

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya penelitian terhadap perhitungan lama waktu pakai transformator jaringan distribusi 20 KV di APJ Yogyakarta. Dalam perhitungan regresi linier yang dilakukan pada transformator 20KV mendapat nilai error 13,3% dari standarisasi PLN sebesar batas pemakaian transformator. Maka waktu pakai transformator berkurang selama 8 bulan dari standarisasi pemakaian transformator selama 5 tahun. Maka sisa waktu pemakaian transformator adalah 4 tahun 4 bulan. (Syafriyudin, 2011)

Penelitian terhadap transformator Gardu Induk manisrejo di kota madiun. Dengan menggunakan metode regresi linier berganda diperoleh perkiraan beban Gardu Induk Manisrejo untuk tahun 2025 sebesar 60,35 MVA. Sedangkan perkiraan beban untuk trafo V dan VI Gardu Induk Manisrejo masing-masing sebesar 37,42 MVA dan 22,39 MVA. Trafo VI perlu dinaikkan kapasitasnya menjadi 30 MVA, yaitu pada tahun 2017 dimana peningkatan beban trafo VI diperkirakan 15,11 MVA. (Suryo,2014)

Penelitian penulis terhadap perkembangan beban listrik di kecamatan Ranah Pesisir. Prediksi beban listrik Kec. Ranah Pesisir mulai tahun 2010 sampai tahun 2025 menggunakan metode persamaan eksponensial dengan nilai standard error estimasi yang terkecil, sehingga didapatkan hasil prediksi pada tahun 2010 pelanggan

akan diperkirakan menjadi 4.078,17 pelanggan dan tahun 2025 menjadi 9.575,38 pelanggan. (Dewi & Saputra,2014)

Penelitian terhadap pembebanan transformator Gardu Induk 150 KV Wirobrajan. Standar toleransi kelayakan kapasitas transformator wirobrajan sebesar 85% yaitu 50,89 MVA untuk fungsi eksponensial dan 48.07 MVA dengan fungsi polynomial dengan arus pembebanan 84,81% yaitu sebesar 230,72 ampere tercapai pada tahun 2025.(Bawan & Suwarti,2013)

Penelitian terhadap pertumbuhan beban transformator Gardu Induk 150 KV Cilegon. Dengan menggunakan metode regresi linier berganda diperoleh perkiraan beban trafo I 56 MVA Gardu Induk Cilegon Lama untuk tahun 2030 sudah mencapai beban berat yaitu 59,24 MVA. Trafo 1 perlu dinaikan kapasitasnya menjadi 60 MVA.sedangkan perkiraan beban untuk trafo II 60 MVA Gardu Induk Cilegon Lama pada tahun 2030 dieprkirakan beban mencapai 47 MVA. (Nugroho,2016)

penelitian mengenai peramalan kebutuhan energi listrik tahun 2006-2015 menggunakan metode gabungan dengan pemrograman *visual basic*. Dalam jangka 10 tahun (2006-2015) konsumsi energi listrik per sektor UPJ Boyolali diramalkan setiap tahunnya meningkat rata-rata sebesar 4,5% untuk rumah tangga, 18,5% untuk bisnis, 3,0% umum, dan 18,5% industri. Kenaikan tersebut mengikuti kenaikan daya tersambung per sektor, PDRB sektoral, dan jumlah pelanggan per sektor. (Nugroho & Winardi,2008)

