," Surabaya, Indonesia, 2011. [Online]. Available: [http://Repo.Pens.ac.id/Id/Eprint/523.](http://Repo.Pens.ac.id/Id/Eprint/523)
- [4] R. Alpha Kusuma And R. Setiawan, "Analisa Penyebab Terbakarnya Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Menggunakan Simulasi Matlab," *Jurnal. Kajian Tenik. Elektro*, Vol. 7, No. 2, Pp. 55–63, 2022, Doi: 10.52447/Jkte.V7i2.6448.
- [5] A. F. Hidayat, "Apa Itu Arus *Starting* Dan Apa Faktor Terjadi Lonjakan Arus?," *Edukasikini.com*, 2021. <https://www.Edukasikini.com/2021/10/Apa-Itu-Arus-Starting-Dan-Apa-Faktor.html> (Accessed Jun. 26, 2023).
- [6] H. Istiqlaliyah, "Analisis Pengaruh Penggunaan Sistem Star Delta Dengan Rangkaian Manual dan PLC Pada Motor Listrik 3 Fasa," *Al Jazari J. Mech. Eng.*, Vol. 02, No. 02, Pp. 16–21, 2017, [Online]. Available: [https://Journal.Umtas.ac.id/Index.Php/Aljazari/Article/View/151.](https://Journal.Umtas.ac.id/Index.Php/Aljazari/Article/View/151)
- [7] Barus Reka Wirasta, "Analisa Efisiensi Daya Motor Induksi 3 Fasa." Accessed: Jun. 12, 2023. [Online]. Available: [Http://Repository.Umsu.Ac.Id/Bitstream/Handle/123456789/19921/SkripsiRekaWirastaBarus%281907220142p%29.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y.](Http://Repository.Umsu.Ac.Id/Bitstream/Handle/123456789/19921/SkripsiRekaWirastaBarus%281907220142p%29.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y)
- [8] Lucki Septrisman Tohir, "Analisa Perbandingan Arus *Starting* Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Aplikasi Etap di PT.Pertamina (Persero) Refinery Unit III Plaju-Sungai Gerong," Universitas Sriwijaya, 2019. [Online]. Available: [Http://Repository.Unsri.Ac.Id/2598/.](Http://Repository.Unsri.Ac.Id/2598/)
- [9] N. Cahyo Edy Wibowo, W. Handajadi, And J. Teknik Elektro, "Analisa *Starting* Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Program di PT Madubaru Yogyakarta," 2014.

