

Deskripsi**MOTOR INDUKSI 1-FASA DENGAN DISAIN 3 KUMPARAN****5 Bidang Teknik Invensi**

Invensi ini berhubungan dengan suatu metode perancangan bentuk lilitan motor induksi 1-fasa jenis motor kapasitor yang dibuat mirip seperti bentuk lilitan motor induksi 3-  
10 fasa yang terdiri dari 3 (tiga) kumparan yang diberi nama kumparan 'U', 'V' dan 'W', yang mana kumparan 'U', 'V' dan kapasitor dipasang secara seri dan disebut sebagai kumparan bantu dan dibuat lebih besar 15% dari kumparan 'W' yang  
15 kumparan utama ini diparalel dengan sumber tegangan listrik 1-fasa.

**Latar Belakang Invensi**

20

Motor induksi 1-fasa bisanya mempunyai 2 kumparan, yaitu kumparan bantu dan kumparan utama. Kapasitor dapat dipasang pada kumparan bantu atau kumparan utama. Harold dan Ellis (1949) dalam US patennya No. 2,479,329 , tanggal 16  
25 April 1949 telah membuat motor induksi 1-fasa ini dengan menggunakan 2 kumparan, yaitu kumparan utama dan kumparan bantu. Kemudian Burdett (1954) dalam US patennya No. 2,669,683 tanggal 16 Februari 1954 telah mendisain motor induksi 1-fasa dengan pengaturan dua kecepatan dengan  
30 menggunakan 3 kumparan, yaitu 1 kumparan bantu dan 2 kumparan utama yang digunakan untuk menghasilkan jumlah kutup yang berbeda sehingga kecepatan motor berubah. Jadi, 2 kumparan utama yang digunakan pada motor ini hanya untuk merubah jumlah kutup sehingga kecepatan motor berubah.  
35 Canadelli (1969) dalam US patennya No. 3,463,988 tanggal 26 Agustus 1969 juga telah mendisain motor dengan 2 kecepatan dengan merubah jumlah kutup motor dengan menggunakan saklar pengubah komposisi lilitan untuk merubah jumlah kutup motor.

Metode ini meletakkan kumparan pada slot yang berbeda tetapi masih menggunakan 1 kumparan utama dan 1 kumparan bantu saat beroperasi. Semua metode ini membutuhkan biaya lebih dengan efisiensi yang masih rendah.

5           Houtman (1970) dalam US patennya No. 3,515,919 tanggal 2 Juni 1970 telah mulai mengembangkan bentuk lilitan motor induksi 1-fasa dengan cara menempatkan kumparan bantu dan kumparan utama dalam satu slot yang sama yang bertujuan untuk memperkecil pengaruh harmonik yang biasa terjadi pada  
10 motor induksi 1-fasa sebelumnya. Walaupun metode ini sedikit lebih rumit dari metode sebelumnya, tetapi metode ini terus berkembang sampai saat ini sehingga motor induksi 1-fasa sampai saat ini masih menggunakan 2 kumparan dalam slot yang sama. Walaupun dalam perkembangan saat ini telah dibuat  
15 kumparan ganda pada kumparan utama motor, tapi dengan tujuan untuk menaikkan total rating arus pada kumparan utama. Sistem perencanaan ini agak rumit dengan jumlah dan besar penampang kumparan motor harus direncanakan dengan baik sebelum dilakukan perakitan kumparan pada motor.

20           Dalam pengembangan sistem pengoperasian motor induksi 3-fasa, maka motor ini telah dicoba dikembangkan untuk beroperasi pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan cara memasang rangkaian kapasitor pada kumparan motor. Cara ini sangat bermanfaat karena dapat meningkatkan faktor daya,  
25 respon putaran rotor yang cepat saat start dan menaikkan efisiensi motor (Anthony, IJETT, ISSN 2231-5381, Vol. 5, No. 1, November. 2013; Badr, dkk, IEEE transaction on energy conversion, Vol. 10, No. 4, Desember 1995, halaman 675-680; Smith, 1999, IEEE transactions on energy conversion, Vol. 4,  
30 No. 4, halaman 1353-1358).

