

# MESIN LISTRIK II

## EL1234

**Nita Indriani Pertiwi, S.T.,M.T.**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**



# SILABUS

- **Prinsip kerja mesin AC melalui interaksi medan magnet , arus dan gaya mekanik**

Tegangan induksi pada loop yang berputar, torsi terinduksi pada konduktor berarus, medan putar pada belitan tiga fasa, *Magnetomotive force* dan distribusi fluks pada mesin AC, tegangan induksi pada mesin AC, Isolasi pada kumparan mesin AC, Aliran daya dan rugi pada mesin AC

- **Prinsip generator sinkron**

Konstruksi generator sinkron, kecepatan sinkron dan tegangan terbangkit, rangkaian ekuivalen dan metode penentuan parameter generator sinkron , Diagram phasor, Aliran daya, torsi dan rugi pada generator sinkron, Operasi *stand-alone* & parallel pada generator sinkron, Stabilitas transient & hubung singkat generator sinkron, Rating dan kurva kemampuan generator sinkron

# SILABUS

- **Prinsip motor sinkron**

Prinsip dasar pengoperasian motor sinkron, rangkaian ekivalen, Metode *starting* motor sinkron, Kurva kraketristik torsi-kecepatan motor sinkron, Efek perubahan beban, arus eksitasi dan kontrol faktor daya pada mesin sinkron.

- **Prinsip motor induksi 3 fasa (asinkron)**

Konstruksi motor induksi, prinsip dasar motor induksi tiga fasa, rangkaian ekivalen dan metode penentuan parameter mesin induksi tiga fasa, Aliran daya, torsi dan rugi pada motor induksi, karakteristik torsi-kecepatan motor induksi tiga fasa, *Starting* pada motor induksi tiga fasa, Pengaturan kecepatan pada motor induksi tiga fasa dengan metode konvensional & *solid state*.

# SILABUS

- **Jenis mesin listrik bertujuan khusus**

Teori *Double-Revolving –Field* pada motor induksi satu fasa, rangkaian ekivalen dan karakteristik motor induksi satu fasa, metode *starting* dan kontrol kecepatan pada motor induksi satu fasa, *Reluctance motors*, *Hysteresis Motors*, *Stepper Motors* dan *Brushless DC Motors*

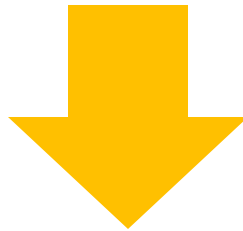
# ASSESSMENT

• <b>TUGAS</b>	<b>35%</b>
• <b>KUIS</b>	<b>15%</b>
• <b>ETS</b>	<b>25%</b>
• <b>EAS</b>	<b>25%</b>
<hr/>	
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

# **PRINSIP KERJA MESIN AC MELALUI INTERAKSI MEDAN MAGNET, ARUS DAN GAYA MEKANIK**

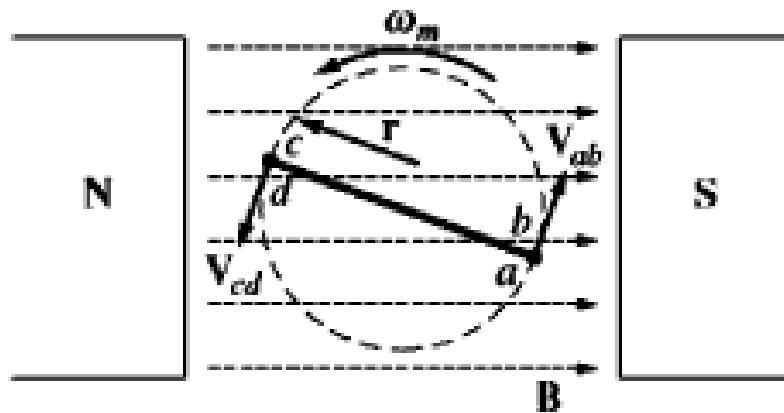
# LOOP SEDERHANA DALAM SEBUAH MEDAN MAGNET SERAGAM

**Sebuah loop kawat sederhana yang berada pada sebuah medan magnet seragam adalah mesin paling sederhana yang dapat menghasilkan gelombang tegangan AC.**

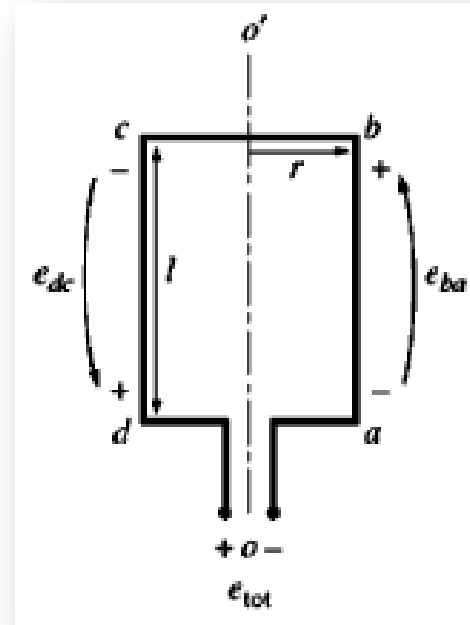


Namun tidak merepresentasikan kondisi mesin yang riil karena pada kondisi riil medan magnet berubah-ubah baik dari sisi besaran ataupun arah

# LOOP SEDERHANA DALAM SEBUAH MEDAN MAGNET SERAGAM



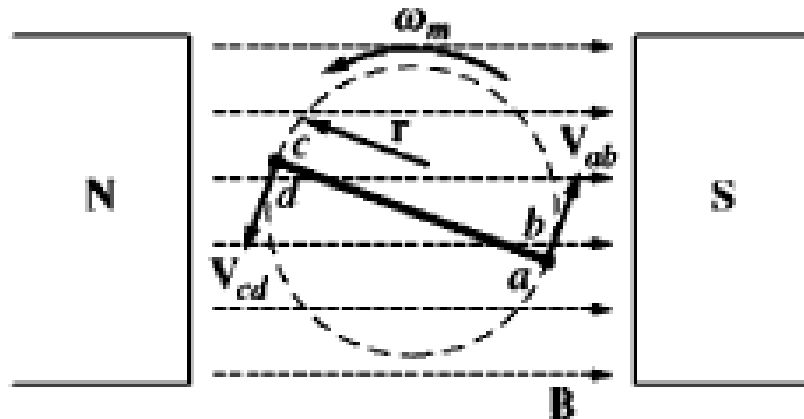
$\mathbf{B}$  is a uniform magnetic field, aligned as shown.



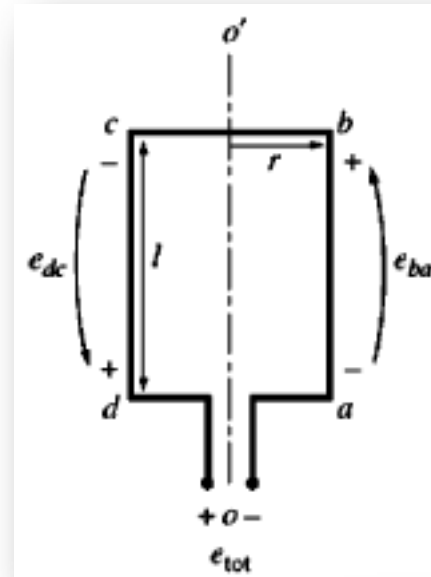


# TEGANGAN TERINDUKSI PADA LOOP SEDERHANA

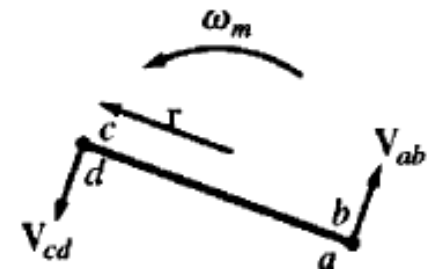
Jika rotor diputar, maka tegangan akan terinduksi pada loop kawat



$\mathbf{B}$  is a uniform magnetic field, aligned as shown.