- [10] Y. Agussationo, Sepdian, And P. A. Armi, "Variasi Diameter Lilitan Kawat Motor Induksi," *Jurnal. Elektronik. Listrik. Dan Teknologi Informasi Terapan*, Vol. 2, No. 2, Pp. 39–45, 2020, [Online]. Available: <https://Ojs.Politeknikjambi.ac.id/Index.Php/Elti/Article/View/185>.
- [11] R. Kumalasari, "Pengaruh Diameter Kumparan Armature Terhadap Torsi Dan Daya Motor Listrik Skripsi," Universitas Negeri Malang, 2019. Accessed: Jun. 26, 2023. [Online]. Available: http://Lib.Unnes.ac.id/36278/1/5202413026_Optimized.Pdf.
- [12] L. Prayudi, "Pengaruh Diameter Kawat Dan Jumlah Lilitan Spull Alternator Terhadap Arus Dan Tegangan Yang Dihasilkan," Universitas Muhammadiyah Ponorogo, 2017. doi: <http://Eprints.Umpo.ac.id/3244/>.
- [13] Suparlan. M, "Pengaruh Penggulungan Ulang (*Rewinding*) Stator Terhadap Motor Induksi," *J. Rekayasa Sriwij.*, Vol. 20, No. 03, Pp. 39–14, 2011, Doi: <http://Repository.Unsri.Ac.Id/25371/>.
- [14] S. S. Setiono And S. H. A, *Metode Starting/Pengasutan Motor Induksi*. Ebboks, Surakarta, 2015.
- [15] M. Mirza Riyanto And Safaruddin, "Perencanaan Lilitan Motor Induksi 3 Fasa," *J. Int. Multidiscip. Res. Jimr*, Vol. 01, No. 02, 2022, [Online]. Available: <https://Azramedia-Indonesia.Azramediaindonesia.Com/Index.Php/Jimr/Article/View/440>.
- [16] J. Karla And Syahrial, "Analisis Arus *Starting* Motor Induksi 3 Fasa Berkapasitas 3,7 Kw," In *Prosiding Diseminasi FTI Ganjil*, Bandung: Prosiding FTI, 2021, P. 10. [Online]. Available: <https://Eproceeding.ITENAS.ac.id/Index.Php/Fti/Article/View/942>.
- [17] J. Siburian, ¹) Jumari, A. Simangunsong, U. Darma, and A. Medan, "Studi Sistem Star Motor Induksi 3 Phasa Dengan Metode Star Delta Pada PT.Toba Pulp Lestari Tbk," *Teknologi Energi Uda J. Tek. Elektro*, Vol. 09, No. 02, Pp. 1–7, 2020, [Online]. Available: <https://Jurnal.Darmaagung.ac.id/Index.Php/Teknologienergi/Article/View/964>.
- [18] A. Fitrisiansiah And Heriyani, "Pengaruh Software Sap Dalam Meningkatkan Kinerja Karyawan Bagian Keuangan Dan Akuntansi Pada PT. Perkebunan Nusantara Vi," *Journal. Applied. Account. Business JAAB*, Vol. 3, No. 2, Pp. 80–87, 2021, [Online]. Available: <https://Ojs.Politeknikjambi.ac.id/Index.Php/Jaab/Article/View/77>.
- [19] A. Amin, P. Hartono, And U. Lesmanah, "Pengaruh Variasi Diameter Pulley Terhadap Daya Listrik Yang Dihasilkan Pada Prototype Turbin Pelton," *J. Tek. Mesin*, Vol. 12, No. 1, Pp. 7–10, 2019, [Online]. Available: <https://Jim.Unisma.ac.id/Index.Php/Jts/Article/View/2998>.
- [20] N. A. Noor And Purwito, "*Rewinding* Dan Metode Pengujian Motor Induksi 3 ϕ Star-Delta," In *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, N. N, A, Ed., Makassar, 2019, Pp. 1–7. [Online]. Available: <https://Jurnal.Poliupg.Ac.Id/Index.Php/Snp2m/Article/View/1767>.
- [21] M. K. Nurseha, N. Hariyanto, And S. Saodah, "*Rewinding* Motor Induksi 3 Fasa Double Speed Dengan Rating Tegangan 80 V," *Reka Elkomika*, Vol. 3, No. 2, Pp. 111–122, 2015, [Online]. Available: <Http://Ejurnal.ITENAS.ac.id/Index.Php/Rekaelkomika/Article/View/732>.
- [22] I. Setiawan, "Studi Komparatif Arus Asut Motor Induksi Tiga Fasa Standar Nema Berdasarkan Rangkaian Ekuivalen Dan Kode Huruf," *Jurnal. Electrical. Engineering. Energy, Information. Technology.*, Vol. 01, No. 01, 2013, [Online]. Available: <https://Jurnal.Untan.ac.Id/Index.Php/J3eituntan/Article/View/3698>.
- [23] H. Haryanto, R. Munarto, And I. Fatmawati, "Analisis Karakteristik Motor Induksi Tiga Fasa Xyz Standar Nema," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, Vol. 3, No. 1, pp. 35–42, 2014, Doi: 10.36055/Setrum.V3i1.496.
- [24] M. Naim, "Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Modifikasi Jumlah Kutub Pada Motor Induksi 3 Fasa 36 Alur," *Dinamika Jurnal Ilmu Teknologi Mesin*, Vol. 8, No. 1, Pp. 23–129, 2016, [Online]. Available: <https://Ojs.Uho.ac.id/Index.Php/Dinamika/Article/View/1725>.
- [25] A. Jalil Mochlas And Dzulkifli, "Kit Percobaan Untuk Menentukan Momen Inersia Benda Tegar," *J. Inov. Fis. Indones.*, Vol. 05, No. 03, Pp. 1–5, 2016, [Online]. Available: <https://Ejournal.Unesa.ac.id/Index.Php/Inovasi-Fisika-Indonesia/Article/View/21277>.
- [26] K. Tarigan, "Pengaruh Variasi Diameter Kawat Dan Jumlah Gulungan Terhadap Kuat Arus

Dan Tegangan Pada Sistem Pengisian Serta
Penerangan Sepeda Motor Kapasitas 110 Cc,”
Ilm. Core It, Vol. 07, No. 01, Pp. 308–313,

2019, [Online].
Available:<https://IJCoreit.Org/Index.Php/Coreit/Article/View/181>.