          Young (1988) dalam US patennya No. 4,745,348 telah mengoperasikan motor induksi 3-fasa dengan sistem tenaga 1-fasa dengan menggunakan 2 kumparan motor untuk menjalankan motor pada sistem tenaga 1-fasa dan 1 kumparan yang lain  
35 digunakan sebagai kumparan start yang dipasang dengan kapasitor untuk menghasilkan torsi start yang memadai. Metode ini menggunakan kapasitor start yang besar yaitu 400 uF dengan sumber tegangan 220V. Kemudian, West Reed (1987

dan 1988), dalam US patennya No. 4,656,575, tanggal 7 April 1987 dan dilanjutkan dengan US patennya No. 4,777,421, tanggal 11 Oktober 1988 telah mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan kapasitor start 60 uF/hp dan kapasitor jalan 30 uF/hp. Metode West ini meletakkan kapasitor jalan antara kumparan 1 yang paralel dengan kumparan 3 yang disambungkan dengan dengan kontaktor 1. Kapasitor start disambungkan dengan kumparan 3 dengan kontaktor 3 yang selanjutnya dilepas setelah motor berputar. Metode-metode ini memperlihatkan bahwa masih membutuhkan nilai kapasitor yang besar sehingga membutuhkan biaya yang besar dalam mengoperasikan motor.

Smith dalam US patennya dengan No. 4,792,740 pada tanggal 20 Desember 1988, No. 5,545,965 pada tanggal 13 Agustus tahun 1996 dan No. 6,356,041 pada tanggal 12 Maret tahun 2002, telah pengembangan cara pengoperasian motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan rangkaian kapasitor, transformator dan rangkaian elektronika. Cara ini masih membutuhkan biaya yang besar untuk mengoperasikan motor pada sistem tenaga listrik 1-fasa. Khusus dalam paten terbarunya (2002) telah mengemukakan cara baru untuk mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan 3 buah kapasitor jalan dan 9 buah kapasitor start. Metode ini memerlukan kapasitor start yang besar yaitu 5000 uF yang dipasang seri dengan motor ditambah beberapa kapasitor start lain yang dipasang paralel dengan setiap kumparan motor. Metode-metode yang dikemukakan ini masih membutuhkan biaya yang mahal karena membutuhkan lebih banyak kapasitor dalam mengoperasikan motor.

Anthony dalam penelitiannya pada tahun 2013 (IJETT, ISSN 2231-5381, Vol. 5, No. 1, November, 2013) telah mengembangkan metode baru dalam mengoperasikan motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa. Kemudian Anthony juga mengembangkan rangkaian ekivalen motor ini pada tahun 2015 (IJETT, ISSN 2231-5381, Vol. 25, No. 1, Juli, 2015). Metode Anthony ini terlihat lebih sederhana dan lebih murah dan menghasilkan kinerja motor yang baik saat beroperasi

pada sistem 1-fasa. Motor induksi 3-fasa yang dioperasikan pada sistem tenaga listrik 1-fasa ini dapat beroperasi dengan baik dengan faktor daya yang mendekati satu dan dengan efisiensi yang mendekati sama dengan efisiensi motor induksi 3-fasa. Berdasarkan hasil penjabaran ini tergambar bahwa jika dibuat motor induksi 1-fasa dengan konstruksi kumparan mirip dengan motor induksi 3-fasa tentu motor ini akan bekerja dengan kinerja yang baik dengan faktor daya yang mendekati satu. Disamping itu, konstruksi lilitan motor induksi 3-fasa juga lebih sederhana dibandingkan dengan konstruksi lilitan motor induksi 1-fasa konvensional saat ini, sehingga akan lebih murah jika dibandingkan dengan biaya pembuatan motor induksi 1-fasa konvensional.

