

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada umumnya kebutuhan energi listrik konsumen bersifat periodik maka grafik pemakaian energi listrik atau biasa disebut dengan grafik beban untuk sistem energi 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 segi operasional, oleh karena itu perlu mendapat perhatian khusus dalam perhitungannya. Untuk dapat membuat perkiraan beban yang sebaik mungkin perlu analisis peninjauan beban sistem beberapa tahun sebelumnya (Djiteng Marsudi, 1991)

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Dasar teori transformator

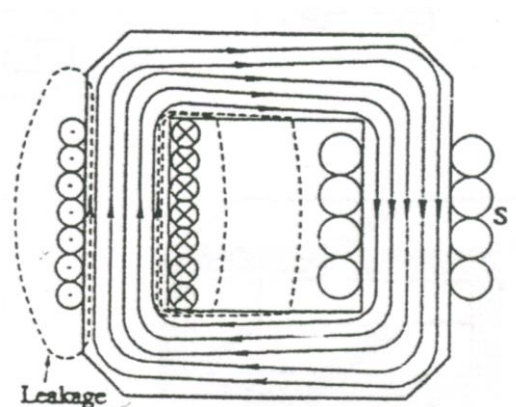
Transformator adalah mesin statis (yaitu mesin tanpa bagian yang bergerak) dimana energi listrik pada satu rangkaian dipindahkan menjadi energi

listrik yang frekuensinya sama pada rangkaian yang lain. Transformator digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan dan juga Transformator mengandung isolasi listrik antara rangkaian satu (primer) dengan lainnya (sekunder). Dalam beberapa pemakaian isolasi listrik tidak menjadikan perubahan tegangan (perubahan tegangan arus bolak – balik menjadi arus searah).

2.2.2. Konstruksi dan sambungan transformator

a. Magnet Bocor

Sebagian besar fluksi magnet yang dihasilkan oleh arus primer transformator melalui inti besi dan meliputi lilitan - lilitan pada kedua kumparan. Namun demikian ada sejumlah kecil fluksi yang akan mengambil jalan pada cabang magnet yang terpendek.



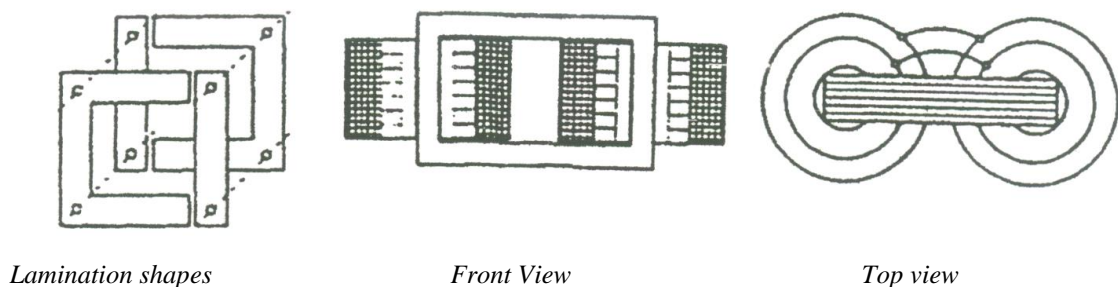
Gambar 2.1. Fluksi bocor

Fluksi bocor merupakan suatu kerugian dan berpengaruh pada penambahan reaktansi pada lilitan. Kebocoran magnet akan naik dengan makin naiknya beban dan hal ini menyebabkan pengurangan energi (rugi – rugi daya)

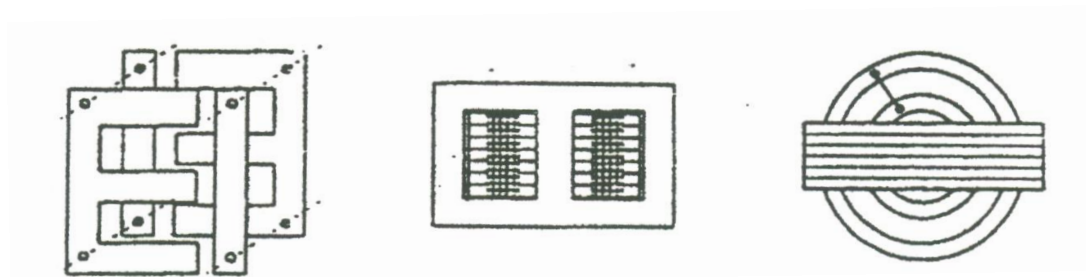
pada terminal sekunder pada tegangan nominal primer, sehingga mengubah perbandingan transformasi yang nilai transformasinya (a) dapat besar atau kecil.

b. Konstruksi Transformator

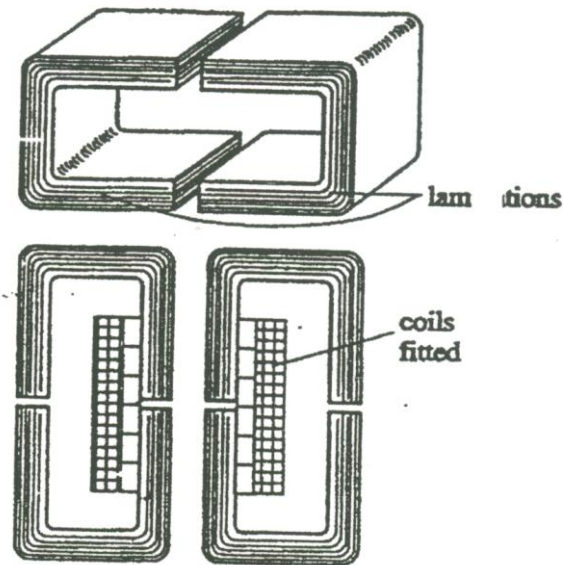
Inti transformator biasanya dibuat dari baja silikon kelas tinggi dan mempunyai kerugian *hysteresis* dan arus *eddy* yang rendah. Laminasi dipotong dengan hati-hati dan dilubangi bila perlu, dan pinggiran yang tajam dihilangkan. Sebelum dirakit laminasi kadang-kadang hanya dilapisi dengan isolasi pennis pada satu permukaan saja. Inti dibuat dari laminasi yang berlapis-lapis guna mengurangi rugi inti sekecil mungkin. Gambar 2.3 memperlihatkan konstruksi transformator dua lilitan terpisah *type core, shell* dan *toroid*.



