

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

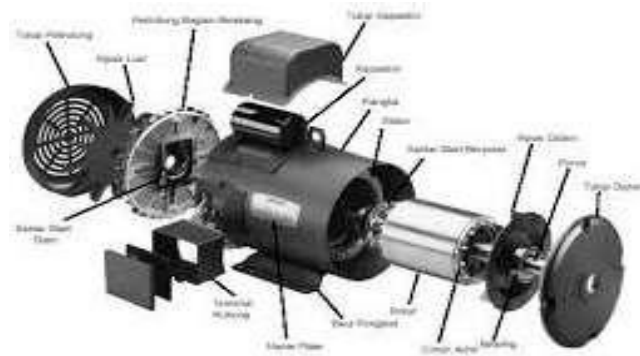
2.1 Motor Induksi

Motor induksi adalah adalah motor listrik bolak-balik (ac) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. Pada umumnya motor induksi dikenal ada dua macam berdasarkan jumlah fasa yang digunakan, yaitu: motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Sesuai dengan namanya motor induksi satu fasa dirancang untuk beroperasi menggunakan suplai tegangan satu fasa.⁶⁾



Gambar 2.1 Gambar motor induksi satu fasa ¹⁰⁾

Motor induksi satu fasa sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan yang memerlukan daya rendah dan kecepatan yang relatif konstan. Hal ini disebabkan karena motor induksi satu fasa memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksi yang cukup sederhana, kecepatan putar yang hampir konstan terhadap perubahan beban, dan umumnya digunakan pada sumber jala-jala satu fasa yang banyak terdapat pada peralatan domestik. Walaupun demikian motor ini juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu kapasitas pembebanan yang relatif rendah, tidak dapat melakukan pengasutan sendiri tanpa pertolongan alat bantu dan efisiensi yang rendah.⁵⁾

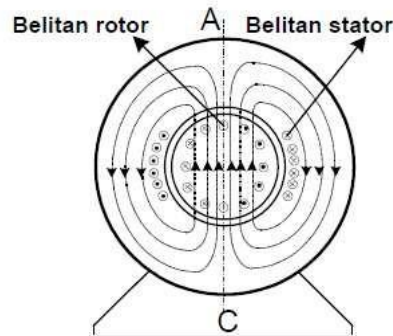


Gambar 2.2. Bagian-bagian dari Konstruksi Motor Induksi Satu Fasa.¹⁾

Konstruksi motor induksi satu fasa hampir sama dengan konstruksi motor induksi tiga fasa, yaitu terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Keduanya merupakan rangkaian magnetik yang berbentuk silinder dan simetris. Di antara rotor dan stator ini terdapat celah udara yang sempit. Stator merupakan bagian yang diam sebagai rangka tempat kumparan stator yang terpasang. Stator terdiri dari : inti stator, kumparan stator, dan alur stator. Motor induksi satu fasa dilengkapi dengan dua kumparan stator yang dipasang terpisah, yaitu kumparan utama (*main winding*) atau sering disebut dengan kumparan berputar dan kumparan bantu (*auxiliary winding*) atau sering disebut dengan kumparan start.

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

Prinsip kerja motor induksi satu fasa dapat dijelaskan dengan menggunakan teori medan putar silang (*cross-field theory*). Jika motor induksi satu fasa diberikan tegangan bolak-balik satu fasa maka arus bolak-balik akan mengalir pada kumparan stator. Arus pada kumparan stator ini menghasilkan medan magnet seperti yang di tunjukkan oleh garis putus-putus pada gambar 2.3.