Metode yang diusulkan dalam invensi ini adalah suatu metode baru yang sederhana untuk mendisain bentuk lilitan motor induksi 1-fasa jenis motor kapasitor. Lilitan motor ini dibuat mirip seperti bentuk lilitan motor induksi 3-fasa yang mana terdiri dari 3 (tiga) bagian yaitu kumparan 'U', 'V' dan 'W'. Kumparan 'U', 'V' dan kapasitor sengaja dipasang secara seri dan kemudian diparalelkan dengan kumparan 'W' dan dengan sumber tegangan 1-fasa. Kumparan 'U' dan 'V' ini harus dibuat 15% lebih besar dari kumparan 'W' untuk menjaga keseimbangan kerapatan arus yang melewati kumparan motor.

25

### **Ringkasan Invensi**

Invensi yang diusulkan ini pada prinsipnya adalah memberikan metode baru yang sederhana dalam mendisain bentuk lilitan motor induksi 1-fasa jenis motor kapasitor yang dibuat mirip dengan bentuk lilitan motor induksi 3-fasa. Dengan bentuk lilitan baru ini motor induksi 1-fasa mempunyai kemampuan yang lebih besar dengan biaya yang lebih murah dari motor induksi 1-fasa konvensional karena membutuhkan kumparan yang lebih kecil dengan kapasitansi kapasitor yang lebih rendah.

Konsep invensi ini adalah mendisain lilitan motor induksi 1-fasa yang mirip seperti lilitan motor induksi 3-fasa, dimana motor ini dirancang mempunyai 3 (tiga) buah kumparan, yaitu kumparan 'U', 'V' dan 'W'. Metode pada invensi ini menghubungkan secara seri kumparan 'U' dan 'V' dengan kapasitor AC (kapasitor yang menggunakan sumber listrik arus bolak balik). Kemudian, rangkaian seri ini diparalelkan dengan kumparan 'W' dan sumber listrik 1-fasa. Dengan cara seperti ini berarti kapasitor dipasang pada kumparan dengan impedansi yang lebih besar sehingga membutuhkan nilai kapasitansi kapasitor yang lebih kecil untuk beroperasi. Disamping itu, ada 3 (tiga) kumparan yang berperan untuk menghasilkan torsi motor sehingga motor lebih bertenaga. Oleh karena itu metode pada invensi ini hanya membutuhkan nilai kapasitansi kapasitor start (kapasitor saat start/asut) dan kapasitor jalan (kapasitor saat jalan) yang lebih rendah dengan penampang kumparan yang lebih kecil sehingga membutuhkan biaya yang lebih murah untuk memproduksi motor induksi 1-fasa dengan daya keluaran yang sama jika dibandingkan dengan metode konvensional.

#### **Uraian Singkat Gambar**

25

Untuk memudahkan pemahaman mengenai inti invensi ini, selanjutnya akan diuraikan perwujudan invensi melalui gambar-gambar terlampir.

Gambar 1, adalah bentuk sambungan kapasitor start dan kapasitor jalan beserta ke 3 (tiga) buah kumparan motor pada terminal motor induksi 1-fasa yang didisain mirip dengan bentuk kumparan motor induksi 3-fasa.

Gambar 2, adalah contoh bentuk detail lilitan motor induksi 1-fasa yang mempunyai 3 (tiga) kumparan pada slotnya yang terdiri dari 24 slot dengan 4 kutup. Gambar 2 ini merupakan bentuk presentasi nyata contoh hubungan lilitan dari gambar 1 pada slot stator motor induksi 1-fasa.

### **Uraian Lengkap Invensi**

Sebagaimana telah dikemukakan pada latar belakang invensi bahwa telah banyak dilakukan penelitian untuk mengembangkan motor induksi 1-fasa yang biasa mempunyai 2 kumparan karena terfokus pada kumparan bantu dan kumparan utama. Disamping itu, juga telah dikembangkan sistem pengoperasian motor induksi 3-fasa (yang mempunyai 3 kumparan) pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan rangkaian kapasitor pada motor, yang mana metode-metode ini meniru prinsip kerja motor induksi 1-fasa yang mempunyai 2 kumparan. Berdasarkan kondisi ini maka dapat dibuatkan juga motor induksi 1-fasa dengan konstruksi lilitan mirip dengan motor induksi 3-fasa sehingga dihasilkan motor induksi 1-fasa dengan konstruksi lilitan yang lebih sederhana dengan kinerja yang lebih baik dan dengan biaya produksi yang lebih murah dari motor induksi 1-fasa konvensional.