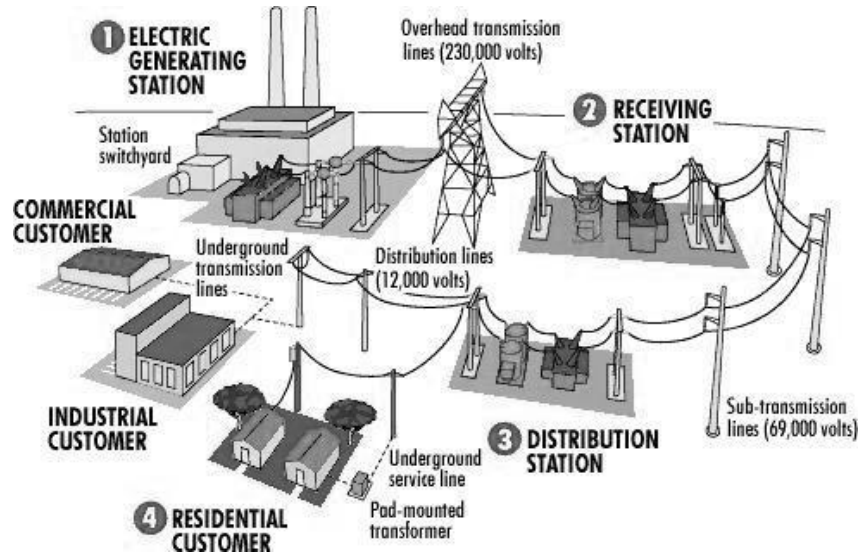
2.2. Dasar Teori

2.2.1. Penyaluran Tenaga Listrik

Pada pusat pembangkit, sumber energi primer seperti bahan bakar fosil (minyak, batubara), panas bumi, air, dan nuklir diubah menjadi energi listrik. Generator sinkron mengubah energi mekanis yang dihasilkan pada poros turbin menjadi energi listrik tiga fasa. Melalui transformator *step-up*, energi listrik ini kemudian dikirimkan melalui saluran transmisi bertegangan ekstra tinggi (SUTET) menuju ke gardu induk. Dari gardu induk energi listrik bertegangan ekstra tinggi tadi diubah menggunakan transformator *step-down* yang kemudian tegangannya diturunkan misalnya dari 500 kV ke 150 kV atau dari 500 kV ke 70 kV. Tegangan tersebut disalurkan melalui jaringan tegangan tinggi (SUTT). Selanjutnya penurunan kedua dilakukan di gardu induk distribusi dari tegangan 150 kV ke 20 kV atau 150 kV ke 220/380 V. Tegangan 20 kV ini disebut tegangan distribusi primer atau Saluran Tegangan Menengah (STM), sedangkan tegangan 220/380 V disebut tegangan distribusi sekunder atau Saluran Tegangan Rendah (STR).

Sistem penyaluran tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik ke konsumen (beban), prosesnya melalui beberapa tahap, yaitu dari pembangkit tenaga listrik penghasil energi listrik, disalurkan ke jaringan transmisi (SUTET) langsung ke gardu induk. Dari gardu induk tenaga listrik disalurkan ke jaringan distribusi primer (SUTM), dan melalui gardu distribusi langsung ke jaringan distribusi sekunder (SUTR), tenaga listrik dialirkan ke konsumen.

Jaringan tenaga listrik secara garis besar terdiri dari pusat pembangkit, jaringan transmisi (gardu induk dan saluran transmisi) dan jaringan distribusi, seperti diperlihatkan pada gambar 2.1



(Sumber: Dr. Ramadoni Syahputra, Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik, 2015)

Gambar 2.1 Jaringan Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik secara keseluruhan merupakan suatu rangkaian terpadu yang terdiri dari 3 komponen yaitu:

1. Pusat listrik/ pembangkit tenaga listrik seperti PLTA, PLTP, PLTG, PLTU, PLTGU, dan sumber pembangkit lainnya yang berfungsi untuk menyediakan tenaga listrik kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya.
2. Saluran transmisi, berfungsi menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban atau gardu induk.

3. Jaringan distribusi, yang berfungsi mendistribusikan daya listrik dari gardu induk ketiap-tiap beban.

Jaringan distribusi dibagi lagi menjadi beberapa bagian yang mempunyai komponen utama sistem distribusi, yaitu:

1. Jaringan Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer menyalurkan daya dari sisi sekunder transformator gardu induk ke sisi primer transformator distribusi. Pada umumnya memiliki tegangan 20 kV.

2. Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan tegangan rendah berfungsi menyalurkan daya dari gardu distribusi sampai kepada para pemakai atau konsumen. Jaringan distribusi sekunder pada umumnya mempunyai tegangan 220 Volt, secara umum sistem distribusi tenaga listrik dari pembangkit sampai ke beban tegangan rendah.

2.2.2. Gardu Induk

Suatu sistem tenaga listrik umumnya sangat kompleks, ia memerlukan sebuah peralatan *switching* agar dapat mengendalikan secara efisien suatu jaringan transmisi maupun distribusi pada kondisi normal ataupun sedang dalam gangguan. Bila pada instalasi listrik rumah tangga memerlukan suatu saklar untuk memutus dan menghubungkan aliran listrik, maka pada saluran transmisi dan distribusi juga memerlukan hal serupa untuk melakukannya. Oleh karena itu penting sekali adanya gardu induk ini dalam suatu sistem tenaga listrik.