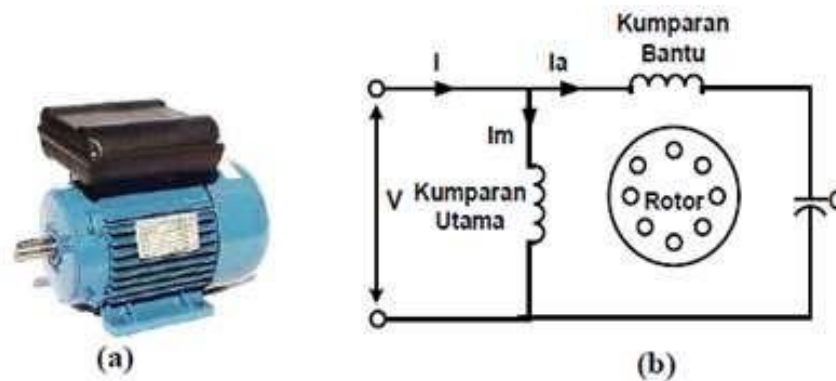


Gambar 2.3. Medan Magnet Stator Berpulsa Sepanjang Garis AC ⁴⁾

Arus stator yang mengalir setengah periode pertama akan membentuk kutub utara di A dan kutub selatan di C pada permukaan stator. Pada setengah periode berikutnya, arah kutub-kutub stator menjadi terbalik. Meskipun kuat medan magnet stator berubah-ubah yaitu maksimum pada saat arus maksimum dan nol pada saat arus nol serta polaritasnya terbalik secara periodik, aksi ini akan terjadi hanya sepanjang sumbu AC. Dengan demikian, medan magnet ini tidak berputar tetapi hanya merupakan sebuah medan magnet yang berpulsa pada posisi yang tetap (*stationary*).

2.2 Motor Kapasitor start run

Konstruksi motor kapasitor start ditunjukkan pada Gambar (a) Untuk mendapatkan torsi putar awal yang lebih besar, yaitu : dengan cara menghubungkan sebuah kapasitor yang dipasang secara seri dengan kumparan bantu seperti yang ditunjukkan pada Gambar (b) Hal ini akan menaikkan sudut fasa antara arus kumparan seperti yang ditunjukkan pada Gambar (c) Karakteristik momen putar-kecepatan putar dari motor ini dapat ditunjukkan pada Gambar (d) Karena kapasitor dipakai hanya untuk pada saat start, jenis kapasitor yang dipakai adalah kapasitor elektrolit. Motor ini menghasilkan momen putar start yang lebih tinggi.



Gambar 2.4 (a) Konstruksi (b) kumparan bantu motor kapasitor star run ¹⁾

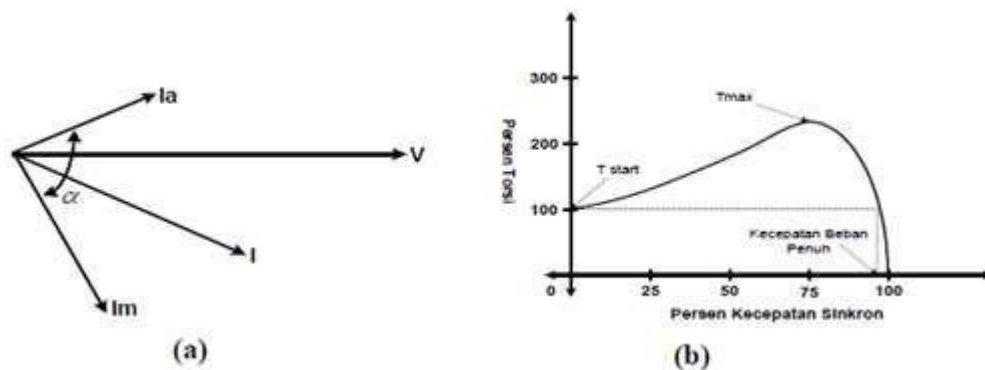
Gambar 2.4 (b) menunjukkan diagram rangkaian Motor Kapasitor Running (Motor Induksi Satu Fasa dengan Kapasitor Tetap).⁴⁾

Dimana :

- Kumparan Utama (Main Winding): Kumparan yang terhubung langsung ke sumber tegangan (V) dan tetap berenergi selama motor beroperasi.
- Kumparan Bantu (Auxiliary Winding): Kumparan yang disusun seri dengan kapasitor untuk menciptakan perbedaan fasa arus (I_a) terhadap (I_m)
- Kapasitor (C) : Berfungsi menggeser fasa arus pada kumparan bantu sehingga menghasilkan medan magnet putar untuk menstarter dan menjalankan motor secara efisien.
- Rotor: Bagian motor yang berputar (biasanya tipe sangkar tupai) akibat interaksi medan magnet dari kedua kumparan tersebut.

Prinsip Kerja Singkat:

Kapasitor menciptakan perbedaan fasa antara arus di kumparan utama dan kumparan bantu. Perbedaan fasa ini menghasilkan medan magnet putar yang memungkinkan motor untuk mulai berputar (self-starting) dan memberikan torsi yang lebih halus saat beroperasi



Gambar 2.5. (a) sudut fasa (b) karakteristik momen putar ¹⁾ **Gambar**

2.5 (a) Gambar ini menunjukkan diagram fasor untuk motor listrik, yang merepresentasikan hubungan antara tegangan (V) dan berbagai komponen arus (I).