Mengacu pada Gambar 1, adalah merupakan bentuk hubungan kumparan motor induksi 1-fasa yang mempunyai 3 (tiga) kumparan yaitu kumparan 'U' (No. 7), 'V' (No. 8) dan 'W' (No. 9) terhadap kapasitor start (No. 12) dan kapasitor jalan (No. 11), saklar sentrifugal (No. 10) dan sumber tegangan 1-fasa (No. 19). Kumparan 'U' (No. 7) dan 'V' (No. 8) harus dibuat 15% lebih besar dari kumparan 'W' (No. 9).

Mengacu pada gambar 2, adalah merupakan contoh bentuk nyata hubungan kumparan motor induksi 1-fasa 4 kutup dari gambar 1 pada slot statornya dengan jumlah slot 24 slot.

Dengan mengacu kepada gambar 1 dan gambar 2 dapat dijelaskan bahwa kumparan 'U' pada motor mempunyai tanda 'U<sub>1</sub>' (No. 1) dan 'U<sub>2</sub>' (No. 4), kumparan 'V' pada motor mempunyai tanda 'V<sub>1</sub>' (No. 2) dan 'V<sub>2</sub>' (No. 5) dan kumparan 'W' pada motor mempunyai tanda 'W<sub>1</sub>' (No. 3) dan 'W<sub>2</sub>' (No. 6). Bentuk rangkaian pada gambar 1 sengaja menyambungkan terminal 'U<sub>2</sub>' (No.4) dengan 'V<sub>2</sub>' (No.5) adalah untuk mengikuti arah putaran medan magnet pada kumparan motor sehingga torsi yang dihasilkan oleh ke 2 (dua) buah kumparan 'U' (No. 7), dan 'V' (No. 8) pada gambar 1 dapat saling menambahkan dan memperbesar torsi yang dihasilkan motor. Jika diinginkan

untuk membalik arah putaran motor, maka ujung-ujung kapasitor yang terhubung dengan terminal 'W<sub>1</sub>' (No. 3) harus dipindahkan ke terminal 'W<sub>2</sub>' (No. 6) dan terminal 'U<sub>1</sub>' (No. 1) yang tadi disambungkan dengan terminal 'W<sub>2</sub>' (No. 6) harus  
5 dipindahkan ke terminal 'W<sub>1</sub>' (No. 3). Tegangan yang diberikan kepada kapasitor (No. 11 dan 12) dari gambar 1 adalah hampir 2 (dua) kali lipat dari tegangan sumber 1-fasa yang digunakan, sehingga kapasitor yang digunakan harus memiliki rating/batasan tegangan 2 (dua) kali lipat dari  
10 tegangan sumber yang digunakan (No. 19).

Invensi ini memiliki perbedaan yang sangat mencolok dibandingkan dengan metode-metode yang pernah berkembang sebelumnya. Pada metode konvensional sebelumnya biasanya menggunakan lilitan yang lebih rumit (sistem diamond) yang  
15 menggunakan slot secara bersama antara kumparan bantu dan kumparan utama. Tetapi metode yang dikemukakan pada invensi ini adalah mendisain lilitan motor induksi 1-fasa mirip seperti lilitan motor induksi 3-fasa, dimana setiap kumparan menempati slot yang berbeda (masing-masing) sehingga lebih  
20 mudah dalam perencanaan jumlah lilitan. Dalam invensi ini kapasitor dipasang secara seri dengan 2 (dua) buah kumparan motor yaitu kumparan 'U' (No.7) dan 'V' (No. 8). Rangkaian kumparan yang seri dengan kapasitor ini kemudian diparalelkan dengan kumparan 'W' (No. 9) dan sumber tegangan  
25 1-fasa (No. 19) yang mempunyai kawat Fasa (No. 17) dan kawat Netral (No. 18). Rangkaian seperti ini akan menghasilkan torsi yang lebih besar pada motor sehingga motor dapat bekerja dengan baik dengan nilai kapasitansi kapasitor yang lebih rendah.