Gambar 2.2. Type core



Gambar 2.3. Type shell



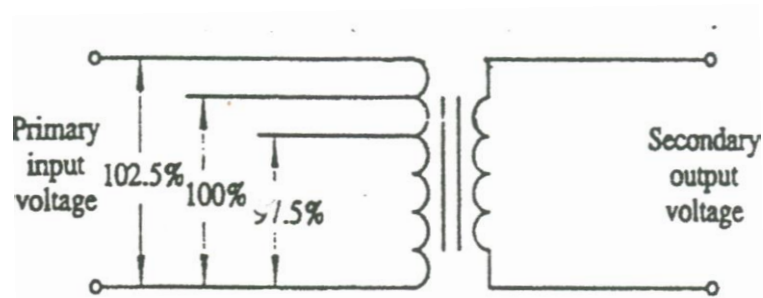
Gambar 2.4. *Type toroid*

c. Lilitan

lilitan primer dan sekunder ditempatkan pada inti dengan tujuan mengurangi kebocoran magnet dan memaksimalkan fluksi yang dicakup diantara kumparan. Isolasi kelistrikan diantara kumparan dan diantara tiap kumparan dengan inti adalah sangat penting. Lilitan tegangan rendah biasanya diletakkan dekat dengan inti dan lilitan tegangan tinggi dililitkan disekeliling lilitan tegangan rendah.

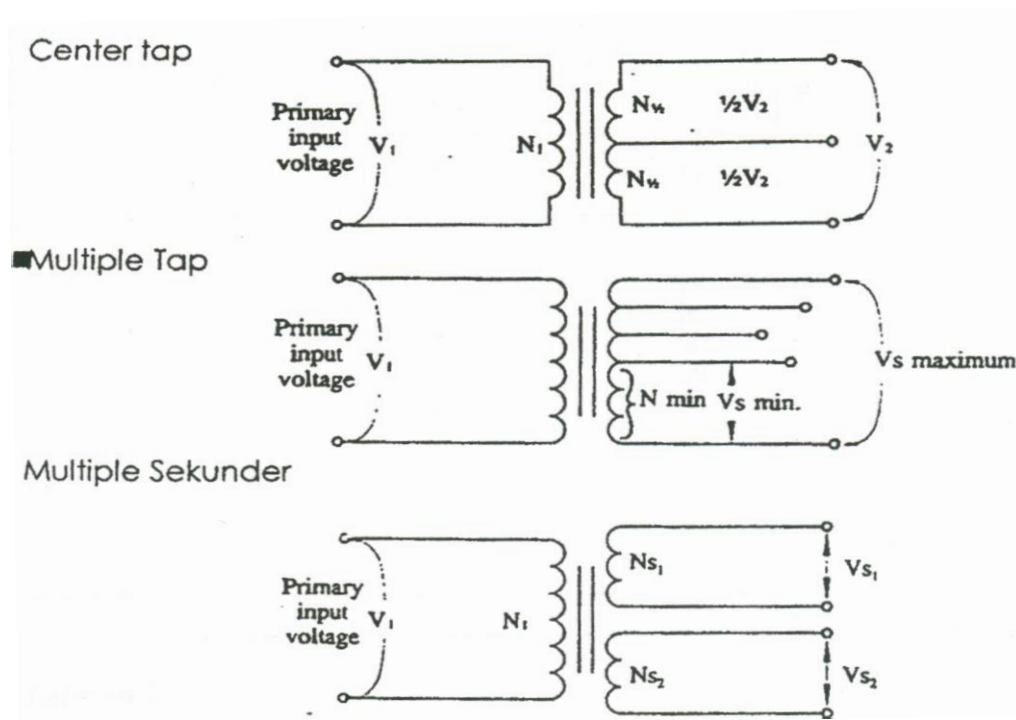
Untuk membentuk Konfigurasi lain biasanya dilakukan penyambungan lilitan yakni; Dalam pembuatannya lilitan tegangan tinggi dan tegangan rendah dapat dimodifikasikan dengan tap - tap. Berbagai perbandingan transformasi dapat dibuat pada satu transformator.

Hal ini pada umumnya digunakan oleh sumber suplai kelistrikan untuk mengimbangi *drop* tegangan pada sistem transmisi dan distribusi.



Gambar 2.5. Taping tegangan primer

Hal ini pada umumnya terdapat pada peralatan dimana mungkin diperlukan *range* tegangan *output* yang tetap



Gambar 2.6. Taping tegangan sekunder

2.2.3. Perbandingan transformasi

Perbandingan transformasi pada tap sisi sekunder akan bervariasi tergantung pada cara hubungannya dengan beban. Pada umumnya perbandingan tegangan dipakai secara terpisah.

$$V_p/V_{s1} = N_p/N_{s1} \quad \text{dan} \quad V_p/V_{s2} = N_p/N_{s2} \quad (2 - 1)$$

dengan,

- V_p : Tegangan transformator di sisi primer
- V_{S1} : Tegangan transformator di sisi sekunder pada tap satu
- V_{S2} : Tegangan transformator di sisi sekunder pada tap dua
- N_p : Lilitan primer transformator
- N_{S1} : Lilitan sekunder transformator pada sisi tap satu
- N_{S2} : Lilitan sekunder transformator pada sisi tap Dua