Dimana :

V : Vektor tegangan suplai, yang biasanya digunakan sebagai fasor referensi.

I_m : Vektor arus belitan utama, yang tertinggal dari tegangan karena sifat induktif belitan motor.

I_a : Vektor arus belitan bantu (starter), yang dirancang agar lebih resistif atau kapasitif untuk mendahului atau tertinggal dari arus utama dengan sudut tertentu (α)

I : Vektor arus total yang merupakan jumlah fasor dari arus utama dan arus bantu ($I = I_m + I_a$)

α : Perbedaan sudut fasa antara arus belitan utama dan belitan bantu, yang sangat penting untuk menentukan torsi awal motor.

Gambar 2.5 (b) Gambar tersebut menampilkan kurva karakteristik torsi-kecepatan untuk motor listrik, motor induksi satu fasa.

Dimana :

- Sumbu X: Mewakili kecepatan motor, biasanya sebagai persentase dari kecepatan sinkron, berkisar dari 0% hingga 100%.
- Sumbu Y: Mewakili torsi yang dihasilkan oleh motor.

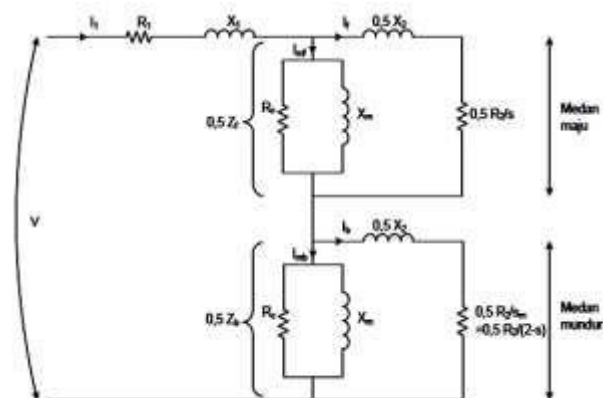
- Torsi Awal (T_{start}) : Torsi awal yang dihasilkan ketika motor mulai beroperasi dari keadaan diam (kecepatan 0).
- Torsi Maksimum (T_{max}) : Juga dikenal sebagai torsi putus atau torsi tarik, ini adalah torsi tertinggi yang dapat dihasilkan motor sebelum macet.
- Rentang Operasi: Motor biasanya beroperasi antara kecepatan torsi maksimum dan kecepatan sinkron (100% pada grafik).

2.3 Motor Induksi Saat Beroperasi ⁵⁾

Pada saat kecepatan motor induksi mulai bertambah dan bekerja hanya pada kumparan utama. Pada arah medan maju menggunakan slip s , arus rotor yang diimbaskan medan maju mempunyai frekuensi $s.f$, dimana f adalah frekuensi stator. Arus rotor ini akan menghasilkan fluks yang bergerak maju pada kecepatan slip. Fluks ini akan membangkitkan ggl dengan arah maju pada kumparan utama stator. Pangaruh pada rotor jika dilihat dari sisi stator dapat dinyatakan sebagai suatu impedansi sebesar $0,5 R_2/s + j 0,5 X_2$ paralel dengan X_m dan R_c . Seperti yang terlihat pada Gambar 2.5 dengan menggunakan simbol f . Pada arah medan putar mundur, rotor tetap bergerak dengan slip s berpatokan pada medan maju dan besarnya kecepatan putar medan maju adalah $n = 1 - s$ (2.1)

Kecepatan relatif dari rotor dengan berpatokan pada medan mundur adalah $1 + n$, Atau besarnya slip terhadap medan mundur adalah :

$$1 + n = 2 - s \quad \text{.....} \quad (2.2)$$



Gambar 2.6 Motor Induksi Satu Fasa Dalam Keadaan Diam

Selanjutnya medan mundur mengimbaskan arus rotor dengan frekuensi $(2 - s) f$. Arus rotor ini akan menghasilkan fluks yang bergerak mundur. Fluks ini akan mengimbaskan ggl pada medan mundur kumparan stator.

