



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Defenisi Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling banyak digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron. Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus, dan sesuai dengan Hukum *Lentz*, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor, yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran motor cenderung menurun. Pada umumnya motor induksi terbagi menjadi dua macam jenis berdasarkan jumlah fasa yang digunakan, yaitu : motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Disebut motor tiga fasa karena untuk menghasilkan tenaga mekanik tegangan yang dimasukkan pada rotor tersebut adalah tegangan tiga fasa.¹

Keuntungan motor induksi :

- a. Sangat sederhana dan daya tahan kuat (konstruksi hampir tidak pernah terjadi kerusakan , khususnya tipe squirrelcage).
- b. Harga relatif murah dan perawatan mudah.
- c. Efisiensi tinggi. Pada kondisi berputar normal, tidak dibutuhkan sikat dan karenanya rugi daya yang diakibatkan dapat dikurangi.

¹ Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1988, hal. 101



- d. Tidak memerlukan starting tambahan dan tidak harus sinkron.

Kekurangan motor induksi :

- a. Kecepatan tidak dapat berubah tanpa pengorbanan efisiensi.
- b. Tidak seperti motor DC atau motor shunt, kecepatannya menurun seiring dengan tambahan beban.
- c. Kopel awal mutunya rendah jika dibandingkan dengan motor DC shunt².

2.2 Prinsip Kerja Motor Induksi.

Adapun prinsip kerja motor induksi (tiga fasa) mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Apabila catu daya arus bolak-balik tiga fasa dihubungkan pada kumparan stator (jangkar) maka akan timbul medan putar
- b. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor
- c. Akibatnya pada kumparan rotor akan timbul tegangan induksi (GGL) sebesar :

$$E^2_s = 4,44 \cdot f^2 \cdot N^2 \cdot \varphi_m \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

E^2_s = Tegangan induksi pada saat rotor berputar (*Volt*)

N^2 = Putaran rotor (*Rpm*)

f^2 = Frekuensi rotor (*Hz*)

φ_m = Fluks motor (*Wb*)

- d. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup maka E^2_s akan menghasilkan arus (*I*).
- e. Adanya arus (*I*) dalam medan magnet akan menimbulkan gaya *F* pada rotor.
- f. Bila kopel awal yang dihasilkan oleh gaya *F* pada rotor cukup besar untuk menggerakkan beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.

² Sumber : Rijono,yon. Dasar Teknik Tenaga Listrik (Edisi Revisi): Hal :310

g. Tegangan induksi terjadi karena terpotongnya konduktor rotor oleh medan putar, artinya agar terjadi tegangan induksi maka diperlukan adanya perbedaan kecepatan medan putar stator (N_s) dengan kecepatan medan putar rotor (N_r).

h. Perbedaan kecepatan antara N_s dan N_r disebut Slip (S)

$$S = \frac{(N_s - N_r)}{N_s} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

S = Slip motor (%)

N_s = Medan putar stator (Rpm)

N_r = Medan putar rotor (Rpm)

i. Bila $N_r = N_s$ maka tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak akan mengalir, dengan demikian kopel tidak akan ada dan motor tidak berputar, kopel motor akan ada kalau ada perbedaan antara N_r dengan N_s . $N_r < N_s$.³

2.3 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Konstruksi motor induksi secara detail terdiri dua bagian, yaitu: bagian stator dan bagian rotor dapat di lihat pada *Gambar 2.1*.



Gambar 2.1. Bentuk Fisik Motor Induksi.

Stator adalah bagian motor yang diam yang terdiri dari badan motor, inti stator,

³ Sumanto, *Motor Listrik Arus Bolak-Balik*, ANDI, Yogyakarta, 1993 , hal. 7

belitan stator, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor adalah bagian motor yang berputar, terdiri atas rotor sangkar dan poros rotor. Konstruksi motor induksi tidak ada bagian rotor yang bersentuhan dengan stator, karena dalam motor induksi tidak ada komutator dan sikat arang, selain itu juga konstruksi motor induksi lebih sederhana di bandingkan dengan motor DC, dikarenakan tidak ada komutator dan sikat arang sehingga pemeliharaan motor induksi sangat mudah yaitu di bagian mekanik nya saja, dan konstruksinya juga begitu sederhana serta motor induksi sangat handal dan jarang sekali rusak secara elektrik. Bagian motor induksi yang perlu di pelihara rutin adalah pelumas bearing, dan pemeriksaan kekencangan baut-baut kabel pada terminal box apabila terjadi kondor atau lepas akibat pengaruh getaran secara terus menerus.