Umumnya hukum arus secara komulatif digunakan untuk sekunder yang dihubung seri dan untuk beban terpisah yang mempunyai faktor daya yang sama.

$$N_p/N_{S1}+N_{S2} = I_{S2}+I_{S1}/I_p \quad (2 - 2)$$

dengan,

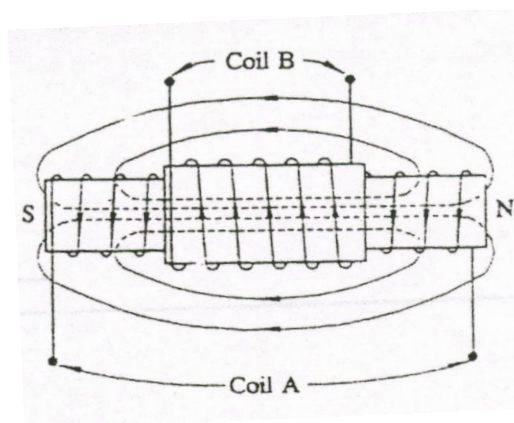
- I_{S1} : Arus di lilitan sekunder transformator pada sisi tap satu
- I_{S2} : Arus di lilitan sekunder transformator pada sisi tap dua
- I_p : Arus pada lilitan primer transformator

2.2.4. Prinsip kerja dan teori transformator

a. Induksi bersama

Kerja transformator berdasarkan pada prinsip kerja induksi bersama.

Prinsip ini ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7. Fluksi magnet

Arus yang mengalir melalui kumparan/koil A menghasilkan fluksi magnet yang melingkupi lilitan pada koil B dan menghasilkan gaya gerak listrik (ggl) induksi. Fluksi yang sama meliputi kumparan A, yang juga menghasilkan gaya gerak listrik induksi pada gaya gerak listrik kumparan A. Gaya gerak listrik ini besarnya sama dengan gaya gerak listrik pada kumparan B.

Tegangan yang dihasilkan dikenal sebagai ggl ‘induksi bersama’ dan kedua kumparan yang dilingkupi secara magnetik disebut memiliki ‘induksi bersama’.

Arah dimana ggl induksi terjadi tergantung pada medan magnet, hal ini dijelaskan oleh hukum Lenz :

” Arah ggl induksi yang dihasilkan oleh yang menghasilkan medan magnet berlawanan arah dengan yang menyebabkan timbulnya ggl itu sendiri ”. B L. Theraja, 1984, P458.

b. Kopling Magnet

Jika dua rangkaian sama- sama memiliki rangkaian satu induksi bersama kedua rangkaian itu disebut dikopel. Kumparan dapat dikopel secara rapat atau longgar tergantung pada semua atau hanya sebagian dari medan magnet yang melingkupi kedua komponen tersebut. Kekuatan kopel dapat diatur dengan mengubah jarak celah udara antara kumparan- kumparan (yaitu dengan menggeser bagian kumparan) dan dengan menambah jumlah bahan magnet yang dapat ditempatkan pada atau disekitar kumparan.

Transformator adalah mesin yang pada umumnya disambungkan pada sumber tegangan AC. Besarnya ggl induksi sama tetapi berlawanan arah dengan

tegangan sumber yang diberikan. Besarnya ggl dapat dihitung melalui persamaan (2 - 3) berikut,

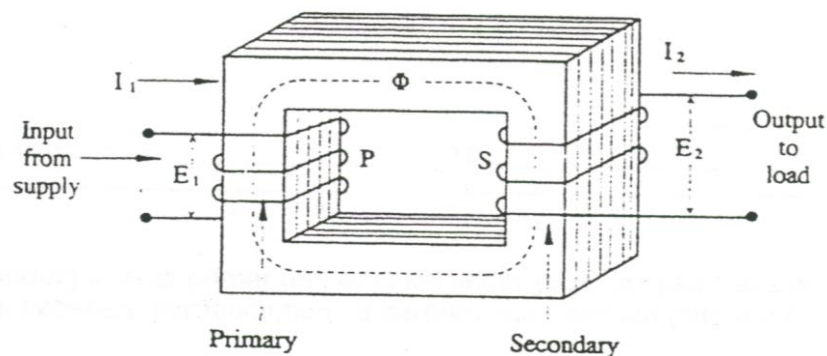
$$E = 4,44.f.N.\phi \text{ volt} \quad (2 - 3)$$

dengan,

- E : Ggl induksi dalam volt
- ϕ : Fluksi maksimum dal weber
- f : Frekwensi dalam hertz
- N : Jumlah lilitan pada kumparan dimana ggl diinduksikan.

c. Prinsip kerja transformator

Transformator yang sederhana diperlihatkan pada gambar 2.8 terdiri dari dua kumparan kawat yang terisolasi satu sama lainnya dan dililitkan pada inti baja yang berlapis-lapis.



Gambar 2. 8. Konstruksi transformator

Tegangan sekunder transformator dapat dinaikkan atau diturunkan dengan mengubah jumlah lilitan yang dililitkan pada inti. Transformator yang mempunyai lilitan sekunder lebih sedikit dari lilitan primer akan mempunyai tegangan *output* yang lebih kecil dari tegangan sumber, sebaliknya transformator yang mempunyai lilitan sekunder lebih banyak dari lilitan primer, tegangan *output*nya akan lebih besar (naik).

