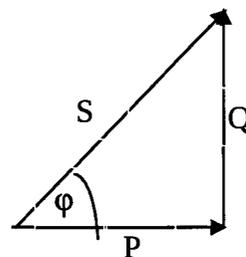


Pada sistem distribusi daya dibagi dua bagian yaitu daya pada sistem satu fasa dan daya sistem tiga fasa. Daya pada arus bolak-balik yang terdapat pada jaringan distribusi terdiri dari tiga jenis yaitu :

1. Daya Nyata (P) adalah daya aktif yang dipakai secara efektif pada beban, dengan satuan Watt.
2. Daya Reaktif (Q) adalah daya yang praktis tidak terpakai, daya ini timbul disebabkan oleh karakteristik beban induktor atau kapasitor sehingga bersifat induktif dan kapasitif, dengan satuan VAR.
3. Daya Semu (S) adalah penjumlahan secara vektoris antara daya aktif dan daya reaktif, dengan satuan VA

Hubungan antara daya nyata (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S) diatas dapat ditunjukkan pada segitiga daya dibawah ini:



Gambar 2.4. Phasor segitiga daya

Jika dirumuskan maka akan menghasilkan persamaan dibawah in :

$$S = V I \quad (2 - 1)$$

$$P = S \cos \phi \quad (2 - 2)$$

$$Q = S \sin \phi \quad (2 - 3)$$

Pada sistem daya tiga fasa yang dikonsumsi oleh beban pada keadaan setimbang untuk hubungan bintang maupun segitiga ditentukan oleh persamaan berikut ini:

$$P = \sqrt{3} V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (2 - 4)$$

$$Q = \sqrt{3} V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (2 - 5)$$

$$S = \sqrt{3} V \cdot I \quad (2 - 6)$$

dengan :

P = Daya nyata/daya aktif dengan satuan Watt

Q = Daya reaktif, dengan satuan VAR

S = Daya semu, dengan satuan VA

#### b. Faktor daya pada jaringan distribusi

Faktor daya ( $\cos \phi$ ) adalah hasil perbandingan dari daya reaktif dengan daya semu, yang dijelaskan dengan persamaan :

$$\cos \phi = P/Q \quad (2 - 7)$$

Rendahnya faktor daya disebabkan karena melebarnya sudut fase arus dan tegangan. Hubungan faktor daya terhadap arus dapat dijelaskan dengan persamaan berikut ini :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ atau } S = V \cdot I \quad (2 - 8)$$

Maka

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{V} \quad (2 - 9)$$

dengan :

P = Daya reaktif, dengan satuan Watt

Q = Daya reaktif, dengan satuan VAR

S = Daya semu, dengan satuan VA

V = Tegangan pada beban, dengan satuan Volt

I = Arus pada beban, dengan satuan Ampere

#### 2.2.5. Tahanan (R)

Makin panjang jaringan, harga resistansinya akan semakin besar, sehingga jatuh tegangan yang terjadi juga semakin besar. Maka besarnya resistansi pada jaringan listrik dapat dicari dengan rumus persamaan berikut:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2 - 10)$$

dengan,

- R : Resistansi ( $\Omega$ ),
- l : Panjang kawat penghantar (m, cm),
- A : Luas penampang kawat ( $m^2$ ,  $cm^2$ ),
- $\rho$  : Tahanan jenis ( $m \Omega$ ,  $cm \Omega$ ).

Dalam tabel - tabel yang tersedia sering dijumpai penampang kawat diberikan dalam satuan CM (circular mill). CM ini didefinisikan sebagai penampang kawat yang mempunyai diameter 1 milimeter (0,001 inch).

$$CM = 1973 \times (\text{Luas penampang dalam } mm^2); \quad mm^2 = 5,067 \times 10^{-4} \quad (\text{dalam CM}).$$

Dari persamaan (2 - 10), dapat dilihat bahwa apabila jaringan bertambah panjang, maka tahanan (R) akan semakin besar, sehingga jatuh tegangan yang terjadi di sepanjang jaringan tersebut akan semakin besar pula.