2.3.1 Stator (Bagian Motor Yang Diam)

Pada bagian stator terdapat beberapa slot yang merupakan tempat kawat (konduktor) dari tiga fasa yang disebut kumparan stator, yang masing-masing kumparan mendapatkan suplai arus tiga fasa. Stator terdiri dari pelat-pelat besi yang disusun sama besar dengan rotor dan pada bagian dalam mempunyai banyak alur-alur yang diberi kumparan kawat tembaga yang berisolasi. Lalu akan timbul flux medan putar , karena adanya flux medan putar pada kumparan stator, mengakibatkan rotor berputar karena adanya induksi magnet dengan kecepatan putar sinkron dengan kecepatan putar stator. Dari bagian stator dapat dibagi menjadi beberapa bagian antara lain sebagai berikut :

1. Rangka (Frame)

Fungsi utama dari rangka adalah sebagai tempat mengalirnya fluks magnet, karena itu ranka mesin di buat dari bahan ferromagnetik. Selain itu rangka berfungsi untuk meletakkan alat-alat tertentu dan melindungi bagian-bagian mesin lainnya. Mesin – mesin yang kecil di buat dari besi tuang, sedangkan mesin-mesin yang besar rangkanya di buat dari plat campuran baja yang berbentuk silinder.

2. Inti kutub magnet dan lilitan penguat magnet

Fluks magnet yang terdapat pada mesin motor listrik dihasilkan oleh kutub kutub magnet. Kutub magnet diberi lilitan penguat magnet yang berfungsi untuk tempat aliran arus listrik supaya terjadi proses elektromagnetisme. Pada dasarnya kutub magnet terdiri dari magnet dan sepatu kutub magnet. Karena kutub magnet berfungsi menghasilkan fluks magnet, maka kutub magnet di buat dari bahan ferromagnetik, misalnya campuran baja-silikon. Di samping itu kutub magnet di buat dari bahan berlapis-lapis tipis untuk mengurangi panas karena adanya arus pusar yang terbentuk pada kutub magnet tersebut.

3. Sikat komutator

Fungsi dari sikat adalah sebagai sebagai penghubung untuk aliran arus dari lilitan jangkar ke terminal luar(generator) ke lilitan jangkar (Motor). Karena itu sikat sikat di buat dari bahan konduktor. Di samping itu sikat juga berfungsi untuk terjadinya komutasi bersamaan dengan komutator, bahan sikat harus lebih lunak dari komutator. Supaya hubungan/kontak antara sikat sikat yang diam dengan komutator yang berputar dapat sebaik mungkin, maka sikat memerlukan alat pemegang dan penekan berupa per/pegas yang dapat diatur.

4. Komutator

Seperti diketahui komutator berfungsi sebagai alat penyearah mekanik, yang ber-sama-sama dengan sikat membentuk suatu kerjasama yang disebut komutasi. Supaya menghasilkan penyearah yang lebih baik, maka komutator yang digunakan jumlahnya banyak. Karena itu tiap belahan/segmen komutator tidak lagi merupakan bentuk sebagian selinder, tetapi sudah berbentuk lempeng-lempeng. Diantara setiap lempeng/ segmen komutator terdapat bahan isolator. Isolator yang digunakan menentukan kelas dari mesin berdasarkan kemampuan suhu yang timbul dalam mesin tersebut.

5. Jangkar

Jangkar yang umum digunakan dalam mesin arus searah adalah yang berbentuk silinder, yang diberi alur pada bagian permukaannya untuk melilitkan kumparan-kumparan tempat terbentuknya Ggl imbas. Jangkar dibuat dari bahan



yang kuat yang mempunyai sifat ferromagnetik dengan permeabilitas yang cukup besar, dengan maksud agar kumparan lilitan jangkar terletak dalam daerah yang imbas magnetnya besar sehingga ggl yang terbentuk dapat bertambah besar.

2.3.2 Rotor (Bagian Motor Yang Bergerak)

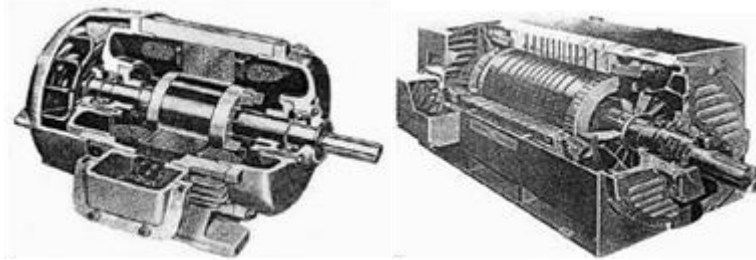
Berdasarkan hukum faraday tentang imbas magnet, maka medan putar yang secara relative merupakan medan magnet yang bergerak terhadap penghantar rotor akan mengimbaskan gaya gerak listrik (ggl). Frekuensi imbas ggl ini sama dengan frekuensi jala-jala (sumber). Besarnya ggl imbas ini berbanding lurus dengan kecepatan relative antara medan putar dan penghantar rotor. Penghantar –penghantar dalam rotor yang membentuk suatu rangkaian tertutup, merupakan rangkaian pelaju arus rotor dan searah dengan hukum yang berlaku yaitu hukum lenz.