Perbandingan transformasi ialah perbandingan tegangan (V_1/V_2) atau perbandingan arus (I_1/I_2). Hubungan antara tegangan dan lilitan, primer dan sekunder diberikan pada persamaan (2 - 4) berikut,

$$V_1/V_2 = N_1/N_2 \quad (2 - 4)$$

Perbandingan arus primer dan arus sekunder juga ada jika transformator mensuplai energi beban. Perbandingan ini berhubungan dengan perbandingan transformasi berikut,

$$V_1/V_2 = N_1/N_2 = I_1/I_2 \quad (2 - 5)$$

Dengan catatan bahwa :

1. Arus primer tertinggal terhadap tegangan sumber dengan nilai faktor daya yang rendah.
2. GGL induksi sama dan berlawanan arah dengan tegangan sumber.
3. Tegangan sekunder, besarnya tergantung pada perbandingan transformasi, sefase dengan ggl induksi, yaitu bergeser fase 180° terhadap ggl sumber.

d. Transformator Berbeban

Jika beban dipasang pada sekunder sebuah transformator, arus I_2 akan mengalir pada lilitan sekunder. Besarnya arus dan sudut geseran fasa terhadap tegangan relatif, tergantung pada besar dan jenis beban. Arus primer naik diatas harga arus beban nol sebagai akibat ada arus sekunder. Besar kenaikan dalam hubungannya antar perbandingan transformasi $N_1/N_2 = I_2/I_1$ sehingga didapatkan besarnya arus primer seperti terlihat dalam persamaan (2 - 6) berikut,

$$I_1 = I_2 \cdot N_2/N_1 \quad (2 - 6)$$

Berdasarkan persamaan (2 - 6) tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Arus primer I_1 , sefase berlawanan arah dengan arus sekunder I_2 .

2. Arus primer yang baru I_1 adalah penjumlahan vektor dari besarnya arus beban nol dan arus primer yang direfleksikan dari sekunder.
3. Perumusan pada persamaan (2 – 6) mengabaikan *drop* tegangan impedansi pada lilitan.

Pembebanan transformator dapat dibagi menjadi beban puncak, beban rata - rata dan beban rendah.

1. Beban puncak, yaitu kebutuhan daya listrik terbesar dari konsumen atau beban yang terpasanga dalam waktu tertentu. Beban puncak harian untuk perumahan antara jam 19.00 sampai jam 22.00
2. Beban rata-rata yaitu banyaknya daya rata - rata yang terpakai dalam suatu periode tertentu.
3. Beban rendah yaitu banyaknya daya terkecil yang terpakai dalam suatu periode tertentu.

e. Pengaman Transformator

Pengaman Transformator diperlukan dalam pengoperasian dan untuk mendapatkan kontinuitas yang baik diperlukan peralatan - peralatan pengaman serta diperlukan koordinasi kerja antar peralatan tersebut. Peralatan pengaman untuk transformator adalah sebagai berikut :

- 1) **Lighting Arrester (LA)**, yaitu peralatan yang berfungsi untuk melindungi Transformator dari surja tegangan lebih abnormal yang bersifat kejutan impuls seperti surja petir dan surja hubung. **Lighting Arrester** dihubungkan dari konduktor fase ke tanah sehingga memberikan jalan *by pass* ke tanah saat

terjadi surja tegangan lebih. *Lighting Arrester* dipasang pada bagian primer untuk sistem saluran udara.

- 2) Saklar pemisah tegangan menengah (*Medium Voltage disconnecting switch, MVDS*). Untuk jaringan distribusi saluran udara dilengkapi MVDS yang terdiri dari *hot-line strir-up* berbentuk gelang logam yang menempel pada kabel jaringan tegangan menengah dan *hot line clamp* sebagai penjepit, yang tersambung pada bagian primer transformator distribusi. Penyambungan dilakukan dengan menjepitkan *hot line strir-up* dan untuk pelepasan dilakukan hal sebaliknya.
- 3) *Circuit breaker* (CB), yaitu peralatan yang berfungsi sebagai pemutus daya untuk mengisolasi satu bagian sistem jaringan yang terganggu melalui bantuan rele.
- 4) Saklar pemisah daya (*Load Break Switch, LBS*) merupakan kombinasi antara pemisah dan pemutus tenaga. LBS tidak dapat digunakan untuk memutuskan arus hubung singkat secara otomatis.
- 5) Pemisah, yaitu suatu saklar yang digunakan untuk membuka atau menutup arus rangkaian dan hanya bekerja dalam keadaan tak berbeban.
- 6) Sekering (*fuse*), yaitu peralatan yang berfungsi sebagai pengaman jaringan tegangan rendah terhadap arus hubung singkat dan ditempatkan pada sisi tegangan rendah dari transformator.

2.2.5. Sistem tenaga listrik

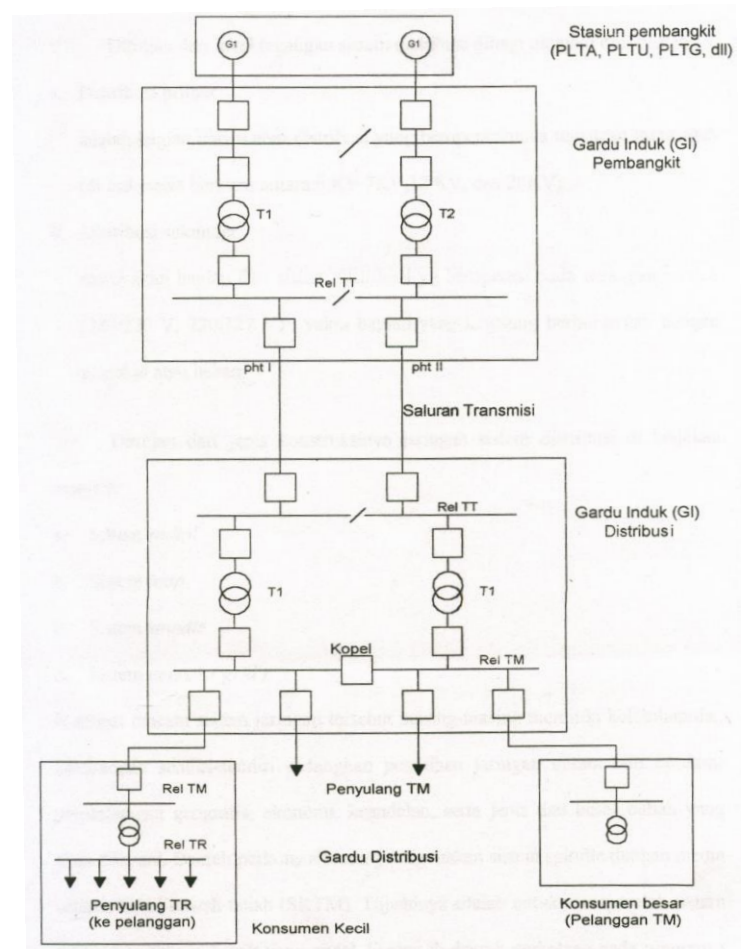
Listrik merupakan bentuk energi yang paling sesuai dan nyaman bagi manusia modern. Penyediaan energi listrik bagi konsumen diperlukan memerlukan peralatan listrik yang berfungsi sebagai penghubung antara sistem pembangkit, sistem transmisi dan sistem distribusi guna menghasilkan sistem tenaga listrik. Sistem transmisi berfungsi sebagai penghubung antara sistem pembangkit utama dan gardu induk serta gardu distribusi, sedangkan sistem distribusi merupakan penghubung antara gardu distribusi dan kelompok beban.