Semua perlengkapan yang terpasang di sisi sekunder trafo harus mampu memikul tegangan tinggi. Tegangan transmisi dalam puluhan sampai ratusan kilovolt sedangkan konsumen membutuhkan tegangan ratusan volt sampai dua puluh kilovolt, sehingga diantara transmisi dan konsumen dibutuhkan trafo daya *step down*. Semua perlengkapan yang terpasang di sisi primer trafo ini juga harus mampu memikul tegangan tinggi. Trafo-trafo daya ini bersama perlengkapan-perengkapannya disebut gardu induk (Bonggas L. Tobing, 2003:3).

2.2.3. Jenis Gardu Induk

1. Berdasarkan pemasangan peralatan dibagi menjadi:

a. Gardu induk pemasangan dalam

Adalah gardu induk listrik dimana semua peralatannya dipasang didalam gedung atau diruang tertutup.

b. Gardu induk pemasangan luar

Adalah gardu induk semua atau sebagian besar peralatannya ditempatkan diluar gedung kecuali peralatan kontrol, proteksi, dan sistem kendali serta alat bantu lainnya.

c. Gardu induk kombinasi a dan b

Adalah gardu induk yang peralatan *switchgear* berada didalam gedung dan sebagian dari *switchgear* ada diluar gedung dari SUTT sebelum masuk kedalam *switchgear* dan transformator berada diluar gedung.

2. Berdasarkan fungsi gardu induk dibedakan menjadi:

a. Gardu induk distribusi

Gardu induk yang menyalurkan tenaga listrik dari tegangan sistem ke sistem tegangan distribusi.

b. Gardu induk pengatur beban

Gardu induk yang berfungsi mengatur beban, pada gardu induk tersebut terpasang beban motor yang pada saat tertentu menjadi pembangkit tenaga listrik, motor menjadi generator atau menjadi beban dengan generator.

c. Gardu induk pengatur tegangan

Gardu induk jenis ini biasanya terletak jauh dari pusat pembangkit sehingga tegangan jatuh (*voltage drop*) transmisi sangat besar sehingga diperlukan alat penaik tegangan seperti bank kapasitor sehingga tegangan menjadi baik.

d. Gardu induk penurun tegangan

Adalah gardu induk yang berfungsi menurunkan tegangan seperti tegangan sistem primer menjadi tegangan rendah yaitu tegangan distribusi.

e. Gardu induk penaik tegangan

Adalah gardu induk yang mempunyai fasilitas untuk menaikkan tegangan yaitu tegangan pembangkit dinaikkan dari tegangan sistem untuk efisiensi sehingga dapat dihubungkan dengan pusat beban yang lokasinya sangat jauh.

2.2.4. Komponen dan Fungsi Gardu Induk

1. Transformator Daya

Transformator merupakan suatu alat listrik statis yang dipergunakan untuk memindahkan daya dari suatu rangkaian ke rangkaian lain dengan mengubah tegangannya baik itu menaikannya (*step up*) maupun menurunkannya (*step down*) tanpa mengubah nilai frekuensinya dan berdasar atas prinsip induksi elektromagnetik (Abdul Kadir, 2011:43). Dalam bentuknya yang paling sederhana sebuah transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) dan satu induktansi mutual. Kumparan primer adalah yang menerima daya dan kumparan sekunder terhubung pada beban. Kedua kumparan tersebut dibelit pada suatu inti besi yang terdiri atas material magnetik berlaminasi.

Ramadoni Syahputra (2015:104-105 dan 107) menyebutkan secara umum bagian-bagian transformator yaitu:

a. Bagian masukan

Bagian masukan atau yang disebut juga sebagai bagian primer trafo. Bagian inilah yang dihubungkan dengan sumber energi listrik yang akan diubah.

b. Bagian keluaran

Bagian keluaran atau yang disebut juga sebagai sekunder trafo. Bagian inilah yang dihubungkan dengan beban.