### 2.2.6. Impedansi Saluran

Untuk menentukan besarnya nilai impedansi pada saluran distribusi berlaku persamaan berikut:

$$Z = R + jX_L \quad (2 - 11)$$

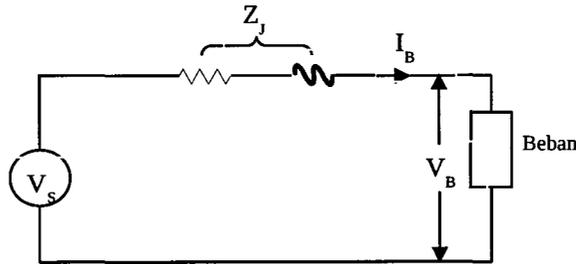
$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \angle \tan^{-1} \frac{X}{R} \quad (2 - 12)$$

dengan,

- Z : Impedansi jaringan ( $\Omega$ ),
- R : Reaktansi ( $\Omega$ ),
- $X_L$  : Reaktansi jaringan induktif ( $\Omega$ ).

### 2.2.7. Tegangan beban jaringan

Nilai tegangan beban dapat dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 2. 5. Sistem kelistrikan sederhana

$$V_B = V_S - I_B \cdot Z_J \quad (2-13)$$

dengan,

- $I_B$  : Arus baban (Ampere),
- $V_B$  : Tegangan beban (Volt),
- $Z_J$  : Impedansi jaringan ( $\Omega$ ),
- $V_S$  : Tegangan sumber (Volt).

Berdasarkan gambar 2.5, dapat dikatakan bahwa besarnya nilai *drop* tegangan dirumuskan sebagai,

$$V_{drop} = I_B \cdot Z_J \quad (2-14)$$

disamping itu juga dapat dikatakan *drop* tegangan pada saluran distribusi adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman dan tegangan pada ujung penerimaan sistem tenaga listrik. *drop* tegangan pada saluran arus bolak - balik besarnya tergantung dari impedansi dan admitansi saluran serta pada beban dan faktor daya. *drop* tegangan relatif dinamakan regulasi tegangan (*Voltage Regulation*) dalam bentuk prosentase seperti dirumuskan sebagai berikut ;

$$\%V_B = \frac{V_S - V_B}{V_B} \times 100\% \quad (2-15)$$

### 2.2.8. Perkiraan beban

Masalah perkiraan beban merupakan masalah yang sangat menentukan bagi perusahaan listrik baik segi – segi manajerial maupun bagi segi operasional, oleh karenanya perlu mendapat perhatian khusus. Untuk dapat membuat periraan beban yang sebaik mungkin perlu beban sistem tenaga listrik yang sudah terjadi dimasa lalu dianalisa.

Djiteng Marsudi dalam bukunya “ Operasi Sistem Tenaga Listrik “ membuat tiga kelompok perkiraan beban yaitu :

a. Perkiraan beban jangka panjang

Perkiraan beban jangka panjang adalah untuk jangka panjang waktu diatas satu tahun, yang menyangkut masalah makro ekonomi yang merupakan masalah ekstern perusahaan listrik, hal ini merupakan factor utama yang menentukan arah perkiraan beban. Factor mikro ini misalnya pendapatan perkapita penduduk Indonesia, karena itu masalah ini perlu dimintakan pengarahannya dari pemerintah. Perkiraan beban jangka panjang banyak dipergunakan untuk keperluan perencanaan pengembangan sistem.

b. Perkiraan beban jangka menengah

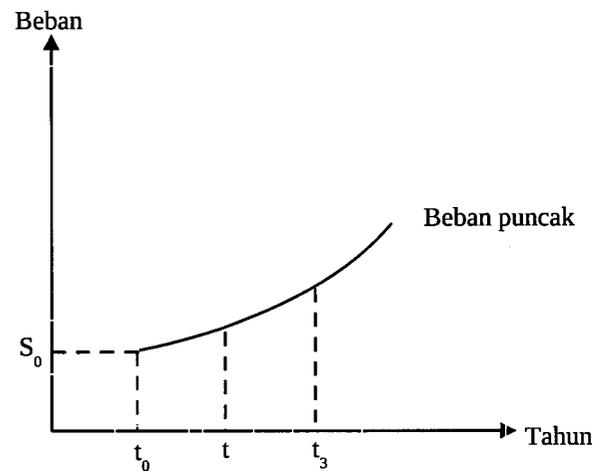
Perkiraan beban jangka menengah adalah untuk jangka waktu dari satu bulan sampai dengansatu tahun. Dalam perkiraan beban jangka menengah masalah – masalah manajerial perusahaan merupakan factor utama yang menentukan, misalnya kemampuan teknis memperluas jaringan distribusi, dan kemampuan teknis menyelesaikan proyek saluran transmisi. Masalah ini tidak sepenuhnya merupakan masalah intern perusahaan listrik, tetapi juga dipengaruhi oleh factor ekstern khususnya

jika menyangkut masalah pembebasan tanah dan penyediaan dana. Dalam perkiraan beban jangka panjang aspek operasional lebih menonjol, tetapi dalam perkiraan beban jangka menengah tidak banyak lagi yang dapat dilakukan dalam segi pengembangan. Tetapi perkiraan beban jangka menengah sangat mempengaruhi penentuan penyediaan daya yang perlu dipersiapkan dalam jangka panjang.