Skema diagram sistem tenaga listrik terbagi atas empat subsistem yaitu pembangkitan, penyaluran, distribusi dan pemakaian.

Pada pusat pembangkitan biasanya menggunakan generator sinkron sebagai penghasil energi listrik dengan menggunakan pembangkit jenis PLTA, PLTG, PLTP, PLTU, PLTGU dan sebagainya. Generator sinkron pada umumnya menghasilkan sumber energi listrik dengan tegangan antara 6 – 25 kV yang kemudian akan dinaikkan menjadi tegangan ekstra tinggi dengan menggunakan alat yang disebut *Transformator step up* untuk disalurkan lagi pada saluran udara tegangan ekstra tinggi (*SUTET*). Adapun skema diagram sistem tenaga listrik terlihat pada gambar 2.9.

Ujung pada saluran udara tegangan ekstra tinggi yaitu gardu induk 500 kV dapat berfungsi sebagai penurun tegangan antara 150 kV dan 70 kV untuk disalurkan kemudian diubah menjadi saluran udara tegangan tinggi (*SUTT*), ujung dari saluran udara tegangan tinggi yaitu gardu distribusi. Pada gardu distribusi, tegangan di distribusikan menuju Trafo distribusi tegangan menengah (*TM*) 20 kV

dan 6 kV yang kemudian pada distribusi di pusat – pusat beban tegangan distribusi diturunkan menggunakan *transformator step down* menjadi tegangan rendah (*TR*) yang bernilai sebesar antara 220 V dan 380 V yang pada akhirnya akan diterima konsumen. Gambar sistem tenaga listrik dalam diagram satu garis ditunjukkan pada gambar 2.9 berikut :



Gambar 2.9. Diagram satu garis sistem tenaga listrik

2.2.6. Sistem jaringan distribusi

Jaringan distribusi merupakan bagian sistem penyalur daya yang dimulai dari gardu distribusi sampai ke sistem pelayanan yaitu ujung saluran jaringan

distribusi yang langsung dihubungkan dengan instalasi beban (konsumen). Pada saluran distribusi terdiri dari dua bagian, yaitu saluran tegangan menengah dan saluran distribusi tegangan rendah.

Perbedaan sistem distribusi dengan sistem transmisi antara lain berupa perbedaan besar tegangan, adanya cabang dan sumber yang lebih banyak dibanding sistem transmisi dan perbedaan struktur jaringan. Pada struktur jaringan terdapat perbedaan yaitu satu sumber pengisian dengan beberapa sumber pengisian. Pada satu sumber pengisian tingkat keandalannya sangat rendah karena apabila terjadi gangguan maka akan mengakibatkan terjadinya pemadaman secara keseluruhan. Namun secara ekonomi lebih murah dan cara penyalurannya relative sederhana. Sedangkan jaringan dengan beberapa sumber pengisian tingkat keandalannya lebih tinggi karena apabila terjadi gangguan pemadaman jaringan dapat ditiadakan atau dikurangi, namun secara ekonomi lebih mahal karena menggunakan perlengkapan penyaluran yang lebih baik.

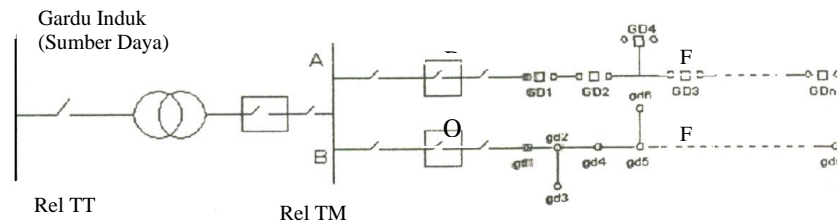
2.2.7. Sistem aliran daya listrik

Sistem aliran daya listrik dimaksudkan adalah bentuk aliran daya listrik dari gardu distribusi sampai ke konsumen. Untuk mengalirkan daya listrik ke konsumen terdapat perbedaan sistem atau struktur jaringan yang akan digunakan. Sistem jaringan yang akan digunakan antara lain adalah :

a. Sistem jaringan radial

Sistem jaringan radial hanya mengalirkan tenaga listrik pada satu arah saja yang bersumber dari suatu pusat tenaga ke suatu daerah pemakaian dengan

memakai satu maupun beberapa kawat penghantar. Gambar jaringan radial diperlihatkan pada gambar 2.10 berikut :