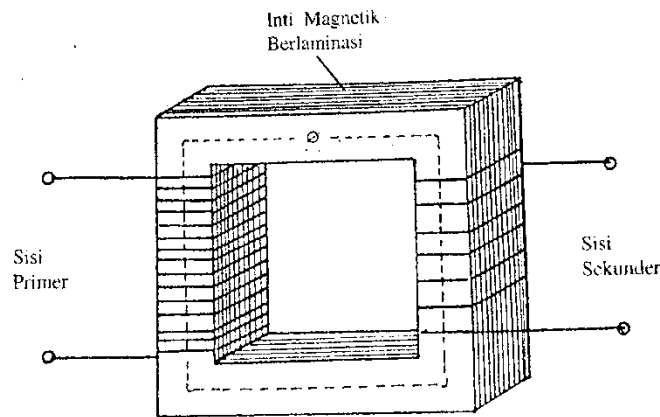
c. Bagian belitan atau koil.

Transformator memiliki dua macam belitan, yaitu belitan primer dan belitan sekunder. Belitan primer menarik energi listrik dari sumber untuk kemudian ditransformasikan (diubah tegangannya) ke beban. Pada umumnya bagian primer dan sekunder transformator dipisah-pisahkan menjadi beberapa koil

(belitan). Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi pembentukan fluks yang tidak menghubungkan bagian primer dan sekunder. Pentransformasian hanya akan terjadi saat fluks (*mutual flux*) menghubungkan bagian primer dan sekunder transformator, sementara untuk fluks yang tidak menghubungkan bagian primer dan sekunder disebut fluks bocor (*leakage flux*). Belitannya pun biasanya dibagi-bagi untuk menurunkan besar tegangan per koil. Hal ini sangat penting pada penggunaan untuk transformator tegangan tinggi, karena ketebalan isolasi antar belitan akan memengaruhi konstruksi transformator.

d. Bagian inti (*core*)

Bagian ini digunakan agar fluks magnetisasi yang terbentuk lebih terarah. Inti transformator tidak berupa suatu besi yang padat, namun berupa lapisan-lapisan besi tipis yang ditumpuk. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi panas yang terbentuk sehingga mengurangi rugi-rugi daya trafo. Karena rangkaian primer dan sekunder tidak terhubung secara elektronis, maka inti besi ini memiliki peranan penting dalam pengiriman tenaga listrik dari primer ke sekunder melalui induksi magnetik.



Sumber: Abdul Kadir, Transmisi Tenaga Listrik, 2011

Gambar 2.2 Skema prinsip transformator

2. *Neutral Grounding Resistance (NGR)*

Komponen yang dipasang antara titik neutral trafo dengan pentanahan. Berfungsi untuk memperkecil arus gangguan yang terjadi. Diperlukan proteksi yang praktis dan biasanya tidak terlalu mahal, karena karakteristik relay dipengaruhi oleh sistem pentanahan neutral.

3. *Circuit Breaker (CB)*

Adalah peralatan pemutus, yang berfungsi untuk memutus rangkaian listrik dalam keadaan berbeban (berarus). CB dapat dioperasikan pada saat jaringan dalam kondisi normal maupun pada saat terjadi gangguan. Karena pada saat bekerja, CB mengeluarkan (menyebabkan timbulnya) busur api, maka pada

CB dilengkapi dengan pemadam busur api. Pemadam busur api berupa:

- a. Minyak (OCB)
- b. Udara (ACB).
- c. Gas (GCB).

4. *Disconnecting Switch (DS)*

Adalah peralatan pemisah, yang berfungsi untuk memisahkan rangkaian listrik dalam keadaan tidak berbeban. Dalam GI, *Disconnecting Switch* terpasang di :

- a. Transformator Bay (TR Bay).
- b. Transmission Line Bay (TL Bay).
- c. Busbar.
- d. Bus Couple.

Karena DS hanya dapat dioperasikan pada kondisi jaringan tidak berbeban, maka yang harus dioperasikan terlebih dahulu adalah CB. Setelah rangkaian diputus oleh CB, baru DS dioperasikan.

5. *Lightning Arrester (LA)*

Berfungsi untuk melindungi (pengaman) peralatan listrik di gardu induk dari tegangan lebih akibat terjadinya sambaran petir (*lightning surge*) pada kawat transmisi, maupun disebabkan oleh surya hubung (*switching surge*). Dalam keadaan normal (tidak terjadi gangguan), LA bersifat isolatif atau tidak bisa menyalurkan arus listrik. Dalam keadaan terjadi gangguan yang menyebabkan

Lightning Arrester bekerja, maka *Lightning Arrester* bersifat konduktif atau menyalurkan arus listrik ke bumi.