Untuk menghitung kecepatan sinkron, jika yang diketahui frekuensi dan jumlah kutub pada motor AC.

$$ns = \frac{120 \cdot F}{P} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

ns = Kecepatan sinkron motor (rpm)

F = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub motor

Untuk menghitung slip pada motor :

$$\% \text{ slip} = \frac{ns - n}{ns} \times 100 \dots\dots\dots (2.4)$$

n = Kecepatan motor (rpm)

Menghitung efisiensi daya motor :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Torsi Motor

Digunakan untuk analisis beban motor.

$$T = \frac{P \cdot 60}{2\pi n} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

⇒ T = torsi (Newton meter / Nm)

⇒ P = daya (Watt)

⇒ n = kecepatan (rpm)

Kapasitor Run (Cr)

$$C_r = \frac{I}{2\pi f V} \text{ (}\mu\text{F)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Kapasitor Star (Cs) Pendekatan

praktis:

$$C_s = (2 \text{ sampai } 3) \times C_r \text{ (}\mu\text{F)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Digunakan untuk meningkatkan torsi awal

Reaktansi Kapasitif

Untuk analisis rangkaian kapasitor:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \text{ (}\Omega\text{)} \dots\dots\dots (2.9)$$

Arus Beban Penuh (Running Current)

Tujuan dalam menghitung nilai arus yang mengalir pada kapasitor bertujuan untuk memastikan besaran kapasitas kapasitor yang digunakan sudah tepat, sehingga motor bekerja optimal, efisien, dan tidak mengalami kerusakan

Secara spesifik, kalkulasi ini dilakukan untuk tujuan berikut:

- **Memperbesar Torsi Awal (Starting Torque):** Menghitung nilai arus yang mengalir melalui kapasitor start memastikan beda fase arus pada belitan bantu (starting winding) cukup besar agar motor dapat langsung berputar dengan kuat saat pertama kali dinyalakan.
- **Memperbaiki Faktor Daya (Power Factor):** Kapasitor *running* membantu memperbaiki nilai $\cos \phi$, yang mengurangi pemborosan daya reaktif sehingga penggunaan listrik menjadi lebih efisien.
- **Mencegah Arus Berlebih (Overload):** Perhitungan yang tepat menghindari arus beban penuh (Full Load Amps) melebihi batas, mencegah motor menjadi terlalu panas (*overheating*) atau terbakar.

Untuk melihat bagaimana kapasitor memengaruhi performa motor secara keseluruhan. Secara teknis, besarnya arus kapasitor (I_c) sangat bergantung pada nilai kapasitansi (C) dan frekuensi sumber (f) dengan persamaan 2.10 :

$$I = \frac{P}{V \times \cos \phi} \dots\dots\dots (2.10)$$

2.4 Kapasitor pada motor induksi satu fasa⁸⁾

Kapasitor adalah komponen yang berfungsi menyimpan dan memberikan energi yang terbatas sesuai dengan kapasitasnya. Pada dasarnya kapasitor terdiri atas dua keping sejajar yang dipisahkan oleh medium dielektrik. Kapasitor pada sistem daya listrik menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki tegangan dan faktor daya, karenanya memasang atau menghubungkan kapasitor secara seri terhadap kumparan bantu (*starting*) motor induksi satu fasa jenis motor kapasitor adalah untuk memperoleh beda phase antara arus lilitan/kumparan utama (*running*)

dan arus lilitan/kumparan bantu (*starting*) yang lebih besar, sehingga dihasilkan cukup torsi untuk menggerakkan rotor sangkar pada saat starting.

Bila sebuah kapasitor dialiri arus bolak-balik (AC), maka pada kapasitor tersebut akan timbul reaktansi kapasitif (X_c). Besarnya nilai reaktansi kapasitif tergantung dari besarnya nilai kapasitansi sebuah kapasitor yang ditulis dalam simbol Farad (F) dan frekuensi (Hz) arus bolak-balik. Reaktansi kapasitif dapat ditulis dengan persamaan :

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2 \cdot f \cdot C} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

X_c = Reaktansi kapasitif (ohm) f =

Frekuensi (Hz)

C = Nilai kapasitansi kapasitor (Farad) ω

$= 2\pi f$

Untuk menentukan besarnya nilai kapasitas kapasitor dapat ditulis dengan menggunakan persamaan :

$$C = \frac{I \cdot 10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot V} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

C = Kapasitas kapasitor (mikro Farad)

I = Arus (Amper) V

= Tegangan (Volt) π

$= 3,14$ f = Frekuensi

(Herzt)

2.5 Parameter Utama dalam Perancangan Motor Induksi Satu Fasa ¹³⁾

Parameter utama dalam perancangan motor induksi satu fasa meliputi parameter listrik, mekanik, magnetik, kumparan, kapasitor, geometri, termal, dan kerugian. Seluruh parameter tersebut saling berkaitan dan harus diperhitungkan secara menyeluruh untuk menghasilkan motor dengan performa yang optimal. Parameter-parameter ini meliputi aspek listrik, mekanik, magnetik, serta konstruksi fisik motor.