Dalam hal ini arus rotor ditimbulkan karena adanya perbedaan kecepatan yang berada diantara fluksi atau medan putar stator dengan penghantar yang diam. Rotor akan berputar dalam arah yang sama dengan arah medan putar stator. Berdasarkan bentuk rotornya, motor induksi terbagi menjadi dua kelompok besar, yaitu :

- **Rotor Sangkar**

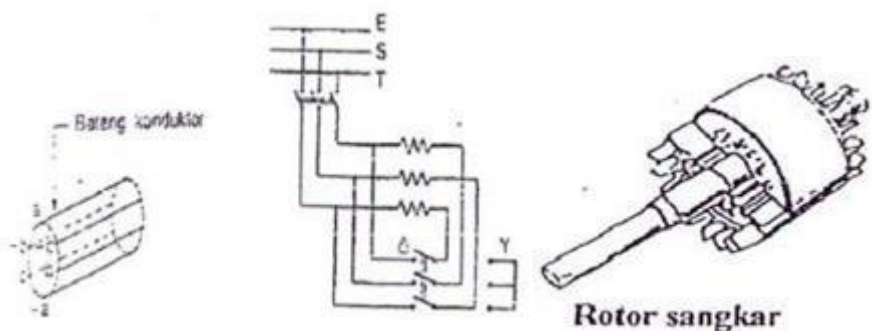
Motor induksi rotor sangkar tupai memiliki konstruksi yang sangat sederhana, dimana rotornya dari inti berlapis dengan konduktor dipasang parallel atau kira- kira parallel dengan poros yang mengelilingi permukaan inti. Konduktornya tidak terisolasi dari inti, karena arus rotor secara ilmiah akan mengalir melalui tahanan yang paling kecil dari konduktor rotor. Batang rotor dan cincin ujung sangkar yang lebih kecil adalah tembaga atau aluminium dalam satu lempeng dengan inti rotor. Dalam motor yang lebih besar, batang rotor tidak dicor melainkan dibenamkan dalam alur kemudian dilas dan ditempatkan parallel terhadap poros motor tetapi kerap kali dimiringkan. Hal ini akan menghasilkan torsi yang lebih seragam dan juga mengurangi dengung magnetik sewaktu motor

sedang berputar.



Gambar 2.2. Konstruksi Motor Induksi Rotor Sangkar

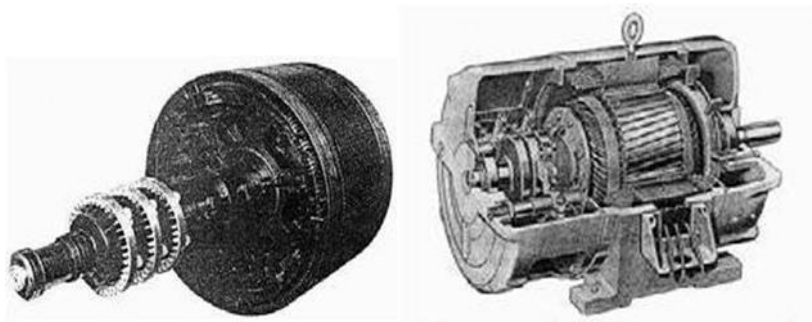
Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai yang terlihat pada *gambar 2.6*, konstruksi rotor jenis ini sangat sederhana jika dibandingkan dengan rotor pada jenis motor listrik lainnya. Dengan demikian harganya pun relatif lebih murah dibandingkan dengan harga motor listrik jenis lainnya, namun demikian pada motor ini tidak mungkin diberikan pengaturan tahanan luar seperti pada motor induksi rotor belit. Untuk membatasi arus start yang besar, tegangan sumber harus dikurangi dan biasanya digunakan autotransformator atau saklar Y dan Δ . Tetapi berkurangnya arus start akan mengakibatkan berkurangnya kopel mula, untuk mengatasi ini digunakan rotor jenis sangkar ganda.