Untuk menentukan total tegangan  $e_{tot}$  akan ditentukan tegangan tiap segmen secara terpisah dan akan dijumlahkan semua tegangan.



# TEGANGAN TERINDUKSI PADA LOOP SEDERHANA

Tegangan Terinduksi :

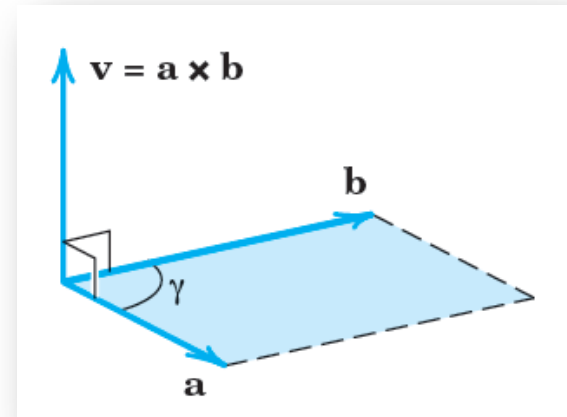
$$e_{\text{ind}} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

**e** = tegangan terinduksi

**v** = kecepatan kawat

**B** = kerapatan fluks

**l** = panjang kawat



*Vector Product*

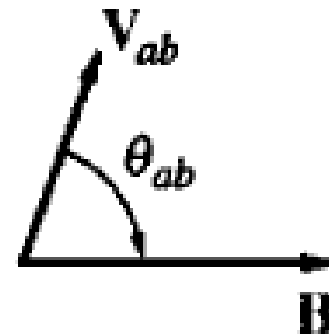
# TEGANGAN TERINDUKSI PADA LOOP SEDERHANA

## Segmen *ab*

- Kecepatan kawat bersinggungan dengan arah rotasi, sementara **B** ke arah kanan .
- Kuantitas  $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  memiliki arah yang sama (sejajar) dengan segmen *ab*.

Sehingga dihasilkan tegangan induksi :

$$\begin{aligned} e_{ba} &= (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l} \\ &= vBl \sin \theta_{ab} \end{aligned}$$



# TEGANGAN TERINDUKSI PADA LOOP SEDERHANA

## Segmen *bc*

- Pada setengah bagian pertama dari segmen,  $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  mengarah ke halaman, sementara setengah bagian yang lain mengarah keluar dari halaman.
- $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  tegak lurus dengan  $\mathbf{l}$  (pada kedua bagian segmen).

Sehingga dihasilkan tegangan induksi :

$$e_{cb} = 0$$

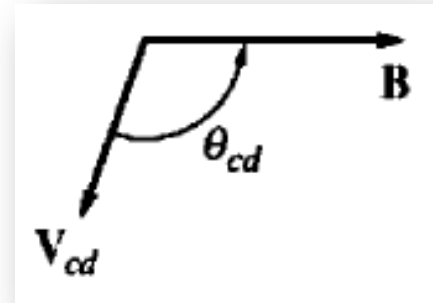
# TEGANGAN TERINDUKSI PADA LOOP SEDERHANA

## Segmen *cd*

- Kecepatan kawat bersinggungan dengan arah rotasi, sementara **B** ke arah kanan .
- Kuantitas  $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  memiliki arah yang sama (sejajar) dengan segmen *ab*.

Sehingga dihasilkan tegangan induksi :

$$\begin{aligned} e_{dc} &= (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l} \\ &= vBl \sin \theta_{cd} \end{aligned}$$



# TEGANGAN TERINDUKSI PADA LOOP SEDERHANA

## Segmen $da$

- Sama seperti segmen  $bc$
- $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  tegak lurus dengan  $\mathbf{l}$  (pada kedua bagian segmen). Dengan demikian tegangan induksi pada segmen ini juga bernilai 0.

$$e_{ad} = 0$$

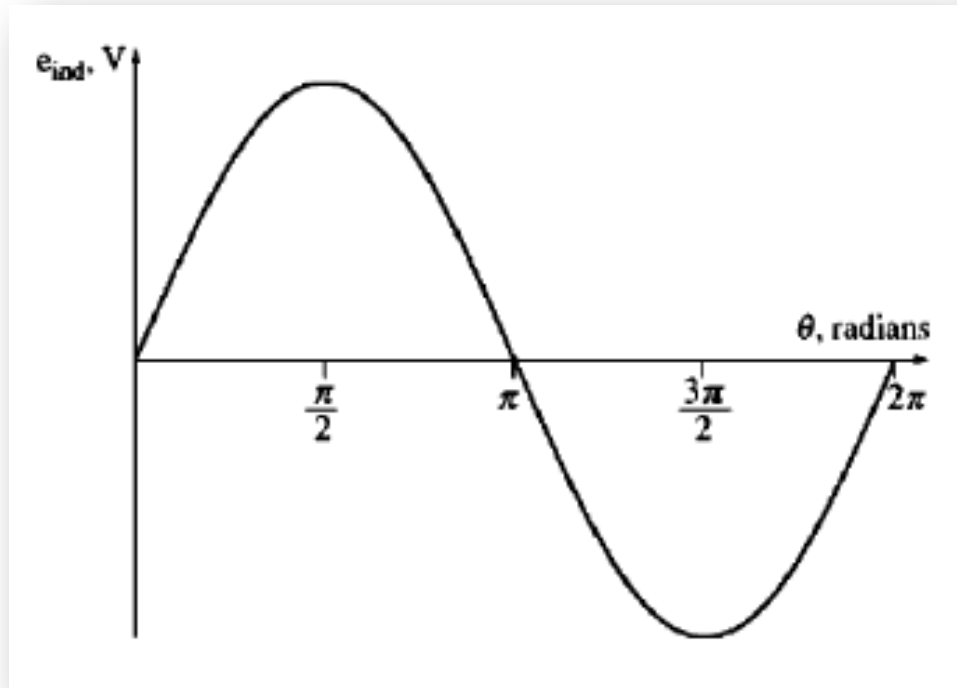
Total tegangan induksi :

$$\begin{aligned} e_{\text{ind}} &= e_{ba} + e_{cb} + e_{dc} + e_{ad} \\ &= vBl \sin \theta_{ab} + vBl \sin \theta_{cd} \end{aligned}$$

$$\theta_{ab} = 180^\circ - \theta_{cd}$$

$$e_{\text{ind}} = 2vBL \sin \theta$$

# TEGANGAN TERINDUKSI PADA LOOP SEDERHANA



Hasil plot  $e_{ind}$  versus  $\theta$

$$e_{ind} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

↓

$$e_{ind} = 2vBL \sin \theta$$

↓

$$e_{ind} = 2r\omega Bl \sin \omega t$$

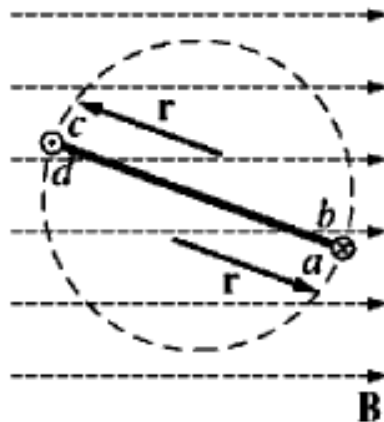
↓

$$e_{ind} = AB\omega \sin \omega t$$

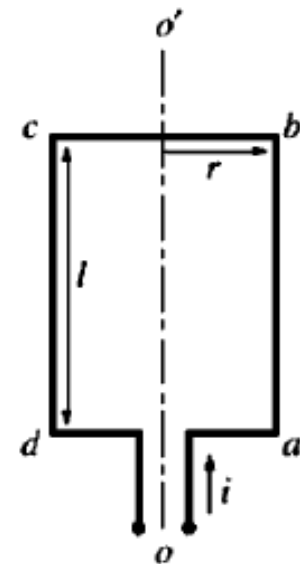
↓

$$e_{ind} = \phi_{max} \omega \sin \omega t$$

# TORSI TERINDUKSI PADA LOOP BERARUS



$\mathbf{B}$  is a uniform magnetic field, aligned as shown. The  $\times$  in a wire indicates current flowing into the page, and the  $\bullet$  in a wire indicates current flowing out of the page.