c. Perkiraan beban jangka pendek

Perkiraan beban jangka pendek adalah untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu. Dalam perkiraan beban jangka pendek terdapat batas atas untuk beban maksimum dan batas bawah untuk beban minimum yang ditentukan oleh perkiraan beban jangka menengah. Selama bertahun – tahun suatu cara memperkirakan beban telah banyak diperbaiki dan sekarang hampir mencapai tahap yang lebih tetap dan tidak menyimpang. Banyak metode yang digunakan untuk perkiraan beban listrik. Kiranya perlu ditentukan bahwa tidak ada satu pun metode perkiraan beban yang memberikan hasil yang tetap benar. Karena metode perkiraan beban biasanya berstandar kepada berbagai macam asumsi atau permisalan sesuai dengan kebutuhan. Metode perkiraan beban listrik yang akan dikemukakan adalah metode eksponensial, yaitu suatu bagian dari ilmu statistik yang diperoleh dengan membuat hubungan matematis dari data – data pada tahun sebelumnya, untuk diadakan pendekatan dengan metode eksponensial. Adapun rumusan metode eksponensial ditunjukkan pada persamaan (2 – 16).

Dalam kecenderungan ini data yang lalu digambar dengan grafik logaritmik untuk memberikan proyeksi perkiraan dalam bentuk garis lurus, secara matematik dinyatakan sebagai berikut:



Gambar 2.6. Perkiraan beban metode eksponensial

$$S_n = S_0 (1 + \alpha)^t \quad (2 - 16)$$

dengan,

- $S_n$  : Kecepatan pertumbuhan rata - rata tahunan yang diamati selama n tahun
- $S_0$  : Pemakaian beban pada perhitungan tahun pertama
- $t$  : Waktu tahun ke t
- $\alpha$  : Rata - rata pertumbuhan beban dalam prosentase

Metode eksponensial dapat dipakai kalau sistem tenaga listrik yang dibahas masih jauh dari kejenuhan dan ada suatu target kenaikan penjualan yang digariskan (lihat gambar 2.6). Hal ini terjadi di tempat - tempat yang baru mengalami elektrifikasi.

### 2.3. Hipotesis

Berdasarkan latar belakang, tinjauan pustaka dan dasar teori bahwa kesimpulan sementara transformator distribusi yang digunakan pada saat sekarang, untuk tahun yang akan datang perlu ditinjau kembali kelayakannya sebagai kapasitas daya transformator sesuai dengan pertumbuhan beban yang semakin bertambah.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi rugi - rugi tegangan dan daya yang terjadi di jaringan distribusi dapat dilakukan dengan pemasangan kapasitor pada titik beban yang akan menghasilkan pengurangan kebutuhan akan KVA (Pabla, 1990)

Pada umumnya kebutuhan tenaga listrik konsumen bersifat periodik maka grafik pemakaian energi listrik atau biasa disebut grafik beban dari sistem tenaga listrik juga mempunyai sifat periodik. Karena itu statistik beban dari beberapa tahun belakangan beserta analisisnya sangat diperlukan untuk memperkirakan beban masa depan (Djiteng Marsudi, 1991).

Perkiraan beban merupakan suatu hal yang sangat penting dalam kelistrikan. Perkiraan - perkiraan beban didasarkan atas pembebanan pada tahun sebelumnya, untuk periode berikutnya ditambah dengan faktor - faktor lain seperti kenaikan beban (Karso Aji Pamoro, 2006).

Masalah perkiraan beban merupakan masalah yang sangat menentukan bagi perusahaan listrik baik segi manajerial maupun bagi operasional, oleh karenanya perlu mendapat perhatian khusus. Untuk dapat membuat perkiraan beban yang sebaik mungkin perlu analisis karakteristik beban sistem tenaga listrik yang sudah terjadi dimasa lalu (Djiteng Marsudi, 1991)