30 Untuk mengoperasikan motor induksi 1-fasa dengan menggunakan gambar 1, maka MCB (No. 15) yang berfungsi sebagai pengaman motor harus aktifkan/dimasukkan terlebih dahulu (dihidupkan). MCB ini dapat diganti dengan pengaman beban lebih lain yang dapat bekerja secara otomatis.  
35 Selanjutnya saklar NO (No. 16) ditekan sehingga motor dapat bekerja dengan baik. Saklar NO (No. 16) dapat juga diganti dengan sistem kendali start langsung (*direct online starter*) dengan menggunakan rangkaian kontaktor tambahan jika

dibutuhkan sistem kendali yang lebih baik untuk motor dengan daya yang lebih besar.

Cara menentukan nilai kapasitansi kapasitor yang memadai untuk mengoperasikan motor induksi 1-fasa pada invensi ini dapat mengacu kepada persamaan (1), (2), (3) dan (4).

$$C_{st} = \frac{(0,1757) \cdot I_{ph}}{(f) \cdot V_{LN}} \quad (\text{Farad}) \quad (1)$$

$$C_r = \frac{I_{ph}}{(\omega) \cdot (A_z \cdot V_{LN})} \quad (\text{Farad}) \quad (2)$$

$$A_z = \frac{N_U + N_V}{N_W} \quad (3)$$

$$C_s = C_{st} - C_r \quad (\text{Farad}) \quad (4)$$

yang mana:

- $N_U$  = total jumlah slot yang digunakan kumparan 'U'
- $N_V$  = total jumlah slot yang digunakan kumparan 'V'
- $N_W$  = total jumlah slot yang digunakan kumparan 'W'
- $N_U = N_V = N_W$  (jumlah  $N_U$ ,  $N_V$  dan  $N_W$  harus sama)
- $A_z$  = konstanta perbandingan jumlah slot yang digunakan kumparan bantu terhadap kumparan utama (direkomendasikan = 2)
- $I_{ph}$  = arus nominal pada kumparan motor (A)
- $V_{LN}$  = tegangan sumber 1-fasa yang digunakan (V)
- $f$  = frekuensi sumber (Hz)
- $C_{st}$  = total nilai kapasitansi kapasitor saat start (satuan Farad)
- $C_r$  = kapasitansi kapasitor jalan yang digunakan dari gambar 1 (satuan Farad)
- $C_s$  = kapasitansi kapasitor start yang digunakan dari gambar 1 (satuan Farad)