# TORSI TERINDUKSI PADA LOOP BERARUS

$$\mathbf{F} = i(\mathbf{l} \times \mathbf{B})$$

$$\begin{aligned}\tau &= (\text{force applied})(\text{perpendicular distance}) \\ &= (F)(r \sin \theta) \\ &= rF \sin \theta\end{aligned}$$

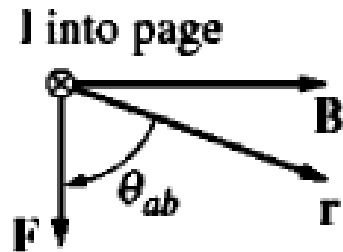
- $i$  = arus pada tiap segmen
- $\mathbf{B}$  = kerapatan fluks
- $\mathbf{l}$  = panjang segmen, arah  $\mathbf{l}$  didefinisikan dari arah aliran arus
- $\theta$  = sudut antara vektor  $\mathbf{r}$  dan vektor  $\mathbf{F}$

Arah dari torsi searah jarum jam jika torsi cenderung menyebabkan putaran yang searah jarum jam, begitupula sebaliknya.

# TORSI TERINDUKSI PADA LOOP BERARUS

## Segmen *ab*

- Pada segmen ini arus mengarah ke halaman , sementara **B** mengarah ke kanan.



Torsi yang dihasilkan :

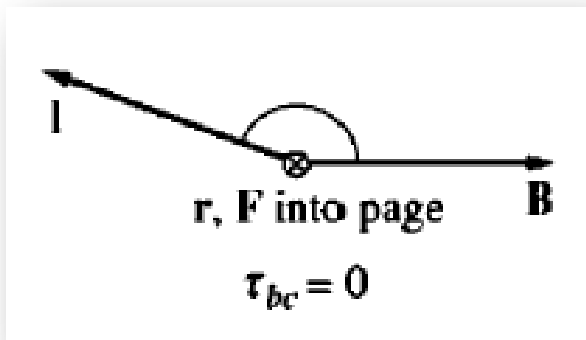
$$\begin{aligned}\tau_{ab} &= (F) (r \sin \theta_{ab}) \\ &= rilB \sin \theta_{ab} \quad \text{clockwise}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= i(\mathbf{l} \times \mathbf{B}) \\ &= ilB \quad \text{down}\end{aligned}$$

# TORSI TERINDUKSI PADA LOOP BERARUS

## Segmen *bc*

- Pada segmen ini arus sebidang dengan halaman, sementara **B** mengarah ke kanan.



Torsi yang dihasilkan :

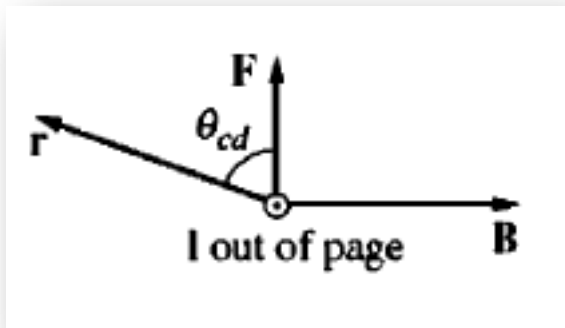
$$\begin{aligned}\tau_{bc} &= (F) (r \sin \theta_{ab}) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= i(\mathbf{l} \times \mathbf{B}) \\ &= ilB \quad \text{into the page}\end{aligned}$$

# TORSI TERINDUKSI PADA LOOP BERARUS

## Segmen *cd*

- Pada segmen ini arus mengarah keluar halaman , sementara **B** mengarah ke kanan.



Torsi yang dihasilkan :

$$\begin{aligned}\tau_{cd} &= (F) (r \sin \theta_{cd}) \\ &= rilB \sin \theta_{cd} \quad \text{clockwise}\end{aligned}$$

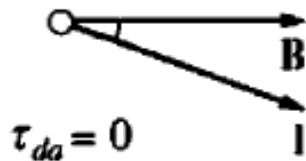
$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= i(\mathbf{l} \times \mathbf{B}) \\ &= ilB \quad \text{up}\end{aligned}$$

# TORSI TERINDUKSI PADA LOOP BERARUS

## Segmen $da$

- Pada segmen ini arus sebidang dengan halaman , sementara **B** mengarah ke kanan.

$r, F$  out of page

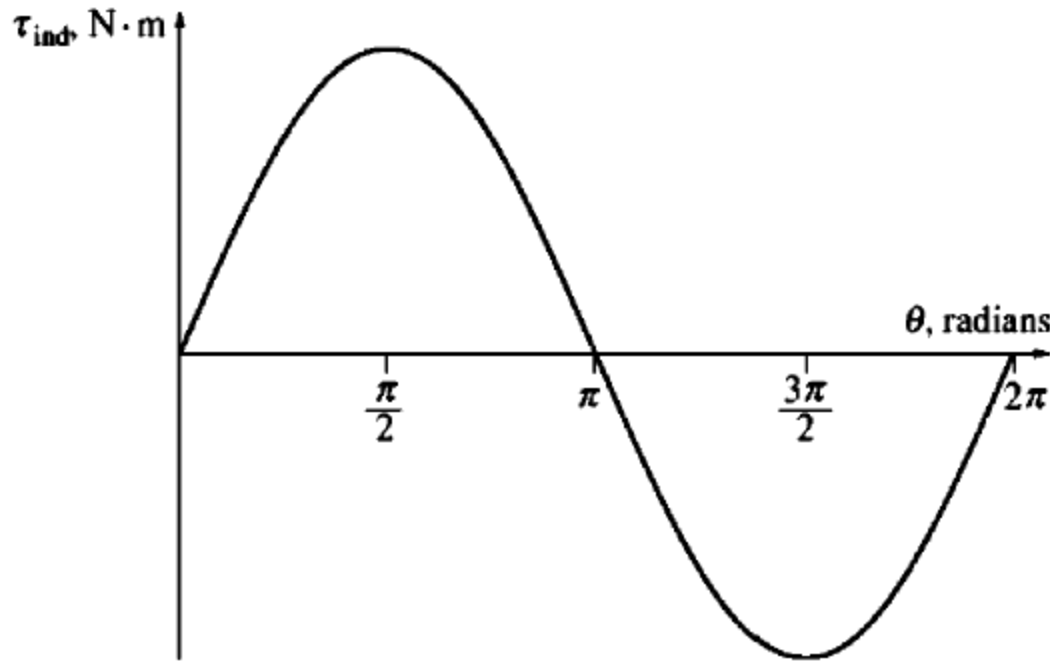


Torsi yang dihasilkan :

$$\begin{aligned}\tau_{da} &= (F) (r \sin \theta_{da}) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= i(\mathbf{l} \times \mathbf{B}) \\ &= ilB \quad \text{out of the page}\end{aligned}$$