Gambar 2.10. Sistem Jaringan Radial

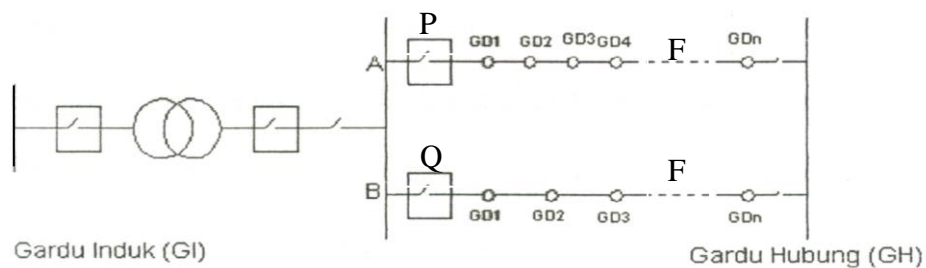
Pada jaringan radial sistem keandalannya rendah, metode pengoperasiannya cukup mudah dan kerugian jaringan tidak terlalu rumit disebabkan tidak adanya sumber cadangan lain. Seperti terlihat pada gambar 2.10. Di saluran distribusi terdapat beberapa pengaman atau pemutus beban yang dapat digunakan untuk melindungi setiap penyaluran, selain itu juga terdapat beberapa pengaman tambahan yang ditempatkan di beberapa tempat sepanjang jaringan tetapi nilai batas arusnya (*rating*) lebih rendah dari pengaman utama. Apabila terdapat gangguan pada F_1 pengaman Q akan membuka (*trip*) yang mengakibatkan dua buah konsumen padam dan juga apabila ada gangguan pada F_2 , pengaman P membuka (*trip*) yang mengakibatkan semua konsumen pada saluran tersebut padam.

Sebelum konsumen dihubungkan kembali maka jaringan yang ada gangguan terlebih dahulu diperbaiki dan sebagai akibatnya rugi jaringan tidak dapat dihindari yang disebabkan adanya penurunan tegangan yang diterima konsumen.

b. Sistem jaringan lingkaran (*Loop Network*)

Loop network system memiliki beberapa sumber pengisian (*substation*) untuk mengalir beberapa daerah pemakai dan membentuk rangkaian tertutup. Pada jaringan tersebut apabila terjadi suatu gangguan pada bagian penghantar, maka tiap daerah masih menerima energi listrik.

Akibat dari hal tersebut, adanya beberapa sumber pengisian maka pada sistem jaringan lingkaran sistem keandalannya lebih tinggi, metode pengoperasian cukup mudah serta dapat mengurangi jatuh tegangan sehingga memperkecil rugi – rugi jaringan. Gambar jaringan lingkaran (*Loop Network*) diperlihatkan pada gambar 2.11 berikut :



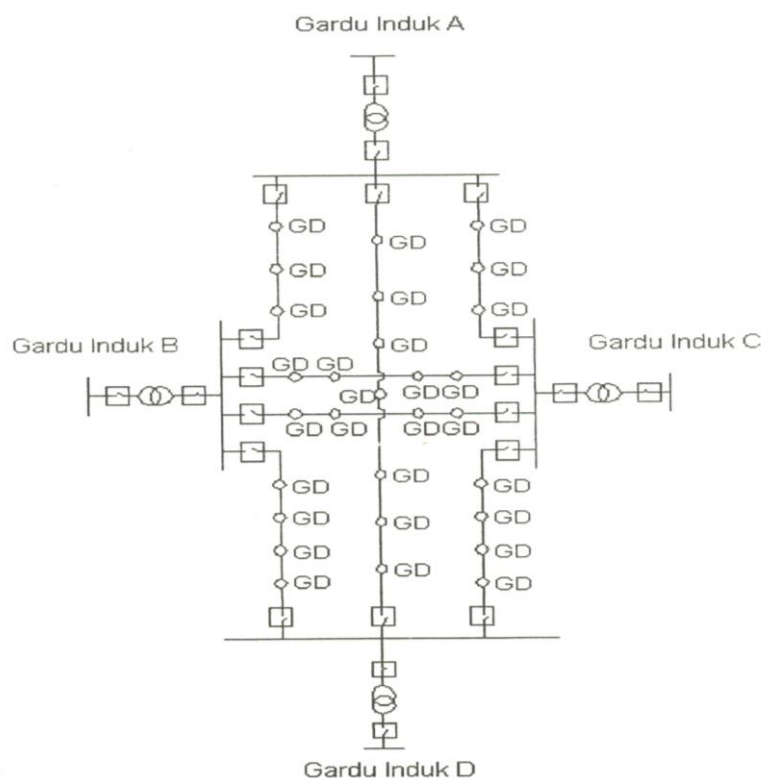
Gambar 2. 11. Sistem jaringan loop

Seperti halnya jaringan radial pada jaringan lingkaran terdapat beberapa pengaman atau pemutus beban. Apabila ada gangguan pada F_2 maka pengaman P dan Q membuka sehingga hanya ada dua konsumen yang padam dan sebaliknya bila F_1 ada gangguan maka Q dan P akan membuka (*trip*) sehingga ada dua konsumen yang padam. Jika pada jaringan radial terjadi gangguan di F_2 maka empat buah konsumen akan padam karena tidak adanya sumber pengisian lain seperti halnya yang terjadi pada jaringan lingkaran.

c. Sistem *Network* (*grid*)

Sistem *Network* merupakan salah satu jenis jaringan distribusi, yang mana suatu areal beban dilayani oleh lebih dari satu sumber daya (GI). Beban – beban dan sumber daya semuanya dibuat saling berhubungan (interkoneksi) sehingga membentuk jala – jala (terlihat dalam gambar 2.12).

Kelebihan sistem ini adalah keandalannya yang lebih baik jika dibandingkan dengan sistem yang lain, baik sistem radial, *loop* dan sistem *spindle*. Namun sistem ini memerlukan biaya investasi yang besar dan cara pengoperasiannya yang sulit. Sistem ini digunakan untuk daerah atau kawasan yang memerlukan keandalan yang tinggi. Untuk saat ini sistem ini pada umumnya hanya digunakan untuk sistem yang besar seperti sistem transmisi dan sangat jarang digunakan untuk sistem distribusi.