1) Parameter Listrik

Parameter listrik merupakan dasar dalam menentukan karakteristik kerja motor. Parameter ini meliputi tegangan (V), arus (I), frekuensi (f), daya (P), faktor daya ($\cos \phi$), dan efisiensi (η). Tegangan dan frekuensi menentukan kondisi operasi motor, sedangkan arus mempengaruhi pemilihan ukuran penghantar pada kumparan. Daya dan efisiensi digunakan untuk mengevaluasi performa motor secara keseluruhan.

2) Parameter Mekanik

Parameter mekanik berkaitan dengan kemampuan motor dalam menggerakkan beban. Parameter ini meliputi kecepatan putar (n), torsi (T), serta slip (s). Kecepatan sinkron motor dipengaruhi oleh frekuensi dan jumlah kutub, sedangkan torsi menunjukkan kemampuan motor dalam memutar beban. Slip merupakan selisih antara kecepatan sinkron dan kecepatan rotor. Hubungan antara daya (P), torsi (τ), dan kecepatan (ω atau rpm) adalah fundamental dalam teknik mesin dan listrik, di mana daya dihasilkan dari perkalian torsi dengan kecepatan sudut :

$$P = \tau \times \omega \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Diman :

P = Daya (W)

τ = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan Sudut (rad/s)

3) Parameter Magnetik

Parameter magnetik berperan dalam pembentukan medan magnet pada motor. Parameter ini meliputi fluks magnet (Φ), kerapatan fluks (B), serta jenis material inti. Selain itu, kerugian inti seperti histeresis dan arus eddy juga harus diperhitungkan karena dapat mempengaruhi efisiensi motor.

⇒ Fluks magnetik adalah ukuran total jumlah garis medan magnet (B) yang menembus suatu luas penampang tertentu (misalnya kumparan kawat).

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \varphi \text{ (Wb)} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

⇒ Kerapatan fluks Magnet (B) juga disebut induksi magnetik menggambarkan kerapatan dan arah garis medan magnet yang melewati suatu area :

$$B = \frac{\Phi}{A} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

Φ : *Fluks magnetik (Wb)*

B : *Medan magnet/kerapatan fluks (Tesla)*

A : *Luas penampang (m^2)*

φ : *Sudut antara arah medan magnet dan garis normal bidang*

4) Parameter Kumparan (Winding)

Kumparan merupakan bagian utama dalam menghasilkan medan magnet. Pada motor induksi satu fasa terdapat dua jenis kumparan, yaitu kumparan utama dan

kumparan bantu. Parameter yang diperhitungkan meliputi jumlah lilitan, diameter kawat, resistansi, serta distribusi kumparan pada slot stator. Perbandingan antara kumparan utama dan bantu juga mempengaruhi performa starting motor.

5) **Parameter Kapasitor**

Parameter dasar kapasitor adalah nilai-nilai teknis yang menentukan karakteristik, kinerja, dan batasan penggunaan komponen tersebut dalam rangkaian elektronika. Berikut adalah parameter utama kapasitor:

- ⇒ **Kapasitansi (Capacitance):** Kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan listrik, umumnya diukur dalam Farad (F), mikrofard (μ F), nanofard (nF), atau pikofard (pF).
- ⇒ **Tegangan Kerja (Rated Voltage/Voltage Rating) :** Batas tegangan maksimum yang aman yang dapat diterapkan pada kapasitor tanpa merusak dielektrik di dalamnya.
- ⇒ **Toleransi (Tolerance) :** Rentang deviasi yang diizinkan antara nilai kapasitansi aktual dan nilai nominal yang tertera pada badan kapasitor, biasanya dalam persentase

6) **Parameter Geometri dan Konstruksi**

Parameter ini berkaitan dengan bentuk dan ukuran motor, seperti diameter stator dan rotor, panjang inti, jumlah kutub, jumlah slot, serta celah udara (air gap).

Parameter ini sangat mempengaruhi distribusi fluks dan efisiensi motor.

7) Parameter Termal

Parameter termal meliputi kenaikan suhu, sistem pendinginan, dan kelas isolasi.

Perancangan yang baik harus mampu menjaga suhu kerja motor agar tidak melebihi batas yang diizinkan, sehingga umur isolasi dan komponen motor dapat terjaga.