# TEGANGAN TERINDUKSI PADA LOOP SEDERHANA



Hasil plot  $T_{ind}$  versus  $\theta$

Total torsi induksi :

$$\begin{aligned}\tau_{ind} &= \tau_{ab} + \tau_{bc} + \tau_{cd} + \tau_{da} \\ &= rilB \sin \theta_{ab} + rilB \sin \theta_{cd}\end{aligned}$$

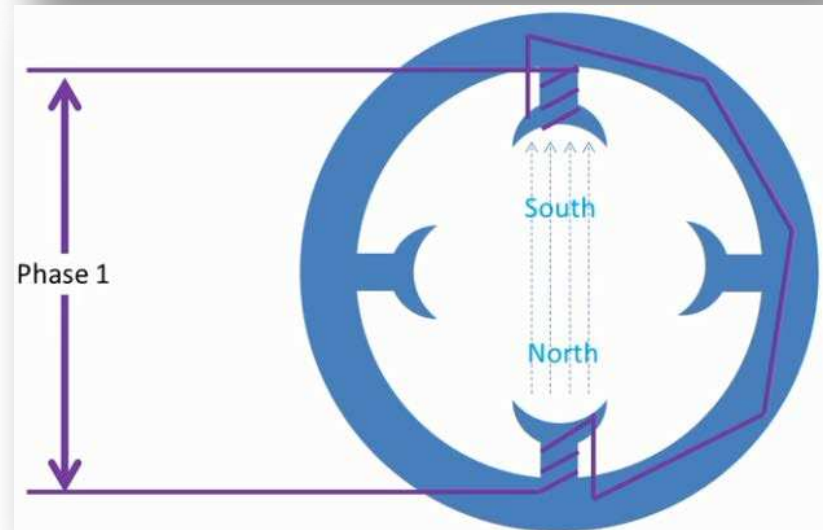
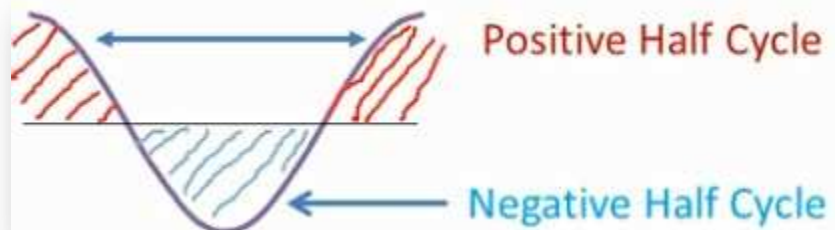
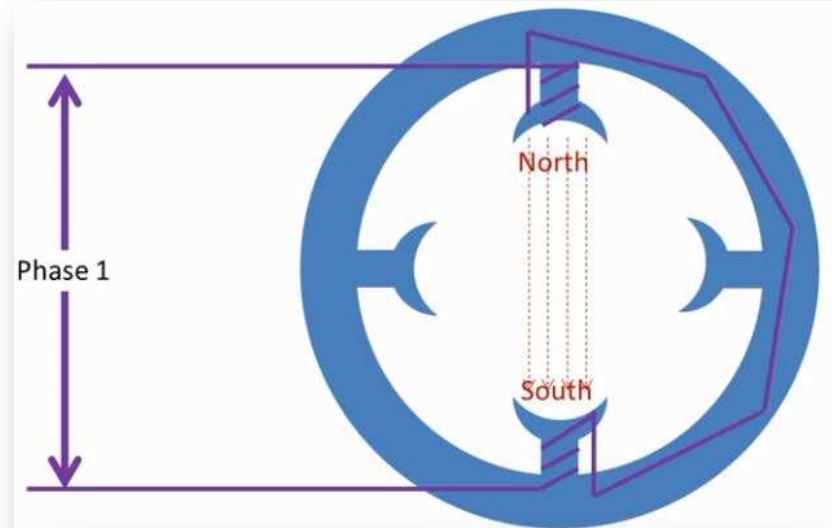
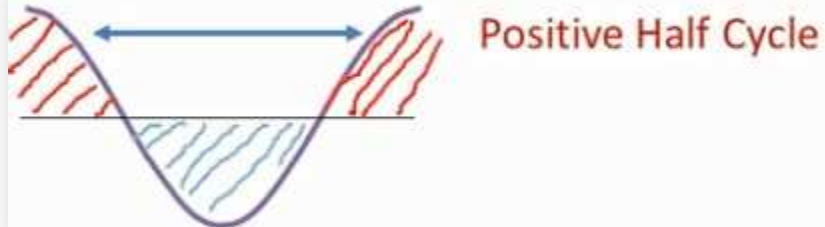
$$\tau_{ind} = 2rilB \sin \theta$$

$$\tau_{ind} = k\mathbf{B}_{loop} \times \mathbf{B}_S$$

# MEDAN PUTAR STATOR

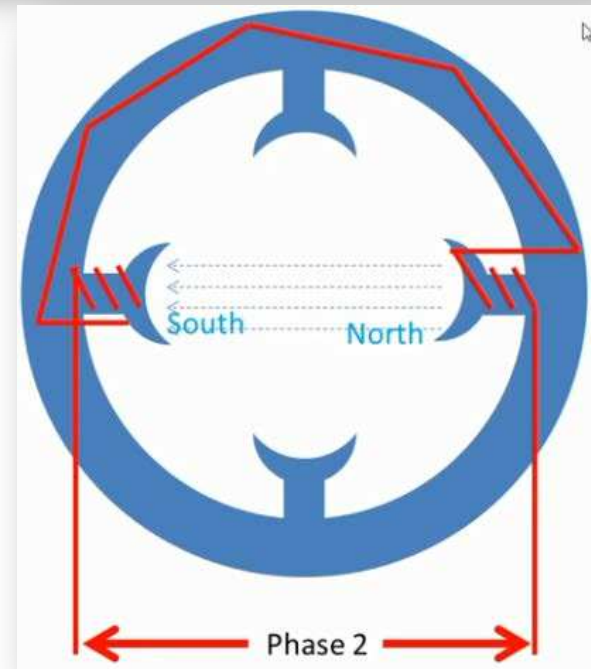
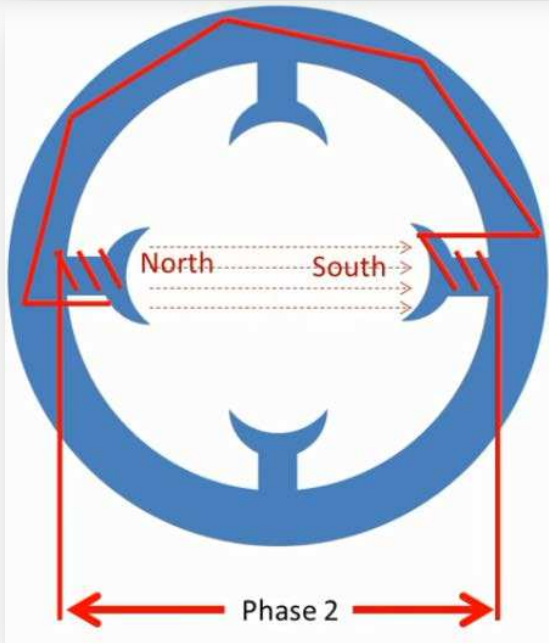
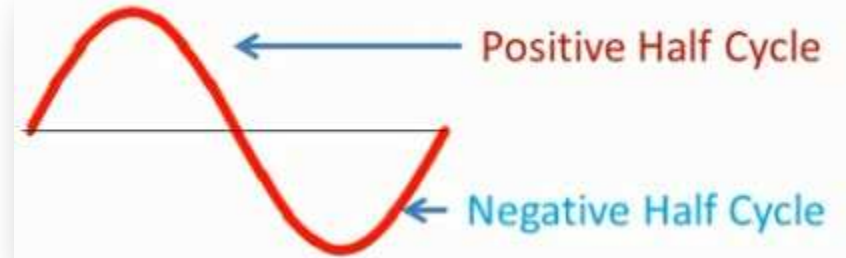
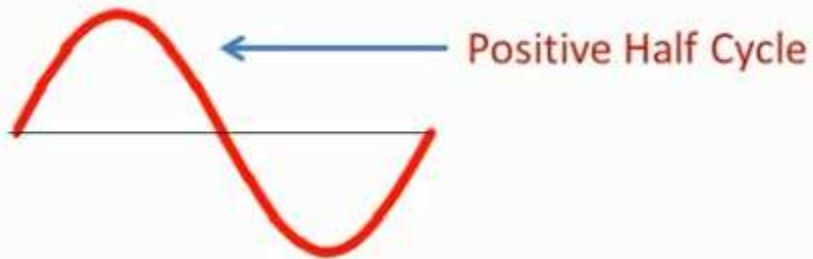
[Video Medan Putar Stator](#)