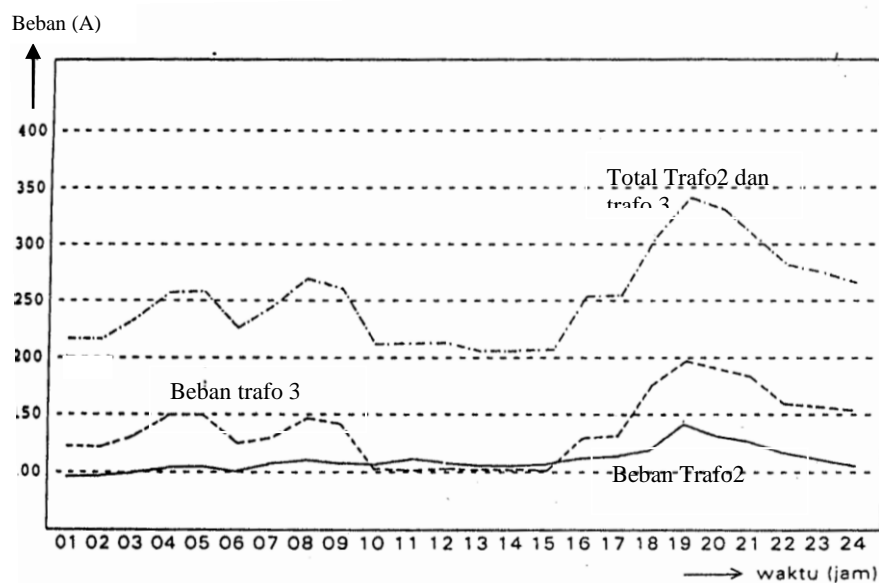


Gambar 2.12. Sisten jaringan network.

2.2.8. Karakteristik beban

Karakteristik beban merupakan perilaku beban yang dinyatakan dalam besarnya beban (ampere, KW, atau MW) sebagai fungsi dari waktu (menit atau jam) dalam suatu kurun waktu tertentu. Untuk mengetahui karakteristik beban pada suatu hari, biasanya secara manual selama 24 jam yang kemudian digambarkan dalam bentuk grafik yang dinamakan "kurva Beban". Sistem pencatatan beban secara manual biasanya kurang presisi, sehingga untuk keperluan analisa (sistem aliran daya, gangguan, dll) biasanya digunakan ampere *recording* yang berfungsi untuk merekam karakteristik beban secara real time.

Kurva beban ini manfaatnya untuk membantu dalam memperkirakan perkembangan atau pertumbuhan beban suatu dari sistem dari waktu ke waktu sebagai bahan masukan dalam membuat suatu perencanaan dan pengembangan sistem dimasa – masa mendatang, karakteristik beban dapat dilihat dalam gambar 2. 13.



Gambar 2. 13. Contoh karakteristik beban

2.2.9 Perkiraan beban pada sistem distribusi

Perkiraan beban pada umumnya merupakan pernyataan dari apa yang akan terjadi dalam kondisi tertentu dengan kecenderungan yang terus-menerus dan penyebab kejadian-kejadian tersebut dapat diatur oleh manusia, apabila perkiraan tidak seperti yang diinginkan itu masih dalam kemampuan manusia untuk dapat merubahnya.

Perkiraan-perkiraan beban selama bertahun-tahun telah banyak diperbaiki dan sekarang telah mencapai tahap yang lebih tepat dan tidak menyimpang dari yang akan dikehendaki. Dalam sistem daya sangat dibutuhkan untuk memperkirakan beban dengan tepat karena disebabkan dalam distribusi listrik dibutuhkan dana yang tidak sedikit.

Perkiraan beban dengan waktu yang nyata untuk jarak waktu yang pendek maupun panjang telah banyak dipakai oleh negara-negara maju dalam penggunaan daya listriknya. Untuk memperkirakan beban pada industri pelistrikan selalu dipakai metode-metode perkiraan. Metode perkiraan tersebut dibagi dalam dua kategori besar, yaitu perkiraan berdasarkan pada kecenderungan-kecenderungan yang ada dan perkiraan berdasarkan model ekonomi.

a. Perkiraan berdasarkan model ekonomi

Perkiraan jenis ini pada umumnya merupakan sebuah model yang menghubungkan tata laku dari satu fungsi ekonomi terhadap fungsi ekonomi lainnya. Model ekonomi yang dapat dipakai sebagai model statistik yaitu dimana semua variabel dapat ditentukan dan dapat diukur secara matematis yang disebut

sebagai model ekonometris. Sedangkan bila model perkiraan beban terdiri dari satu persamaan saja disebut dengan model regresi. Suatu model perkiraan beban yang lengkap yang mengikuti indikator-indikator ekonomi akan merupakan sebuah bentuk dari model ekonometris.