8) Parameter Kerugian (Losses)

Kerugian (losses) pada motor induksi merupakan faktor utama yang mengurangi efisiensi daya listrik menjadi daya mekanik. Secara umum, kerugian ini terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu kerugian tetap (konstan) dan kerugian variabel, yang mencakup komponen tembaga, besi, mekanis, dan rugi tambahan.

Berikut adalah parameter kerugian motor induksi: (a) Rugi-Rugi Tembaga (Copper Losses), (b) Rugi-Rugi Besi/Inti (Iron/Core Losses), (c) Rugi-Rugi Mekanis (Mechanical Losses)

2.6 Energi dan Daya Listrik¹⁵⁾

2.6.1 Energi Listrik

Energi listrik adalah sejumlah daya listrik yang digunakan atau diserap selama waktu tertentu, energi listrik diukur dengan menggunakan alat ukur listrik yang biasa disebut dengan wattjam meter atau kWh meter atau MWh meter. Satuan energi listrik antara lain : watt detik, wattjam, kilo Watt jam (kWh), Mega Watt jam

(MWh). Energi listrik dapat dituliskan dengan :

$$W = P \times t$$

Dimana :

$$W = \text{Energi Listrik (Wh)}$$

$$P = \text{Daya (Watt)} \quad t =$$

$$\text{Waktu}$$

2.6.2 Daya listrik¹⁶⁾

Listrik yang berkualitas adalah listrik yang mempunyai tegangan dan frekuensi yang konstan sesuai dengan nilai nominalnya. Dalam kisaran yang ditentukan, frekuensi yang stabil dan sangat dekat dengan nilai nominalnya. Permasalahan yang sering terjadi pada kualitas daya listrik (*power quality*) yaitu permasalahan daya listrik yang mengalami penyimpangan baik tegangan, arus, dan frekuensi sehingga menimbulkan kegagalan atau kesalahan operasi pada peralatan. Suplai daya listrik dari generator pembangkit sampai ke beban dioperasikan dalam batas toleransi parameter kelistrikannya seperti tegangan, arus, frekuensi, dan bentuk gelombang. Perubahan dan deviasi diluar batas toleransi parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap kualitas daya yang menyebabkan operasi tidak efisien dan dapat merusak perangkat.

Kualitas daya banyak dipengaruhi antara oleh jenis beban yang tidak linear, ketidak seimbangan pembebanan, distorsi gelombang harmonik yang melebihi standart dan lain- lain. Penurunan kualitas daya dapat menyebabkan peningkatan rugi-rugi pada sisi beban, bahkan menyebabkan penurunan kapasitas daya pada sumber pembangkit (generator). Daya memiliki arti sebagai energi per satuan waktu. Daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha di dalam sistem tenaga listrik.

Macam-macam Jenis Daya Listrik^{15) 16)}

1) Daya Aktif

Daya aktif adalah daya rata-rata yang sesuai dengan kekuatan sebenarnya ditransmisikan atau dikonsumsi oleh beban. Beberapa contoh dari daya aktif

adalah energi panas, energi mekanik, cahaya dan daya aktif memiliki satuan berupa watt (W). Berikut ini merupakan persamaan daya aktif :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

2) Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet, dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain – lain. Daya reaktif dapat dirumuskan :

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

3) Daya Semu

Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Daya semu ialah daya yang dikeluarkan sumber *alternation current* (AC) atau diserap oleh beban.

Satuan dari daya semu yaitu *volt ampere* (VA).

Persamaan dari daya semu :

$$S = V \cdot I \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

$$S = P / \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

$$I = \frac{P}{\dots\dots\dots} \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

Keterangan :

S = Daya Semu (VA)

P = Daya Nyata (W)

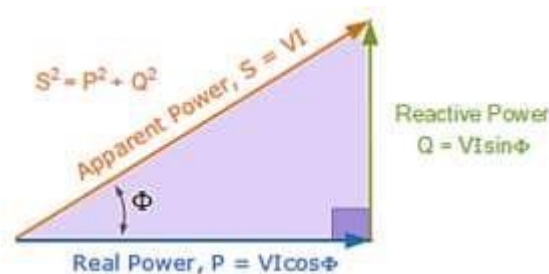
Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan Listrik (V)

I = Arus listrik (A)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

Hubungan dari ketiga daya disebut sistem segitiga daya seperti gambar berikut :



Gambar 2.7 Segitiga daya

2.7 Kapasitor

Kapasitor atau kondensator adalah komponen elektronika pasif yang menyimpan energi listrik dalam bentuk muatan listrik di antara dua pelat konduktor yang dipisahkan oleh bahan dielektrik. Satuan kapasitansnya adalah Farad (F), dengan fungsi utama untuk menyaring frekuensi (filter), memblokir arus searah (DC), dan menggeser fasa dalam rangkaian.