# MEDAN PUTAR STATOR

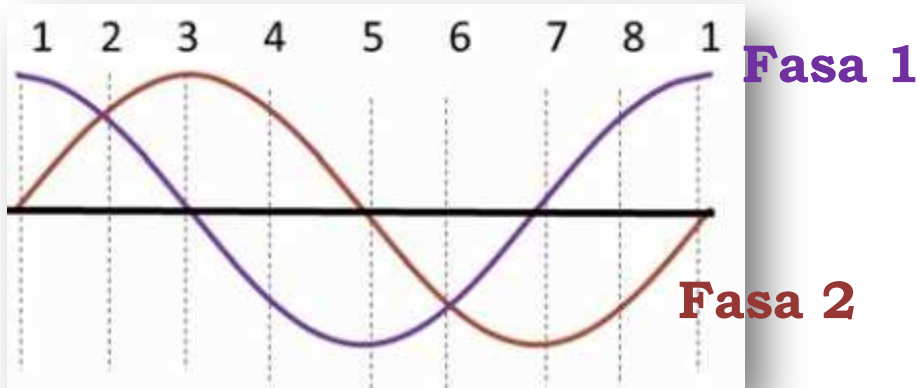




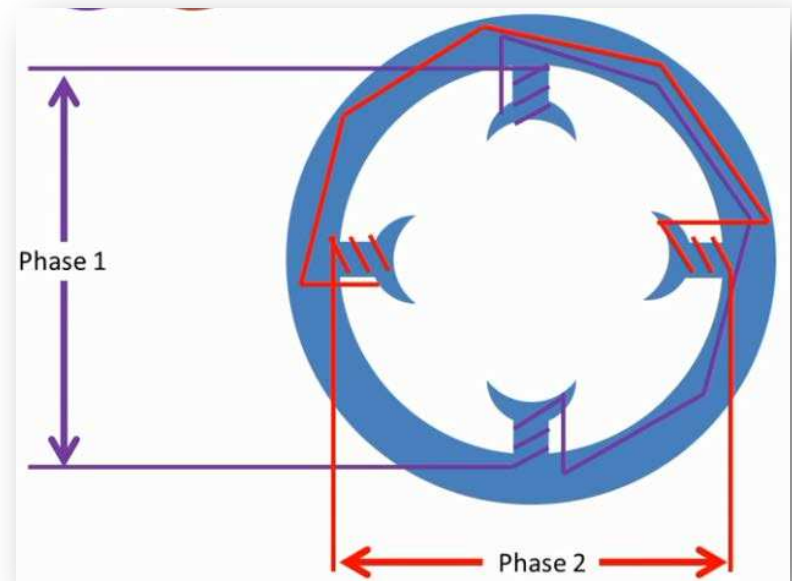
# MEDAN PUTAR STATOR



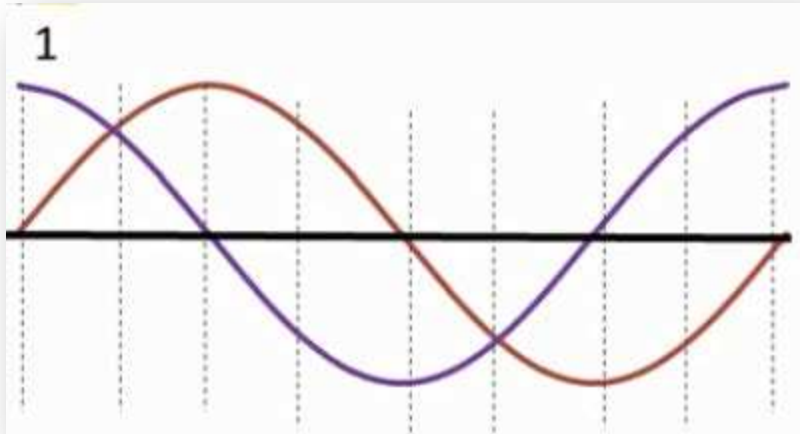
# MEDAN PUTAR STATOR



Sumber Tegangan akan terbagi menjadi 8 tahap, pada tiap tahap akan dilihat arah medan magnet

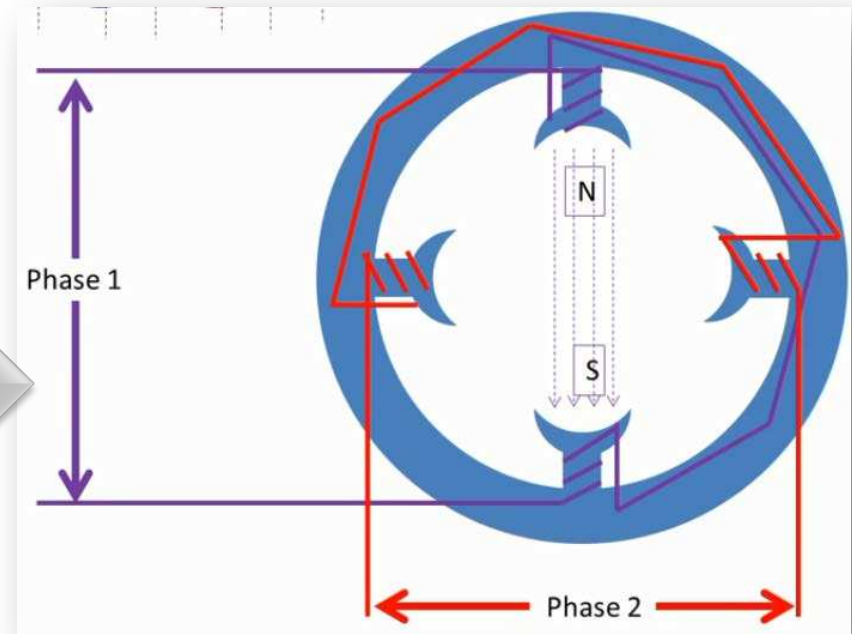


# MEDAN PUTAR STATOR

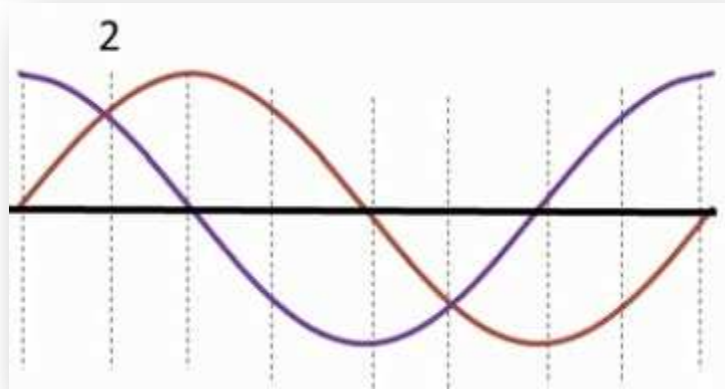


Tegangan pada fasa ke-1 bernilai maksimum (begitupula arus) dan berada pada siklus positif sehingga timbul medan magnet sesuai gambar