**Klaim**

1. Disain motor induksi 1-fasa ini adalah membuat bentuk  
5 lilitan motor induksi 1-fasa mirip seperti motor induksi  
3-fasa yang dirancang mempunyai 3 (tiga) buah kumparan,  
yaitu kumparan 'U', 'V' dan 'W', yang mana kumparan 'U'  
(No. 7) dan 'V' (No. 8) dibuat dengan penampang lebih  
10 besar 15% dari kumparan 'W' (No. 9) dan kapasitor  
dipasang secara seri dengan kumparan ini, dengan cara  
menyambungkan terminal 'U<sub>2</sub>' (No. 4) dengan terminal 'V<sub>2</sub>'  
(No. 5), terminal 'U<sub>1</sub>' (No. 1) dengan terminal 'W<sub>2</sub>' (No.  
6), kaki-kaki kapasitor jalan 'Cr' (No. 11) pada terminal  
'W<sub>1</sub>' (No. 3) dan terminal 'V<sub>1</sub>' (No. 2), kaki-kaki  
15 kapasitor start 'Cs' (No. 12) pada terminal 'W<sub>1</sub>' (No. 3)  
dan terminal saklar sentrifugal (No. 14), terminal saklar  
sentrifugal (No. 13) dengan terminal 'V<sub>1</sub>' (No. 2),  
sumber tegangan 1-fasa (No. 19) yang mempunyai kawat  
Netral (No. 18) disambungkan ke terminal 'W<sub>2</sub>' (No. 6),  
20 kawat Fasa (No. 17) disambungkan pada terminal 'Saklar'  
(No. 16) yang terhubung seri dengan pengaman 'MCB' (No.  
15), dan 'MCB' (No. 15) juga disambungkan dengan terminal  
'W<sub>1</sub>' (No. 3) seperti yang diperlihatkan pada gambar 1  
invensi ini.
- 25 2. Untuk membalik arah putaran motor sesuai dengan klaim 1,  
maka kaki-kaki kapasitor start 'Cs' (No. 12), kapasitor  
jalan 'Cr' (No. 11) dan 'MCB' (No. 15) yang dihubungkan  
dengan terminal 'W<sub>1</sub>' (No. 3) pada gambar 1 harus  
dipindahkan ke terminal 'W<sub>2</sub>' (No. 6), dan terminal 'U<sub>1</sub>'  
30 (No. 1) dan kawat netral (No. 18) yang dihubungkan dengan  
terminal 'W<sub>2</sub>' (No. 6) juga harus dipindahkan ke terminal  
'W<sub>1</sub>' (No. 3).
3. Rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan nilai  
kapasitansi kapasitor start 'Cs' (No. 12) dan kapasitor  
35 jalan 'Cr' (No. 11) yang cocok untuk mengoperasikan motor  
induksi 1-fasa pada invensi ini mengacu kepada persamaan  
(1) sampai dengan persamaan (4) pada invensi ini.

Abstrak**MOTOR INDUKSI 1-FASA DENGAN DISAIN 4 KUMPARAN**

5            Untuk membuat motor induksi 1-fasa dengan kinerja yang lebih baik dan murah dapat dilakukan dengan cara membuat bentuk lilitan motor induksi 1-fasa mirip seperti disain motor induksi 3-fasa yang mempunyai 3 (tiga) kumparan, yaitu kumparan 'U', 'V' dan 'W'. Tetapi, luas penampang kumparan 'U' dan 'V' harus dibuat lebih besar 15% dari penampang kumparan 'W' dan kapasitor dihubungkan secara seri dengan kedua kumparan ini. Kumparan 'U', 'V' dan kapasitor yang terhubung secara seri ini kemudian diparalelkan dengan kumparan 'W' dan sumber tegangan 1-fasa.

10

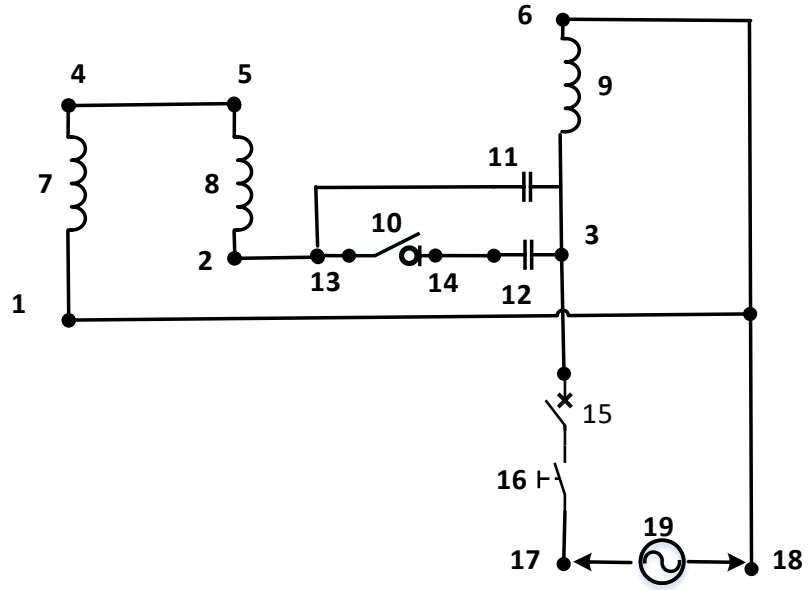
15    Ke 3 (tiga) kumparan motor dihubungkan dengan memperhatikan arah medan yang dihasilkan kumparan sehingga motor menghasilkan torsi yang lebih besar dari motor induksi 1-fasa konvensional. Oleh karena itu, dengan menggunakan metode yang dikemukakan pada invensi ini, maka motor induksi