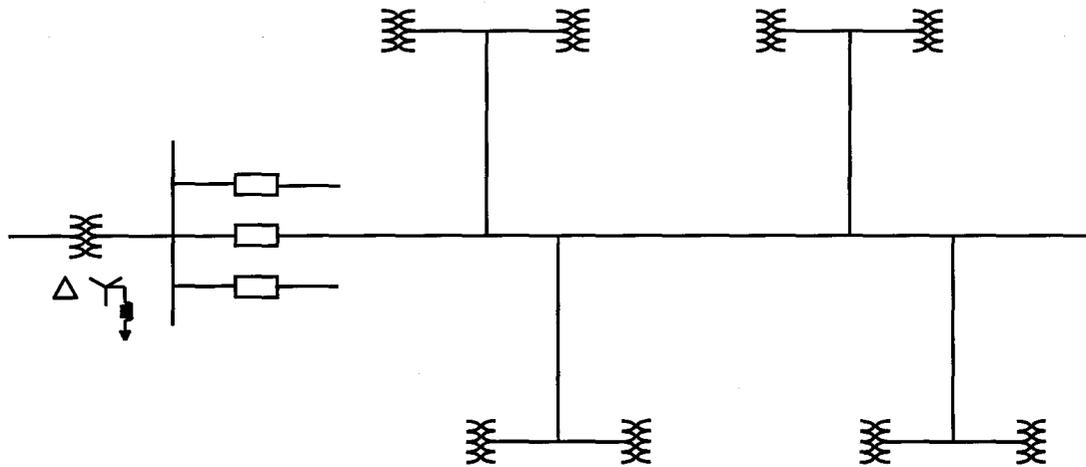
## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Sistem jaringan distribusi *Multi Grounded*

Fungsi dari sistem distribusi ialah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat suplai (Gardu Induk) ke pusat – pusat beban (Gardu trafo distribusi) dan konsumen dengan mutu yang memadai.

Kontinuitas pelayanan (yang merupakan salah satu unsur dari mutu pelayanan) tergantung pada macam sarana penyalur dan peralatan pengaman. Sarana penyalur (jaringan distribusi) mempunyai tingkatan kontinuitas yang tergantung pada susunan saluran dan cara pengaturan operasinya.

Sistem yang digunakan PLN yang ada di Jawa Tengah adalah sistem distribusi multi grounded, yaitu sepanjang jaringan primer dan sekunder dipasang kawat netral bersama dan dibumikan langsung pada setiap tiang dan titik bintang trafo tenaga maupun distribusi. Dengan sistem demikian dapat dikatakan pembumian langsung dengan nilai tahanan yang kecil, karena banyaknya pembumian pada setiap titik. Gambar 2.1, memperlihatkan diagram sistem distribusi *multi grounded*.



Gambar 2.1. Diagram tunggal dari sistem distribusi *multi grounded*

### 2.2.2. Penghantar jaringan tegangan menengah

Untuk penyulang primer ukuran yang ekonomis/ beban ekonomis sebagai berikut :

Tabel 2.1. Data type penghantar yang digunakan di UPJ. Kroya

Beban puncak (kW)	Fase	Ukuran	Type
S/d 400	1	AWG # 4	A3C(6201 – T81)
400 – 750	1	AWG # 1/0	A3C(6201 – T81)
750 – 1500	3	AWG # 2	A3C(6201 – T81)
1500 – 5000	3	AWG # 4/0	AAC (EC – H19)
di atas 5000	3	477 MCM	AAC (EC – H19)

Dengan pembagian – pembagian lengkung beban puncak dalam kW (kilo Watt) yang dimulai dari awal penyulang atau titik percabangan. Walaupun pemilihan ukuran penghantar secara ekonomis tapi tidak boleh melebihi batas jatuh tegangan yang telah ditentukan, oleh karenanya perlu dinaikkan ukuran penghantar yang

lebih tinggi untuk tidak melebihi batas jatuh tegangan dan menghasilkan penyulang primer yang memuaskan. Dalam sistem *multi common neutral* empat kawat, penghantar netral sejajar dengan tanah, maka hanya dikehendaki memikul bagian ketidakseimbangan dari beban. Oleh karena itu pertimbangan baik elektrik maupun mekanis yang dikehendaki (andongan) untuk ukuran penghantar dapat diperkecil dengan tanpa mengakibatkan apa – apa dalam keandalan pelayanan.