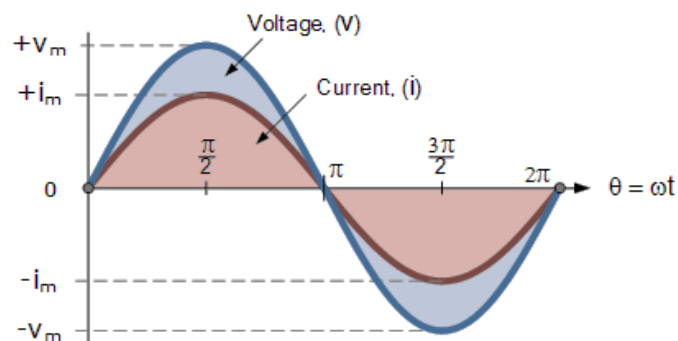


Gambar 2.8 Kapasitor Start-run motor induksi

Menggeser fasa (phase shifting) dalam rangkaian elektronika atau listrik adalah proses mengubah sudut fasa suatu sinyal sinusoidal terhadap referensi tertentu, atau hubungan waktu antara dua gelombang sinusoidal dengan frekuensi yang sama. Pergeseran ini diukur dalam derajat atau radian, di mana satu gelombang bisa mendahului (*leading*) atau tertinggal (*lagging*) dari gelombang lainnya.

2.7.1 Perbedaan Fase dan Pergeseran Fase

Perbedaan Fase digunakan untuk menggambarkan perbedaan dalam derajat atau radian antara dua atau lebih besaran bolak-balik ketika mencapai nilai maksimum atau nolnya.



Gambar 2.9 Perbedaan Fase dan Pergeseran Fase¹⁶⁾

Apa itu Perbedaan Fase Antara Dua Bentuk Gelombang? Perbedaan Fase, juga dikenal sebagai Pergeseran Fase atau Penundaan Fase, mendefinisikan perbedaan waktu antara dua bentuk gelombang sinusoidal dengan frekuensi yang sama. Perbedaan fase dari dua bentuk gelombang menunjukkan seberapa jauh satu mendahului atau tertinggal dari yang lain.

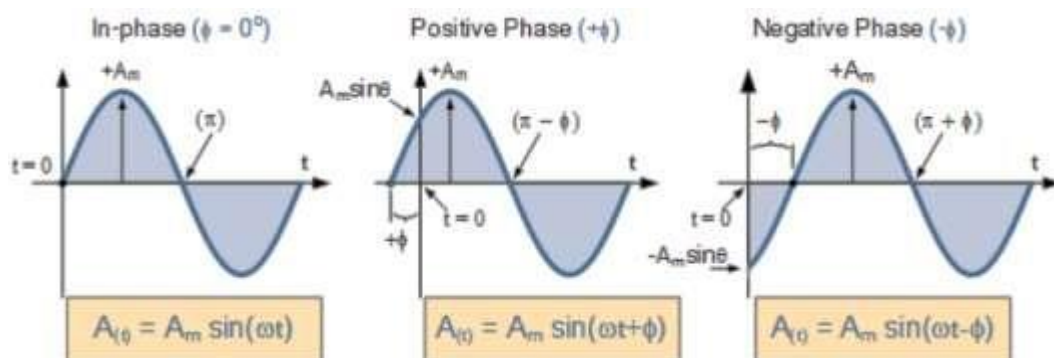
Karakteristik Gelombang Sinusoidal :

Gelombang Sinusoidal adalah besaran bolak-balik yang dapat disajikan secara grafis dalam domain waktu sepanjang sumbu horizontal menggunakan fungsi trigonometri sinus atau kosinus.

Dinyatakan sebagai: $A(t) = A_{max} \cdot \sin(\omega t)$.

Sebagai besaran yang berubah terhadap waktu, gelombang sinusoidal memiliki nilai maksimum positif pada waktu $\pi/2$ (90°) dan nilai maksimum negatif pada waktu $3\pi/2$ (270°) dengan nilai nolnya terjadi di sepanjang garis dasar horizontal pada titik: 0, π , dan 2π .