20    1-fasa akan bekerja dengan kinerja yang lebih baik, dengan luas penampang kumparan yang lebih kecil dan dengan kapasitansi kapasitor yang lebih rendah sehingga lebih menghemat biaya dalam pembuatan motor.

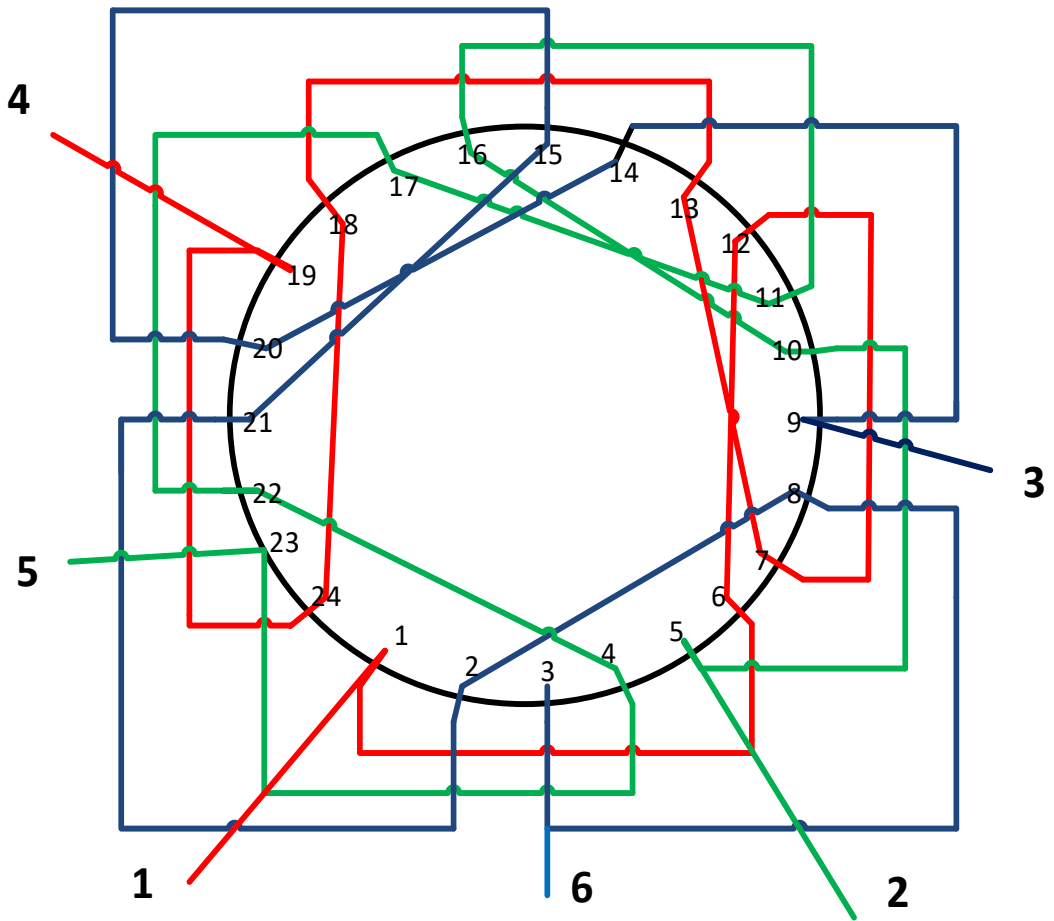
25

30

LAMPIRAN GAMBAR



Gambar 1



Gambar 2