Gambar 2.3. Konstruksi Rotor Sangkar Tupai

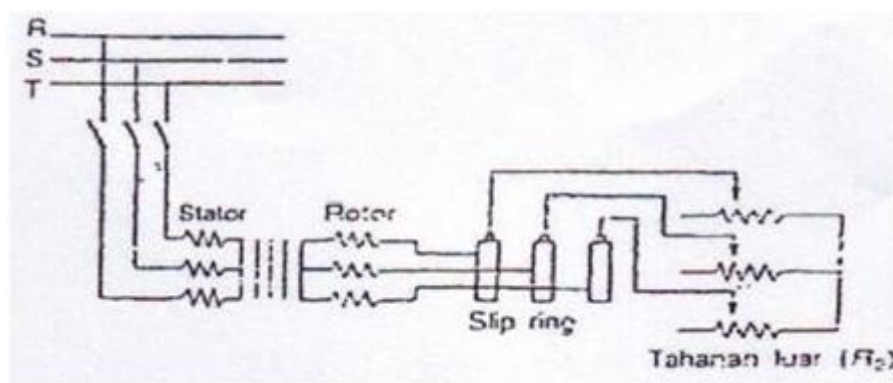
- **Rotor Belitan**

Untuk motor induksi rotor belitan berbeda dengan motor rotor sangkar tupai dalam hal konstruksinya rotornya. Seperti namanya, rotor dililit dengan belitan terisolasi serupa dengan belitan yang ada pada stator. Belitan fasa rotor dihubungkan secara Y dan masing-masing fasa ujung terbuka yang dikeluarkan ke cincin slip yang terpasang pada poros rotor. Motor jenis ini kurang begitu banyak digunakan jika dibandingkan dengan motor jenis rotor sangkar tupai, ini karena harganya yang lebih mahal dan biaya pemeliharaannya yang lebih besar.



Gambar 2.4. Motor Induksi Rotor Belitan.

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga fasa sama seperti kumparan stator.



Gambar 2.5. Rangkaian Rotor Lilit dengan penambahan tahanan luar.

Seperti terlihat pada gambar diatas, penambahan tahanan luar dengan harga tertentu bisa membuat kopel mula mencapai harga kopel maksimumnya. Kopel

mula yang besar memang diperlukan saat waktu start. Motor induksi jenis ini memungkinkan penambahan tahanan luar. Tahanan luar dihubungkan ke rotor melalui cincin (gambar). Selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar, tahanan luar tadi juga berguna untuk membatasi arus start yang besar. Disamping itu dengan mengubah-ubah besarnya nilai tahanan luar, kecepatan motor dapat diatur.¹

Adapun perbedaan motor induksi rotor sangkar tupai dengan rotor lilit sebagai berikut motor induksi rotor sangkar dengan rotor lilit dari segi karakteristik dan juga jumlah kutubnya, jika dibandingkan rotor sangkar dan rotor lilit perbedaannya sebagai berikut :

1. Karakteristik motor induksi rotor sangkar tidak melalui slipring, sedang pada motor induksi rotor lilit masih memungkinkan variasi karakteristiknya dengan cara menambahkan rangkaian tahanan luar dengan melalui slipring.
2. Jumlah kutub pada rotor sangkar menyesuaikan pada belitan statornya, sedangkan jumlah kutub pada rotor lilit sudah tertentu.

Keuntungan dari motor induksi dengan rotor lilit adalah bahwa motor jenis ini dapat ditambah dengan tahanan luar. Hal ini sangat menguntungkan untuk starting motor karena bisa memperkecil arus start motor yang besar dan juga bisa sebagai pengatur kecepatan putaran motor.

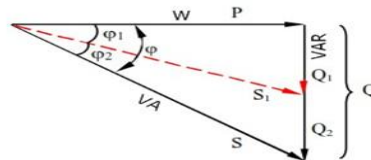
2.4 Faktor daya

Daya didefinisikan sebagai laju energi yang dibangkitkan atau dikonsumsi oleh suatu peralatan listrik, satuannya adalah Joule/detik atau watt yang disebut sebagai daya aktif (P). Selain daya aktif, kita kenal daya reaktif (Q) memiliki satuan VAR atau volt-ampere reaktif. Daya reaktif (Q) ini tidak memiliki dampak apapun dalam kerja suatu beban berguna bagi konsumen listrik. Gabungan antara daya aktif dan reaktif adalah daya semu (S) dengan satuan VA

¹ Zuhail, Dasar Tenaga Listrik. Bandung: Penerbit ITB, 1991. Hal: 82-83



atau volt-ampere. Jika digambarkan dalam bentuk segitiga daya, maka daya semu direpresentasikan oleh sisi miring sedangkan daya aktif dan reaktif direpresentasikan oleh sisi-sisi segitiga yang saling tegak lurus, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Segitiga Daya.