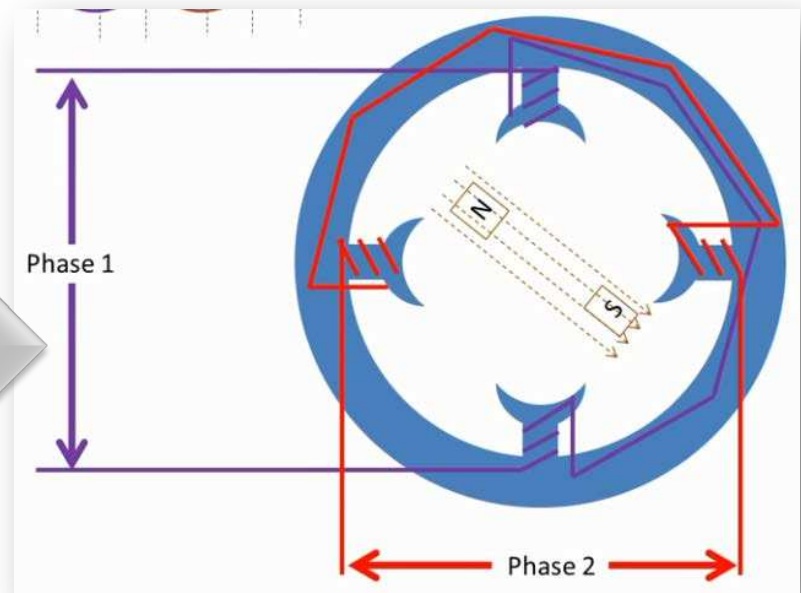
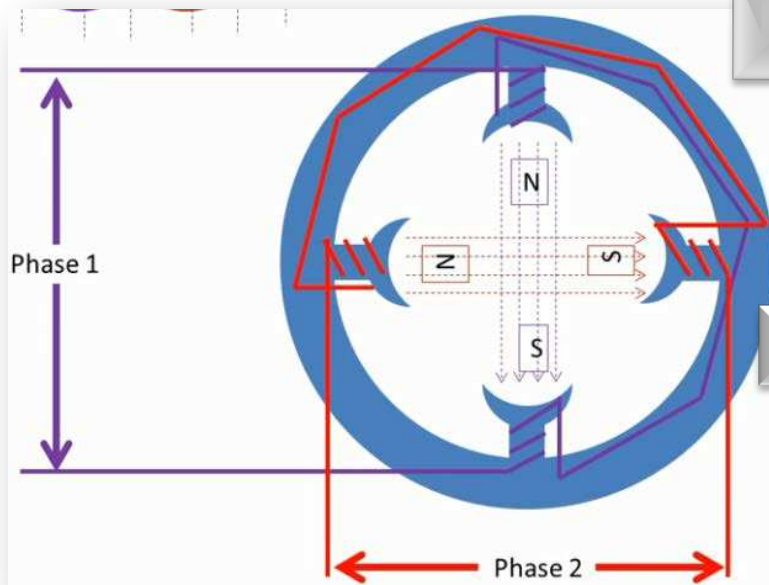
Tegangan pada fasa ke-2 bernilai 0 sehingga tidak ada arus yang mengalir di kumparan fasa ke -2 dan tidak timbul medan magnet



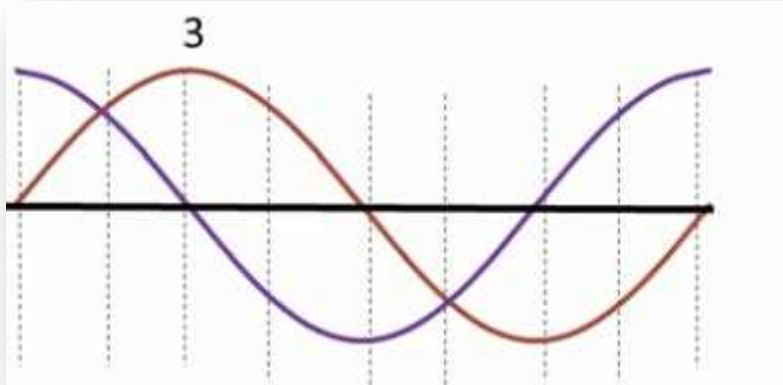
# MEDAN PUTAR STATOR



Baik tegangan pada fasa ke-1 maupun tegangan fasa ke-2 berada di siklus positif sehingga keduanya memiliki medan magnet dengan arah sesuai pada gambar.

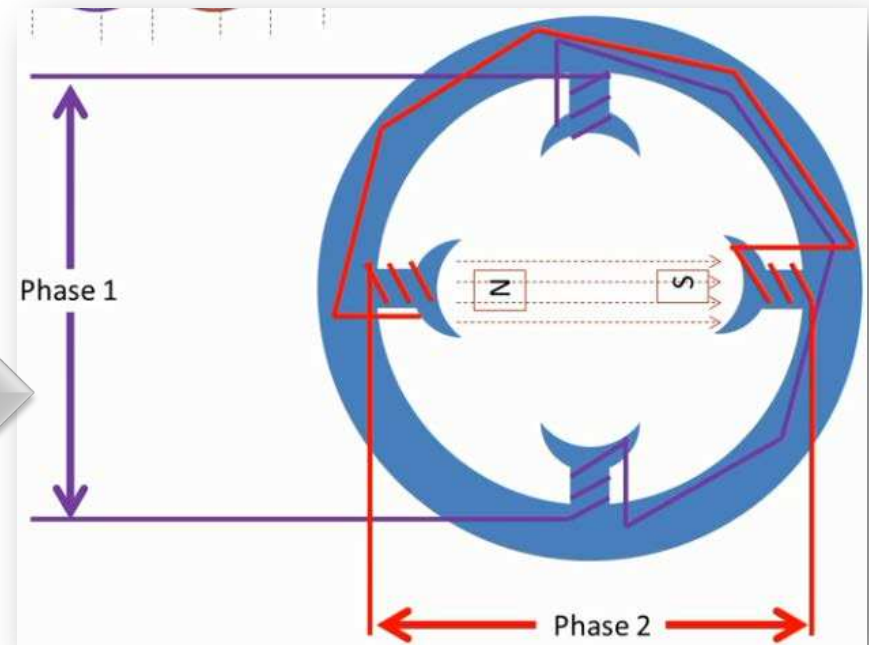


# MEDAN PUTAR STATOR



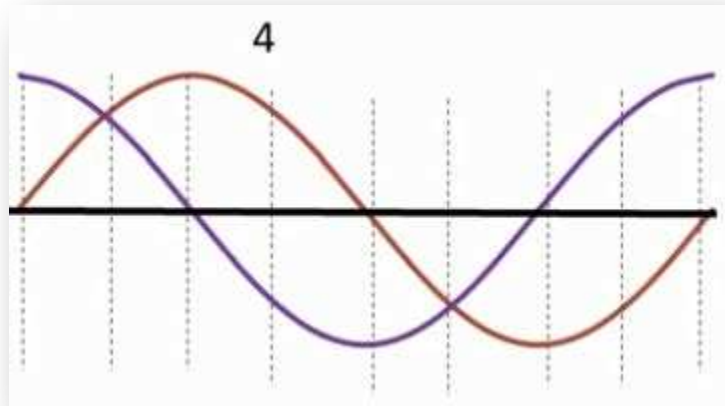
Tegangan pada fasa ke-1 bernilai 0 sehingga tidak ada arus yang mengalir di kumparan fasa ke -1 dan tidak timbul medan magnet