b. Perkiraan beban berdasarkan kecenderungan atau analisis regresi

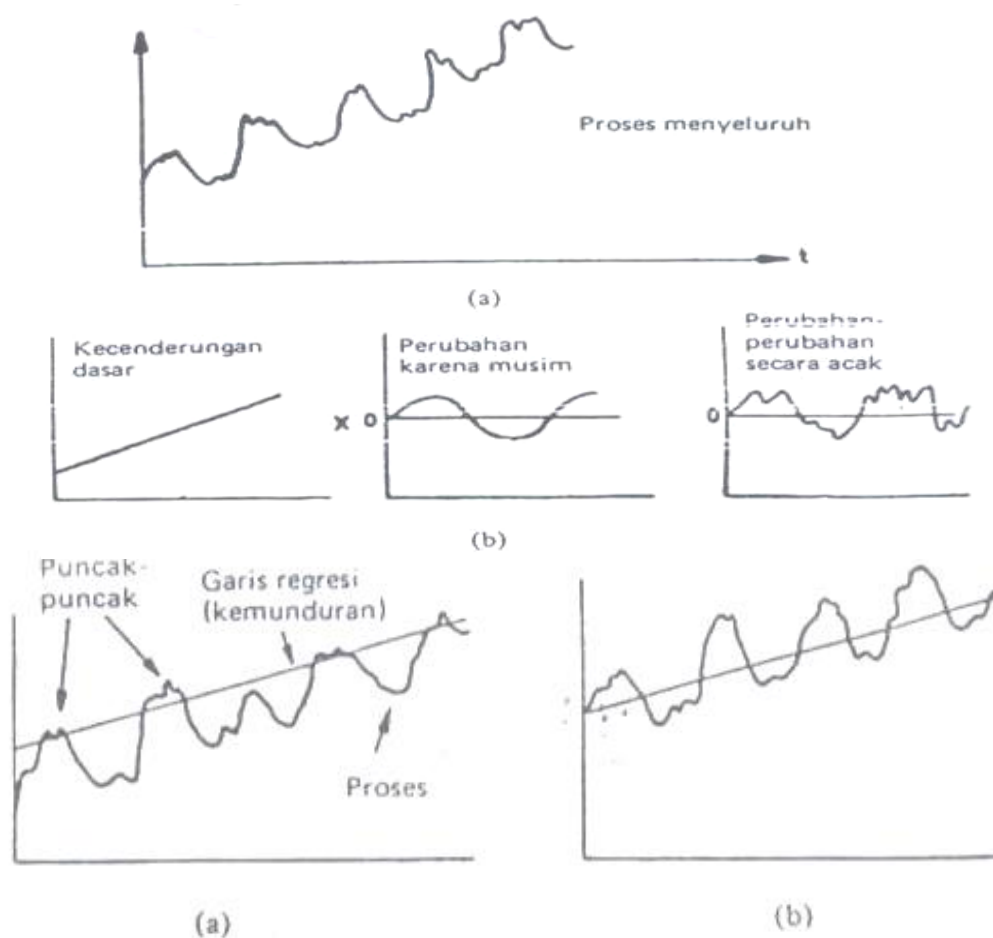
Perkiraan kecenderungan atau analisis regresi adalah cara mempelajari tata laku dari deret-deret waktu atau merupakan suatu proses diwaktu yang lalu dengan model matematiknya sehingga tata laku yang akan datang dapat diketahui dari sekarang. Pendekatan umum yang mengikuti kecenderungan adalah:

1. Pemasukan fungsi matematik kontinyu kedalam data nyata untuk mendapatkan kesalahan keseluruhan terkecil atau yang dikenal dengan analisis regresi.
2. Pemasukan sebuah deret pada garis-garis kontinyu atau kurva-kurva kedalam data.

Beban dari suatu sistem daya dapat dipecah-pecah kedalam empat komponen utama yaitu:

- a. Kecenderungan dasar
- b. Perubahan - perubahan karena musim
- c. Perubahan yang berulang kembali termasuk pengaruh periode-periode yang lebih panjang dan penyebab-penyebab dari perubahan beban untuk diulang dalam beberapa waktu mendatang, atau mungkin dengan periode waktu ulang yang lebih lama lagi.

Faktor yang menyebabkan beban lebih telah terkandung dalam perencanaan maka perhatian selalu dipusatkan pada beban-beban puncak dari sistem tahunan dan tidak pada keseluruhan kurva beban. berikut ini ditampilkan beberapa macam kurva pertumbuhan beban pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Macam – macam kurva pertumbuhan beban

1. Kecenderungan Linier

Kecenderungan ini merupakan kecenderungan yang telah lalu dimana kenaikan penggunaan dari tahun ketahun lebih kurang tetap. Data

penggunaan yang selalu disusun dalam daftar dan digambar pada grafik hitung maka akan didapatkan satu garis lurus. Kecenderungan pertumbuhan beban semacam ini tidak sama untuk industri daya. kecenderungan pertumbuhan dalam industri daya dinyatakan secara matematik sebagai berikut:

$$C_t = a + bt \quad (2 - 11)$$

dengan,

- C_t : Pemakaian listrik pada setiap tahun t
- a : Pemakaian untuk tahun pertama $t = 0$
- b : Kenaikan tetap penggunaan daya tahunan
- t : Bilangan pokok dari tahun t dengan dasar tahun pertama, jadi sama dengan $t - 1 + n$
- n : 5, 10, 15, 20, 25, n

nilai t adalah jumlah tahun yang dipakai untuk mempelajari kecenderungan statistik dan n merupakan angka tahun perkiraan yang dibutuhkan.

2. Kecenderungan eksponensial

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

$$S_n = S_0 (1 + \alpha)^t \quad (2 - 12)$$

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
- α : Rata – rata pertumbuhan beban dalam prosentase

Dimana ,

$$\alpha = \frac{MVA_n - MVA_{n-1}}{MVA_n} \quad (2 - 13)$$

Dengan,

MVA_n : Daya pada tahun n

MVA_{n-1} : Daya pada tahun n-1

Sedangkan rata-rata beban pada 3 penyulang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$MVA_{Rata-rata\ penyulang} = \frac{\sum MVA_{Rata-rata}}{3} \quad (2 - 14)$$

2.3. Hipotesis

Berdasarkan latar belakang dan landasan teori maka dapat diambil kesimpulan sementara bahwa penambahan jumlah penduduk dan industri juga merupakan penambahan jumlah energi listrik (beban listrik) yang dibutuhkan oleh konsumen. Meningkatnya permintaan yang cukup tinggi akan energi listrik menyebabkan resiko pembebanan pada transformator distribusi yang juga berpengaruh pada transformator daya yang ada di gardu induk Purwokerto, sehingga pemberatan pembebanan transformator daya di gardu induk menyebabkan ketidakmampuan transformator memikul beban yang melebihi kapasitasnya.