Faktor daya (*power factor*) atau sering disebut dengan $\cos \phi$ adalah perbandingan daya aktif dan daya semu. Sudut adalah sudut yang dibentuk antara sisi daya aktif (P) dan daya semu (S) sedangkan daya reaktif (Q) tegak lurus terhadap daya aktif (P), maka :

$$\cos \phi = \frac{p}{s} \dots\dots\dots (2.3)$$

a. Daya semu (S)

Daya semu merupakan penjumlahan vektoris dari daya aktif dan daya reaktif, diukur dalam volt ampere (VA). Daya semu ini merupakan daya yang dikirim oleh perusahaan energi listrik kepada pelanggan.

Line to netral / 1 fasa

$$S = V \cdot I \dots\dots\dots (2.4)^4$$

Line to line/ 3 fasa

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots (2.5)^4$$

b. Daya Aktif (P)

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang diperlukan beban untuk melakukan tugas tertentu atau disebut juga daya yang terpakai atau dipergunakan. Satuan daya aktif adalah Watt. Misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain – lain.

⁴ Edminister, Joseph A. Nahvi, Mahmood, Rangkaian Listrik Edisi Keempat, Jakarta 1999(150)

⁴ Edminister, Joseph A. Nahvi, Mahmood, Rangkaian Listrik Edisi Keempat, Jakarta 1999(171)

***Line to netral/ 1 fasa***

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.6)^4$$

Line to line/ 3 fasa

$$P = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.7)^4$$

Ket :

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Cos φ = Faktor Daya**c. Daya Reaktif (Q)**

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, dimana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas. Daya reaktif ini adalah hasil kali antara besarnya arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor daya. Daya reaktif juga 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. Satuan daya reaktif adalah Var.

Line to netral/ 1 fasa

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (2.8)^4$$

Line to line/ 3 fasa

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (2.9)^4$$

Ket :

Q = Daya reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

Sin φ = Faktor Daya

⁴ Edminister, Joseph A. Nahvi, Mahmood, Rangkaian Listrik Edisi Keempat, Jakarta 1999(150)

⁴ Edminister, Joseph A. Nahvi, Mahmood, Rangkaian Listrik Edisi Keempat, Jakarta 1999(171)

⁴ Edminister, Joseph A. Nahvi, Mahmood, Rangkaian Listrik Edisi Keempat, Jakarta 1999(150)

⁴ Edminister, Joseph A. Nahvi, Mahmood, Rangkaian Listrik Edisi Keempat, Jakarta 1999(171)



Untuk beban yang bersifat induktif, besarnya impedansi adalah :

$$Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} \dots \dots \dots (2.10)$$

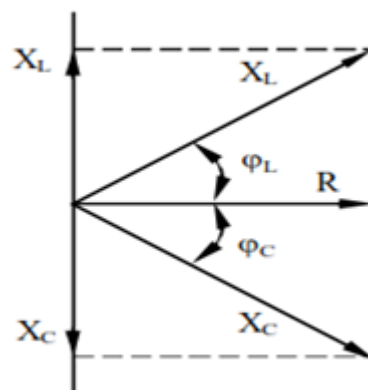
$$X_L = \omega L = 2 \pi \cdot f \cdot L \dots \dots \dots (2.11)^5$$

Sedangkan untuk beban kapasitif, besarnya impedansi :

$$Z_L = \sqrt{R^2 - X_C^2} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \dots \dots \dots (2.13)^5$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} \dots \dots \dots (2.14)$$



Gambar 2.7. Diagram Vektor Impedansi Beban

2.5. Macam – Macam Beban Listrik

Dalam sistem listrik arus bolak-balik, jenis beban dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu :

1. Beban Resistif (R)

Beban resistif (R) adalah beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm/resistor murni (*resistance*), seperti misalnya elemen pemanas dan lampu

⁵ Linsley, Trevor. Instalasi Listrik Tingkat Lanjut. Erlangga. Jakarta, 1999 (113)

⁵ Linsley, Trevor. Instalasi Listrik Tingkat Lanjut. Erlangga. Jakarta, 1999 (113)



pijar. Beban jenis ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali, serta mempunyai faktor daya sama dengan 1 (satu). Tegangan dan arusnya berada dalam satu garis yang sama

Persamaan daya sebagai berikut :