Tegangan pada fasa ke-2 bernilai maksimum (begitupula arus) dan berada pada siklus positif sehingga timbul medan magnet sesuai gambar

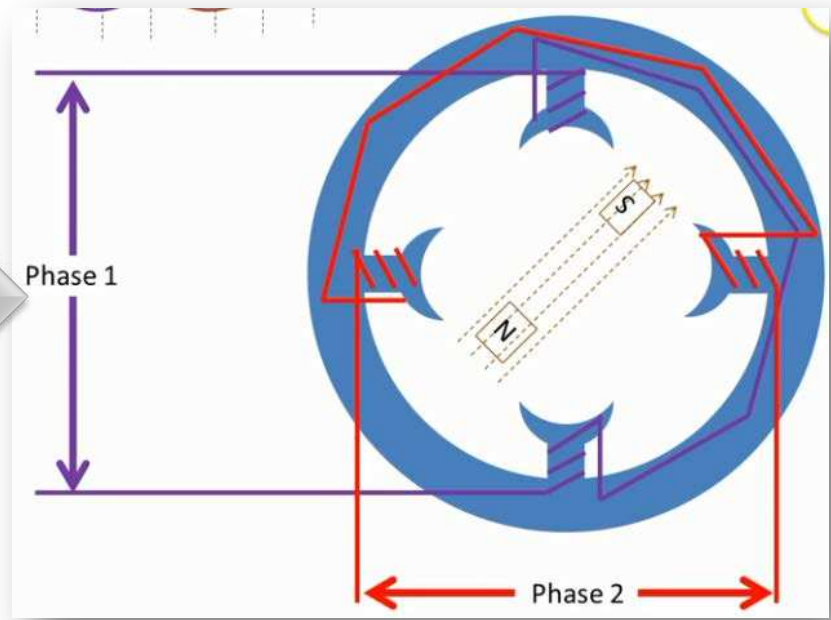
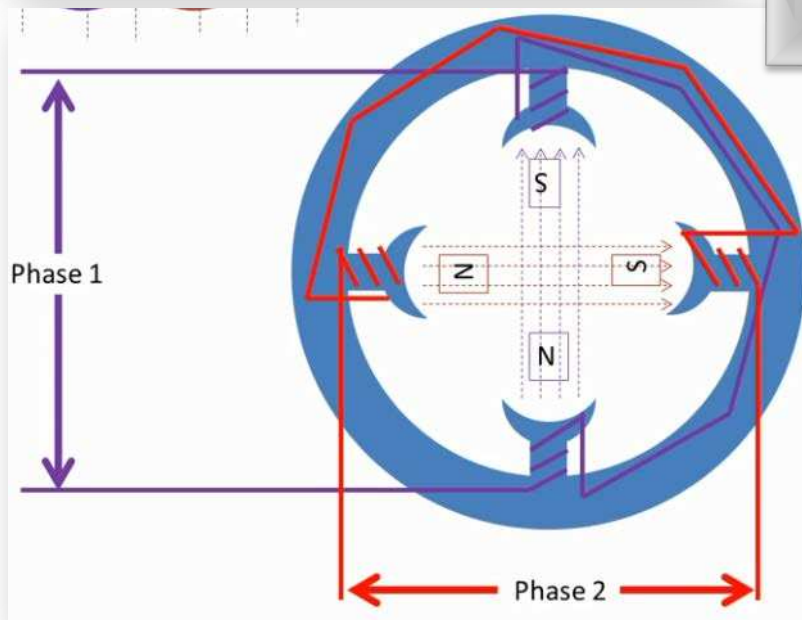




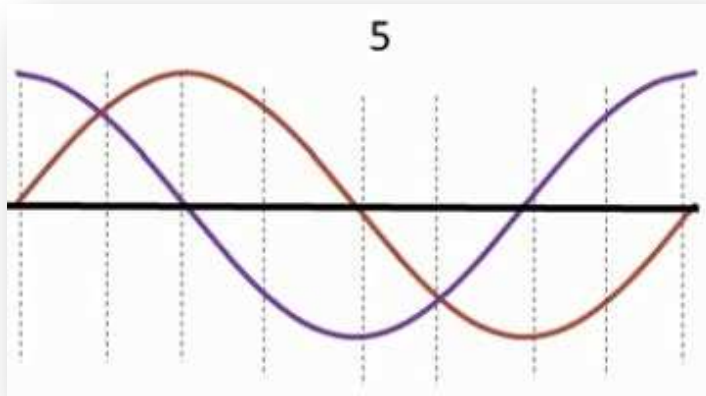
# MEDAN PUTAR STATOR



Tegangan pada fasa ke-1 berada pada siklus negatif sehingga terjadi perubahan letak kutub sementara tegangan fasa ke-2 masih berada di siklus positif

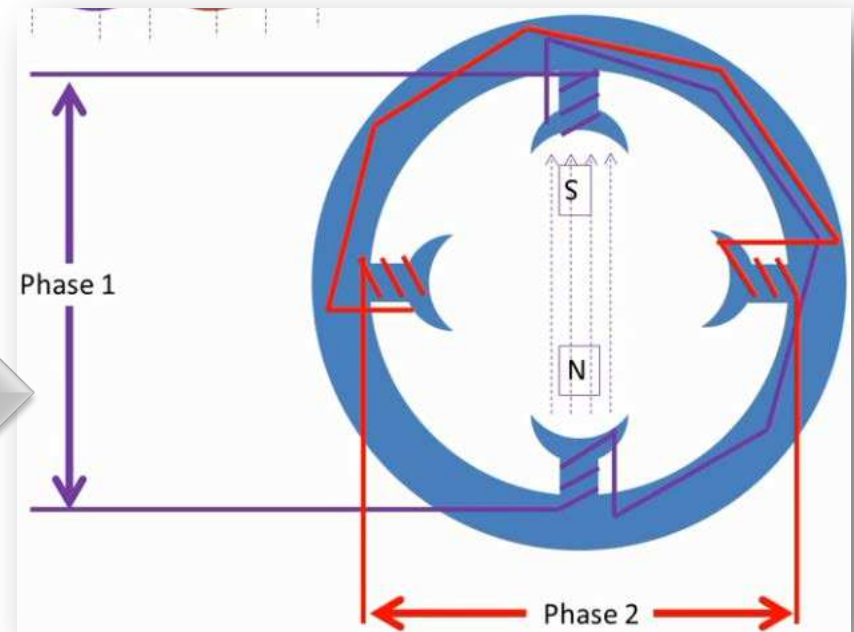


# MEDAN PUTAR STATOR

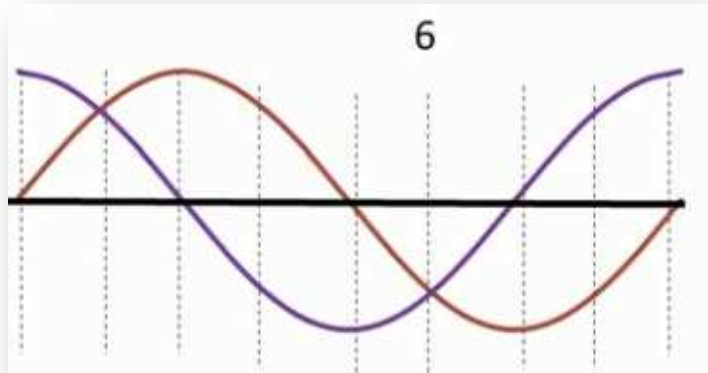


Tegangan pada fasa ke-1 berada pada siklus negatif sehingga timbul medan magnet sesuai gambar