6. *Current* Transformator (CT)

Current transformator adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang mengubah besaran arus dari tinggi ke rendah ataupun sebaliknya sesuai dengan kebutuhan yang di perlukan.

7. *Potential* Transformator (PT)

Berfungsi untuk merubah besaran tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau memperkecil besaran tegangan listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi besaran tegangan untuk pengukuran dan proteksi. Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer, dengan memisahkan instalasi pengukuran dan proteksi tegangan tinggi.

8. Trafo Pemakaian Sendiri (TPS)

Berfungsi sebagai sumber tegangan AC 3 fasa 220/ 380 Volt. Digunakan untuk kebutuhan intern gardu induk, antara lain untuk:

- a. Penerangan di *swtich yard*, gedung kontrol, halaman GI dan sekeliling GI.
- b. Alat pendingin (AC).
- c. *Rectifier*.
- d. Pompa air dan motor-motor listrik.
- e. Peralatan lain yang memerlukan listrik tegangan rendah.

9. Rel (Busbar)

Berfungsi sebagai titik pertemuan/hubungan (*connecting*) antara transformator daya, SUTT, SKTT serta komponen listrik lainnya yang ada pada *switch yard*. Komponen rel (busbar) antara lain:

- a. Konduktor (AAAC, HAL, THAL, BC, HDCC).
- b. Insulator String & Fitting (Insulator, Tension Clamp, Suspension Clamp, Socket Eye, Anchor Sackle, Spacer).

2.3. Peramalan

Pada dasarnya peramalan merupakan suatu dugaan atau perkiraan atas terjadinya kejadian di waktu yang akan datang. Peramalan ini diperlukan karena adanya perbedaan waktu antara kesadaran akan peristiwa atas kebutuhan mendatang dengan waktu peristiwa itu sendiri. Apa bila perbedaan waktu tersebut panjang maka suatu peramalan akan sangat dibutuhkan terutama dalam penentuan suatu peristiwa yang muncul sehingga dapat dipersiapkan langkah-langkah antisipasi yang diperlukan guna menghadapi peristiwa tersebut. Peramalan dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. Permalan kualitatif

Peramalan kualitatif merupakan peramalan yang didasarkan atas data kumulatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat tergantung pada orang yang menyusunnya. Hal ini penting sebab hasil peramalan tersebut ditentukan berdasarkan intuisi, pendapat dan pengetahuan serta pengalaman

penyusun.

2. Peramalan kuantitatif

Peramalan kuantitatif merupakan peramalan yang dibuat sangat tergantung pada metode yang digunakan dalam peramalan tersebut. Baik tidaknya metode yang digunakan ditentukan oleh perbedaan antara hasil peramalan dengan kenyataan yang terjadi. Semakin kecil penyimpangan antara hasil peramalan dan kenyataan maka metode peramalan tersebut semakin baik.

Menurut jangka waktunya, peramalan dibagi menjadi tiga periode, sesuai dengan materi yang diramalkannya. Dalam peramalan beban listrik, periode peramalannya dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Peramalan Jangka Panjang

Merupakan peramalan yang memperkirakan keadaan dalam waktu beberapa tahun ke depan. Tujuannya adalah untuk mempersiapkan ketersediaan unit pembangkit, sistem transmisi, dan distribusi.

2. Peramalan Jangka Menengah

Merupakan peramalan dalam jangka waktu bulanan atau mingguan. Tujuannya untuk mempersiapkan jadwal persiapan dan operasional pembangkit.

3. Peramalan Jangka Pendek

Merupakan peramalan dalam jangka waktu harian hingga tiap jam. Biasanya digunakan untuk studi perbandingan beban listrik perkiraan aktual.

2.3.1 Metode peramalan

Metode Peramalan Beban yang biasa digunakan oleh banyak perusahaan listrik

dewasa ini secara umum dapat dibagi menjadi lima kelompok besar yaitu sebagai berikut:

1. Metode Analitis (*End Use*)

Metode analitis adalah metode yang disusun berdasarkan data analisis penggunaan akhir tenaga listrik pada setiap sektor pemakai.

2. Metode Ekonometri

Metode Ekonometri adalah metode yang disusun berdasarkan kaidah ekonomi dan statistik.

3. Metode *Time Series*

Metode *Time Series* adalah metode yang disusun berdasarkan hubungan data-data masa lalu tanpa memperhatikan faktor-faktor penyebab (pengaruh ekonomi, iklim, teknologi dan sebagainya).