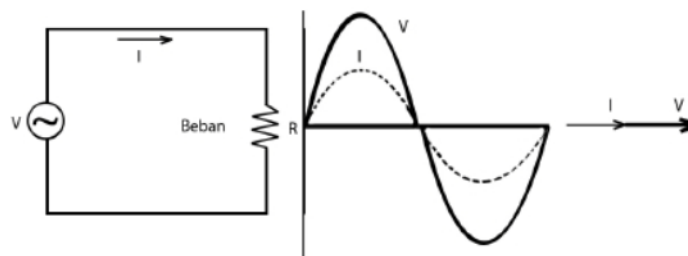
$$P = V.I \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan :

P = Daya aktif yang diserap beban (Watt)

V = Tegangan yang mencatu beban (volt)

I = Arus yang mengalir pada beban (Ampere)



Gambar 2.8. Arus Dan Tegangan Pada Beban Resistif

2. Beban Induktif (L)

Beban induktif (L) yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti *coil*, motor-motor listrik, transformator dan selenoida. Beban jenis ini dapat mengakibatkan pergeseran fasa (*phase shift*) pada arus sehingga bersifat *lagging*. Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis akan mengakibatkan fasa arus bergeser dan menjadi tertinggal terhadap tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan daya reaktif.

Persamaan daya aktif untuk beban induktif adalah sebagai berikut :

$$P = V.I . \text{Cos } \varphi \dots\dots\dots (2.16)$$

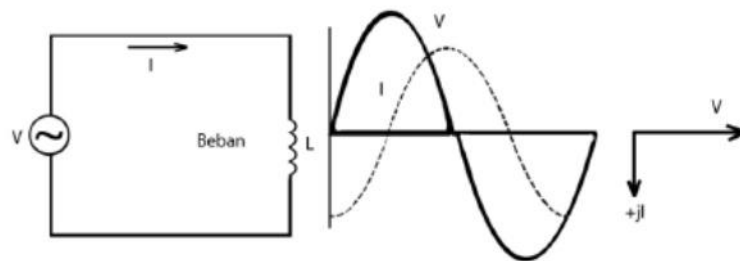
Dengan :

P = daya aktif yang diserap (watt)

V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

φ = sudut antara arus dan tegangan



Gambar 2.9. Arus Dan Tegangan Pada Beban Induktif

Untuk menghitung besarnya reaktansi induktif (X_L), dapat digunakan rumus :

$$X_L = 2\pi . f . L \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan :

X_L = reaktansi induktif

F = frekuensi (Hz)

L = induktansi (Henry)



3. Beban Kapasitif (C)

Beban kapasitif (C) yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian dielektrik (*electrical charge*) pada suatu sirkuit. Komponen ini dapat menyebabkan arus *leading* terhadap tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif. Persamaan daya aktif untuk beban kapasitif adalah sebagai berikut :

$$P = VI \cos \varphi \dots\dots\dots (2.18)$$

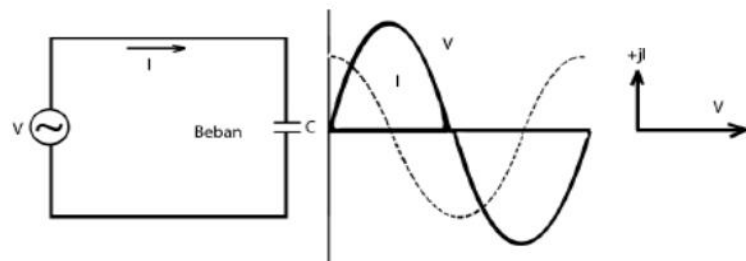
Dengan :

P = daya aktif yang diserap beban (watt)

V = tegangan yang mencatu beban (volt)

I = arus yang mengalir pada beban (A)

$\cos \varphi$ = sudut antara arus dan tegangan



Gambar 2.10. Arus Dan Tegangan Pada Beban Kapasitif

Untuk menghitung besarnya reaktansi kapasitif (X_C), dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan :

X_C = reaktansi kapasitif

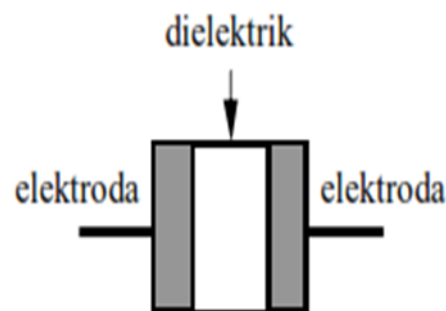
f = frekuensi

C = kapasitansi (Farad)



2.6 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen yang dapat menyimpan muatan listrik. Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coulomb atau setara dengan $6,25 \times 10^{18}$ elektron. Struktur sebuah kapasitor yang terbuat dari 2 buah pelat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik ditunjukkan pada Gambar 2.18. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung pelat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki elektroda metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang lain. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujungnya.