Pada umumnya pemakaian ukuran penghantar netral untuk saluran sebagai berikut :

Tabel 2.2. Ukuran penghantar fase dan netral

Penghantar fase	Penghantar netral
477 MCM – AAC	4/0 AWG – AAC
4/0 AWG - AAC	1/0 AWG - AAAC

Tabel 2.3. Penghantar untuk saluran rumah (SR)

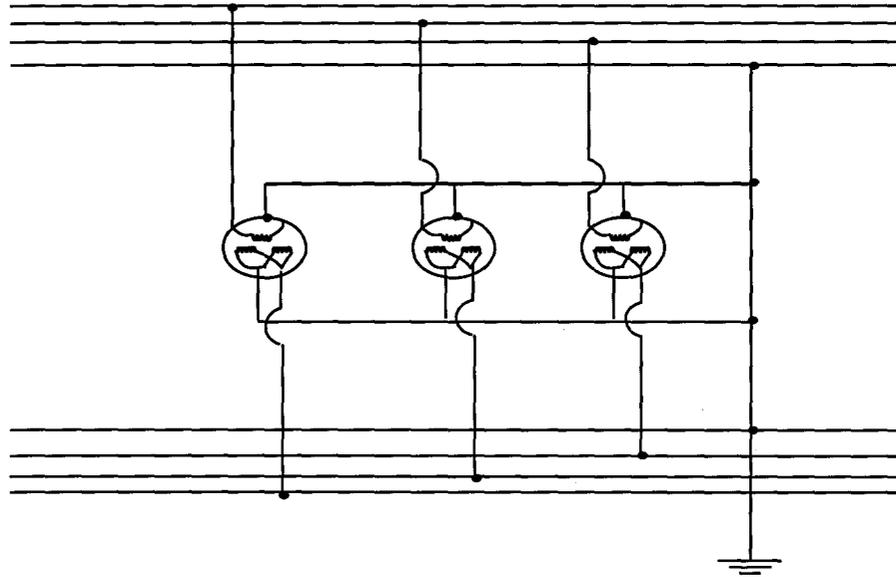
Kode	Jumlah fase	Daya maksimum
DX	1	22 KVA
QX	3	148,5 KVA

### 2.2.3. Transformator distribusi

Jenis transformator yang digunakan di PLN. Distribusi Jawa Tengah Cabang Cilacap sebagian besar adalah sebagai berikut :

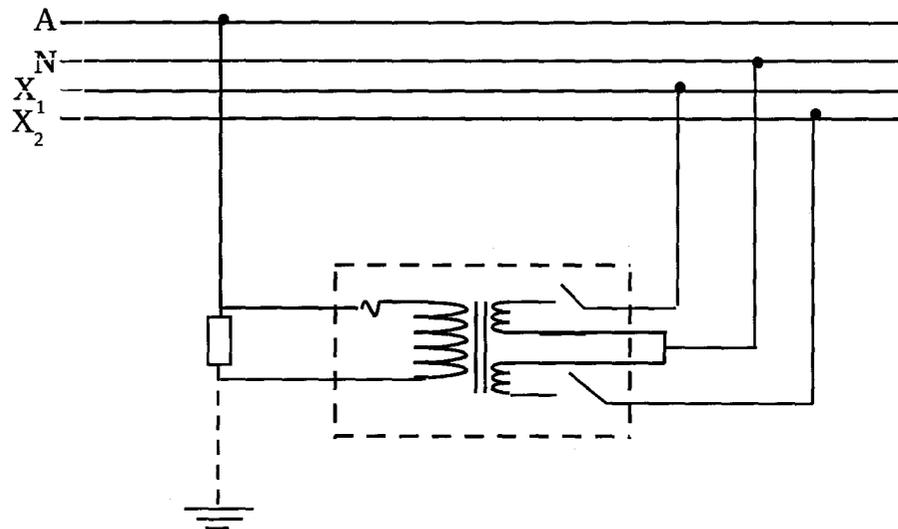
- a. *Pole Mounted* (Trafo tiang) *Outdoor type* OISC, 50 Hz, satu fase jenis CSP (*Completely Self Protection*) satu bushing dengan ukuran daya 10, 15, 25, 50 KVA.
- b. *Platform* dan *padmounted, outdoor type* OSSC, 50 Hz tiga fase, hubungan Y – Y, dengan daya 200, 250, 300, 630, 800, 1000 dan 1250 KVA.

- c. Satu fase unit digunakan dengan pemasangan *cluster* (hubungan Y – Y) untuk tiga fase.



Gambar 2.2. Diagram pengawatan trafo 3 fase dari tiga buah trafo 1 fase

Trafo 1 fase dalam gambar 2.2, bila difungsikan pada sistem satu fase maka instalasi dilakukan seperti dalam gambar 2.3 berikut,



Gambar 2.3. Diagram trafo 1 fase

## 2.2.4. Daya dan faktor daya pada jaringan distribusi

- a. Daya pada jaringan distribusi