2.7.2 Hubungan Fase dari Bentuk Gelombang Sinusoidal



Gambar 2.10 Hubungan Fase dari Bentuk Gelombang Sinusoidal¹⁶⁾

Gambar tersebut mengilustrasikan bagaimana pergeseran fase memengaruhi posisi awal gelombang sinus relatif terhadap waktu $t = 0$

1) Sefase ($\phi = 0^\circ$)

Persamaan : $A(t) = A_m \sin (\phi t)$

Gelombang dimulai tepat di titik asal $(0, 0)$, Gelombang berada di titik nol $t = 0$ dan bergerak ke arah positif.

2) Fase Positif ($+\phi$)

Persamaan : $A(t) = Am \sin (\phi t)$

Juga dikenal sebagai fase awal. Bentuk gelombang bergeser ke kiri.

Pada $t = 0$. Gelombang telah mencapai nilai positif ($Am \sin \phi$)

3) Fase Negatif ($-\phi$)

Persamaan : $A(t) = Am \sin (\phi t - \phi)$

Juga dikenal sebagai fase tertinggal, bentuk gelombang bergeser ke kanan.

Pada $t = 0$, gelombang masih bernilai negatif ($-Am \sin \phi$) dan belum mencapai titik asal.

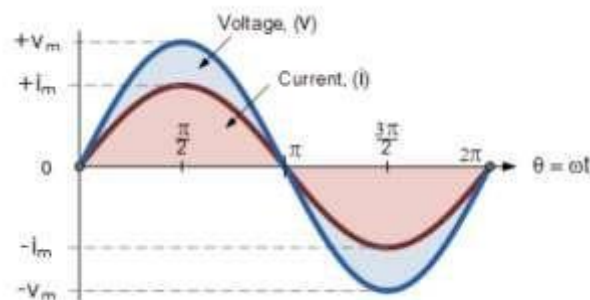
Dimana :

Am : Amplitudo puncak (perpindahan maksimum)

ϕ : Frekuensi sudut (seberapa cepat ia berosilasi)

ϕ : Sudut fase (pergeseran horizontal)

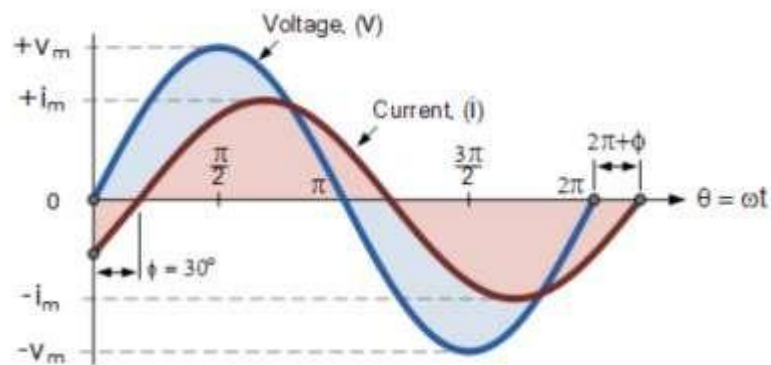
2.7.3 Gelombang Sinusoidal se-fasa



Gambar 2.11 Gelombang Sinusoidal se-fasa ¹⁶⁾

Sekarang mari kita pertimbangkan bahwa tegangan, v dan arus, i memiliki perbedaan fasa sebesar 30° . Oleh karena itu, ($\Phi = 30^\circ$ atau $\pi/6$ radian). Karena kedua besaran bolak-balik tersebut berputar dengan kecepatan yang sama, maka keduanya akan memiliki frekuensi yang sama. Oleh karena itu, perbedaan fasa ini

akan tetap konstan untuk semua saat. Dengan demikian, pergeseran fasa sebesar 30° antara kedua gelombang tersebut diwakili oleh ϕ , Φ seperti yang ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 2.12 Perbedaan Fase 30° pada Bentuk Gelombang Sinusoidal¹⁶⁾

Bentuk gelombang tegangan di atas dimulai dari nol (0°) sepanjang sumbu referensi horizontal. Namun, pada saat yang sama, bentuk gelombang arus masih bernilai negatif dan tidak melewati sumbu referensi ini hingga 30° kemudian.

Kemudian kita dapat melihat bahwa terdapat perbedaan fase antara kedua bentuk gelombang tersebut saat bentuk gelombang arus melewati sumbu referensi horizontal, mencapai puncak maksimum dan nilai nol 30° setelah bentuk gelombang tegangan.