Gambar 2.11. Prinsip Dasar Kapasitor

Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar faktor daya dipasang paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan keluar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya, dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah itu kembali normal, maka kapasitor akan menyimpan



kembali elektron. Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron (I_c) berarti kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban. Kerena beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitif (-) akibatnya daya reaktif akan menjadi kecil.

Secara definisi sebuah kapasitor dikatakan memiliki kapasitansi 1 farad jika suatu beda potensial sebesar 1 volt dapat menjaga atau menahan muatan sebesar 1 Coulomb diantara kedua plat kapasitor tersebut, atau:

$$C = \frac{Q}{V}$$

a. Kapasitansi kapasitor

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Coulombs pada abad 18 menghitung bahwa 1 coulomb = $6,25 \times 10^{18}$ elektron. Kemudian Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat membuat muatan elektron sebanyak 1 coulomb. Dengan rumus dapat ditulis :

Diketahui:

$$\omega = 2 \pi f \dots\dots\dots (2.20)$$

$$X_c = V_c / I_c \dots\dots\dots (2.21)$$

Maka :

$$C = 1 / \omega \cdot X_c$$

$$C = 1 / 2 \pi f \cdot X_c$$

$$= 1 / 2 \pi f \cdot \frac{V_c}{I_c}$$

$$= I_c / 2 \pi f \cdot V_c \dots\dots\dots (2.22)^5$$

Dimana :

$$\pi = \text{konstanta sebesar } 3,14$$

$$f = \text{Frekuensi suplai}$$

$$X_c = \text{Reaktansi kapasitif}$$

⁵ Linsley, Trevor, *Instalasi Listrik Tingkat Lanjut*, Erlangga, Jakarta, 1999(113)



b. Faktor yang Mempengaruhi Nilai Kapasitansi

Kapasitansi dari sebuah kapasitor dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu :

1. Luas area plat (A); makin besar nilai A , maka makin besar pula kapasitansi.
2. Jarak antara plat (d); makin kecil jarak d , maka makin besar kapasitansi.
3. Tetapan dielektrik dari bahan atar plat (ϵ); makin besar nilai ϵ , maka makin besar pula nilai kapasitansi.

Ketiga faktor diatas jika dinyatakan dalam persamaan adalah sebagai berikut :

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

- C = Nilai Kapasitansi (F)
 A = Luas area plat metal (m^2)
 d = Jarak antara plat metal (m)

c. Reaktansi kapasitif

Reaktansi kapasitif merupakan komponen yang menahan arus listrik bolak balik dalam rangkaian kapasitif. Reaktansi kapasitif ini mengakibatkan arus rangkaian yang mendahului tegangannya. Reaktansi kapasitif ini dirumuskan oleh persamaan :

$$X_c = \frac{1}{2 \pi f} \cdot C \dots\dots\dots (2.24)^5$$

Dimana :

- π = konstanta sebesar 3,14
 f = Frekuensi suplai
 X_c = Reaktansi kapasitif

Hal ini juga dirumuskan oleh persamaan :

$$X_c = V_c / I_c \dots\dots\dots (2.25)^5$$

⁵ Linsley, Trevor, *Instalasi Listrik Tingkat Lanjut*, Erlangga, Jakarta, 1999

⁵ Linsley, Trevor, *Instalasi Listrik Tingkat Lanjut*, Erlangga, Jakarta, 1999

d. Pengisian dan Pengosongan Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik sehingga pada aplikasinya banyak digunakan untuk untuk membuat osilasi, timer, serta penstabil tegangan pada rangkaian power supply.

Kapasitor dapat menyimpan muatan listrik sesuai dengan kapasitas kapasitansinya.

$$C = Q \cdot V$$

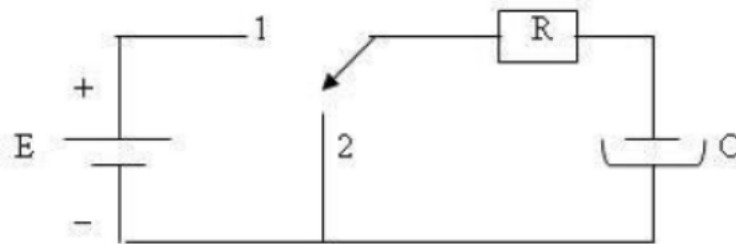
Keterangan:

C = kapasitansi kapasitor (Farad)