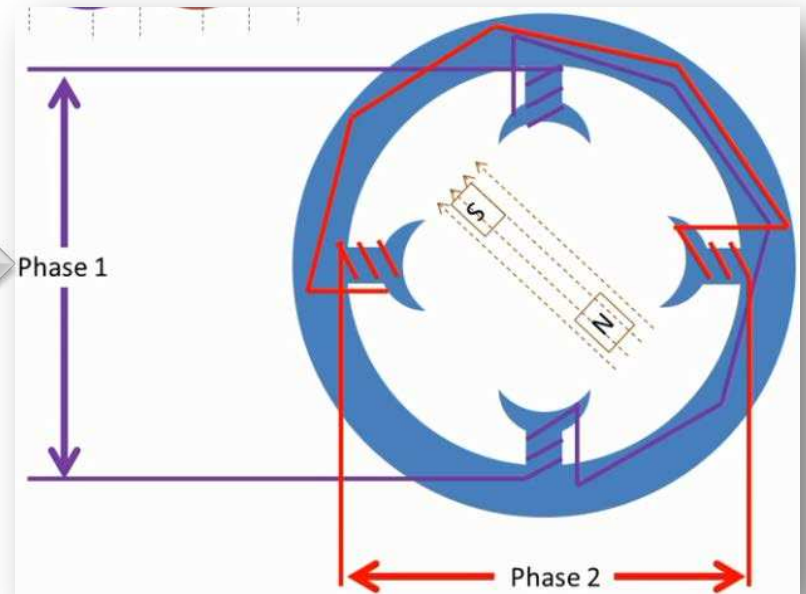
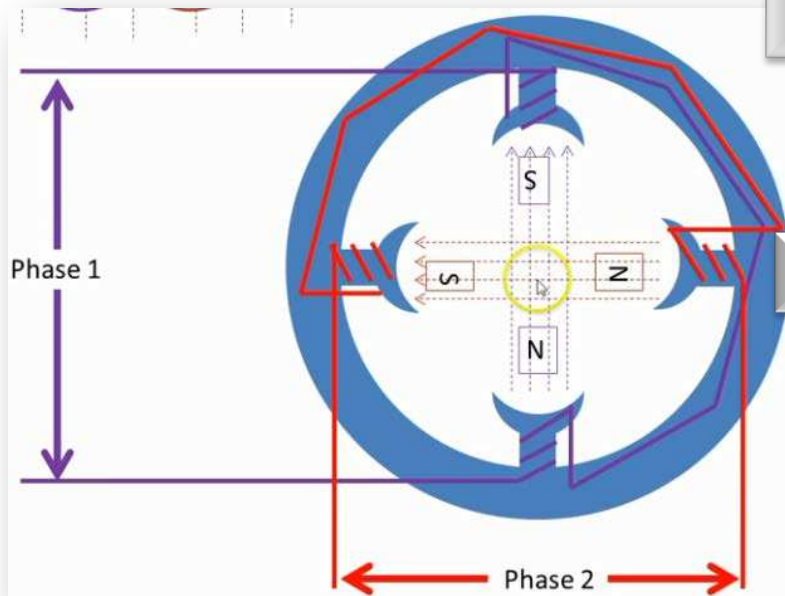
Tegangan pada fasa ke-2 bernilai 0 sehingga tidak ada arus yang mengalir di kumparan fasa ke -2 dan tidak timbul medan magnet



# MEDAN PUTAR STATOR

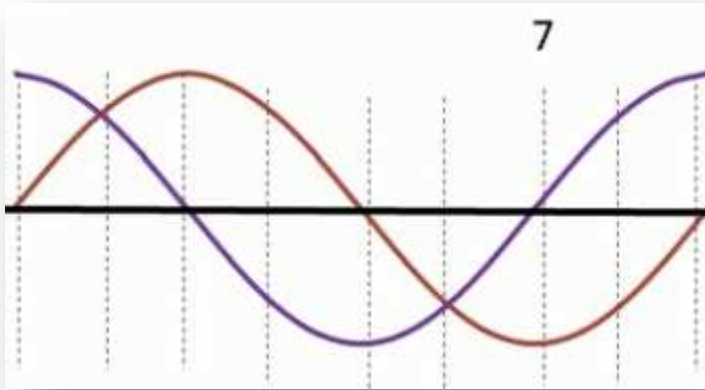


Baik tegangan pada fasa ke-1 maupun tegangan fasa ke-2 berada di siklus negatif sehingga keduanya memiliki medan magnet dengan arah sesuai pada gambar.



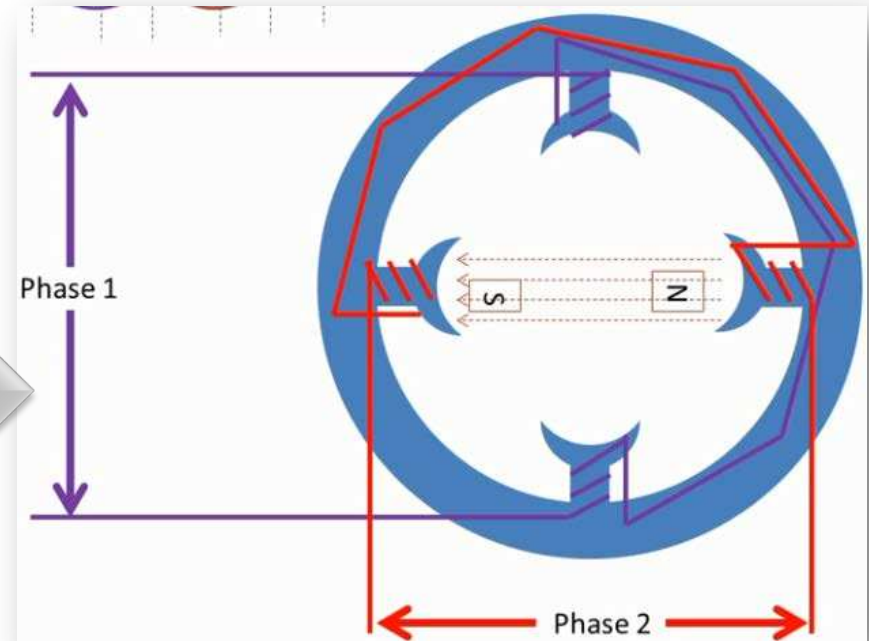
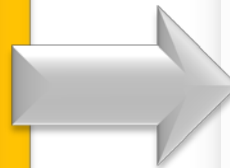


# MEDAN PUTAR STATOR

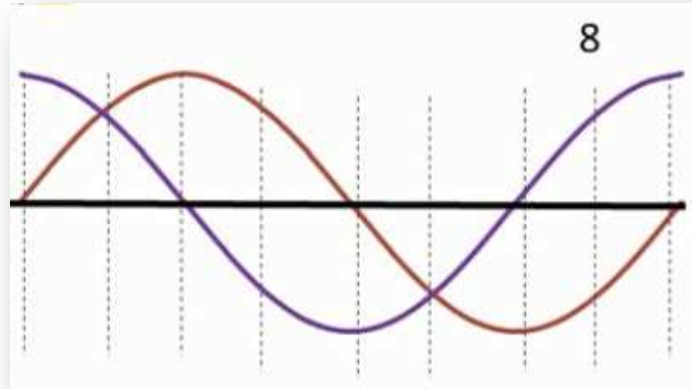


Tegangan pada fasa ke-1 bernilai 0 sehingga tidak ada arus yang mengalir di kumparan fasa ke -1 dan tidak timbul medan magnet

Tegangan pada fasa ke-2 berada pada siklus negatif sehingga timbul medan magnet sesuai gambar



# MEDAN PUTAR STATOR



Tegangan pada fasa ke-1 berada di siklus positif sementara tegangan fasa ke-2 berada di siklus negatif