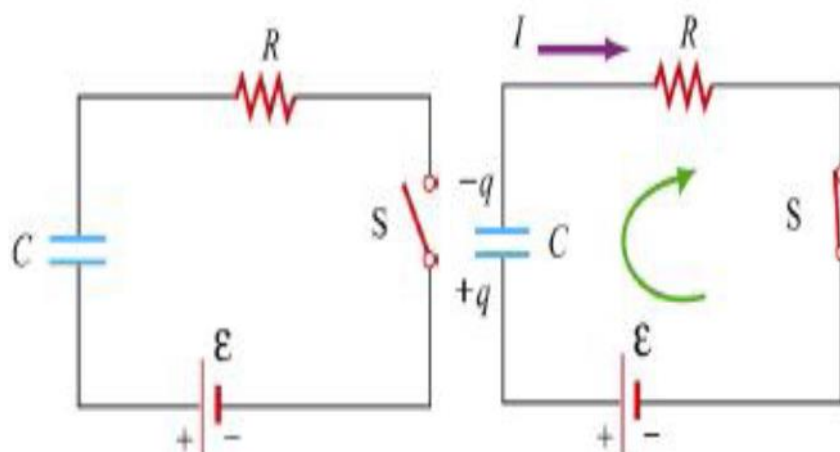
Q = muatan listrik (Coulumb)

V = tegangan (Volt)

Proses pengisian dan pengosongan muatan kapasitor dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.12. Rangkaian RC hubungan seri dicatu oleh tegangan DC



Saat pengisian dan pengosongan muatan pada kapasitor, waktu lamanya pengisian dan pengosongan muatannya tergantung dari besarnya nilai resistansi dan kapasitansi yang digunakan pada rangkaian. Pada saat saklar menghubungkan

ketitik 1 arus listrik mengalir dari sumber-sumber tegangan melalui komponen R menuju komponen C. Tegangan pada kapasitor meningkat dari 0 volt sampai sebesar tegangan sumber, kemudian tak terjadi aliran, saklar dipindahkan posisinya ketitik 2 maka terjadi proses pengosongan.

Tegangan kapasitor menurun, arah arus berlawanan dari arah pengisian. Tegangan pada R menjadi negatif dan berangsur-angsur tegangannya menjadi 0 volt. Pengisian dan pengosongan masing-masing memerlukan $5 R.C$ (timer constan).

Persamaan untuk tegangan dan kuat arus saat pengisian kapasitor :

a. Tegangan

$$V_c = V_s (1 - e^{-t/RC})$$

Keterangan :

V_c = tegangan di kapasitor

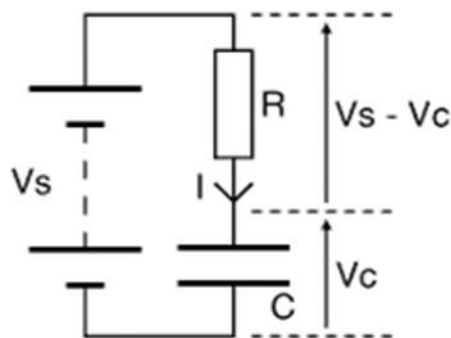
e = nilai euler (2.7182818)

t = waktu pengisian

R = nilai resistor (ohm)

C = nilai kapasitor (Farad)

b. Kuat Arus



Menurut HKT $V_s = V_R + V_c$ maka nilai V_R adalah $V_R = V_s - V_c$, Di mana nilai V_c akan bertambah seiring bertambahnya waktu pengisian. Maka arus pengisian kapasitor pada suatu waktu tertentu (t) adalah sama dengan arus yang



mengalir pada suatu waktu tertentu (t) di resistor

$$IC(t) = IR(t) = VR/R$$

$$IC(t) = (Vs - Vc(t)) / R$$

Persamaan tegangan dan kuat arus saat pengosongan kapasitor :

a. Tegangan

$$Vc = Vco e^{-t/RC}$$

Keterangan:

Vco = tegangan mula-mula di kapasitor

e = nilai euler (2.7182818)

t = waktu pengisian

R = nilai resistor (ohm)

C = nilai kapasitor (Farad)

b. Kuat Arus

Menurut HKT $VR = Vc$, Di mana nilai Vc akan berkurang seiring bertambahnya waktu pengosongan. Maka arus pengosongan pada suatu waktu tertentu (t) adalah sama dengan arus yang mengalir pada suatu waktu tertentu (t) di resistor .⁶

$$IC(t) = IR(t) = VR/R$$

$$IC(t) = Vc(t) / R$$

⁶ <http://dokumen.tips/documents/pengisian-dan-pengosongan-kapasitor-56195966802b3.html>