4. Metode Gabungan (Metode Analitis dan Metode Ekonometri)

Metode yang merupakan gabungan dari beberapa metode (analitis dan ekonometri). Sehingga akan didapat suatu metode yang tanggap terhadap pengaruh aktivitas ekonomi, harga listrik, pergeseran pola penggunaan, kemajuan teknologi, kebijaksanaan pemerintah dan sosio demografi.

5. Metode regresi

Regresi merupakan metode yang paling sering digunakan dalam perhitungan statistik. Peramalan regresi beban listrik biasa digunakan untuk mencari hubungan antara konsumsi energi dan faktor lain seperti cuaca, tipe hari, maupun jenis konsumen. Metode regresi merupakan metode perkiraan

yang mengasumsikan faktor yang diperkirakan menunjukkan hubungan sebab – akibat dengan satu atau lebih variabel bebas, sehingga metode ini bertujuan untuk mengetahui bentuk hubungan tersebut dan memperkirakan nilai mendatang dari variabel tidak bebas. Ada beberapa metode regresi yang dapat digunakan untuk memperkirakan beban GI, diantaranya adalah metode regresi linier dan regresi eksponensial.

a. Regresi Linier

Persamaan umum dari regresi linier ini adalah:

$$y = a + bx \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x)^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(2)$$

$$a = \frac{\sum y}{n} - b \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots(3)$$

keterangan:

y = variabel tidak bebas

x = variabel *bebas*

a = koefisien *intersepsi*

b = koefisien *kemiringan*

b. Regresi Eksponensial

Ada beberapa jenis *trend* yang tidak linier tetapi dapat dibuat linier dengan jalan melakukan transformasi. Misalkan trend eksponensial $y=+bx$ dapat diubah menjadi:

$$\ln y = \ln e(a + bx) \dots\dots\dots(4)$$

Karena $\log e = 1$, maka:

$$\ln y = a + bx \dots\dots\dots(5)$$

Jika $\ln y = y'$, maka persamaannya akan menjadi persamaan linier, yaitu:

$$Y = a + bx$$

Nilai koefisien a dan b dicari melalui persamaan (2) dan (3).

c. Regresi Linier Berganda

Regresi linier berganda adalah analisis regresi yang menjelaskan hubungan antara peubah respon (*variabel dependen*) dengan faktor-faktor yang mempengaruhi lebih dari satu prediktor (*variabel independen*).

Regresi linier berganda hampir sama dengan regresi linier sederhana, hanya saja pada regresi linier berganda variabel bebasnya lebih dari satu variabel penduga. Tujuan analisis regresi linier berganda adalah untuk mengukur intensitas hubungan antara dua variabel atau lebih dan membuat prediksi perkiraan nilai Y atas X.

Secara umum model regresi linier berganda untuk populasi adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \dots\dots\dots(6)$$

Untuk mendapatkan nilai b_1 b_2 dan a, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sum X_1^2 = \sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n}$$

$$\sum X_{2^2} = \sum X_{2^2} - \frac{(\sum X_{2^2})}{n}$$

$$\sum Y^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y^2)}{n}$$

$$\sum X_1 Y = \sum X_1 Y - \frac{\sum X_1 Y}{n}$$

$$\sum X_2 Y = \sum X_2 Y - \frac{\sum X_2 Y}{n}$$

$$\sum X_1 X_2 = \sum X_1 X_2 - \frac{\sum X_1 X_2}{n}$$

Sehingga,

$$b_1 = \frac{[(\sum X_{2^2} \times \sum X_1 Y) - (\sum X_2 Y \times \sum X_1 X_2)]}{[(\sum X_{1^2} \times \sum X_{2^2}) - (\sum X_1 X_2)^2]}$$

$$b_2 = \frac{[(\sum X_{1^2} \times \sum X_1 Y) - (\sum X_1 Y \times \sum X_1 X_2)]}{[(\sum X_{1^2} \times \sum X_{2^2}) - (\sum X_1 X_2)^2]}$$

$$a = \frac{(\sum Y) - (b_1 \times \sum X_1) - (b_2 \times \sum X_2)}{n}$$

2.3.2 Model Peramalan beban

Tahapan akhir dari penyusunan peramalan beban adalah pembuatan model. Dari model tersebut akan dihitung kebutuhan tenaga listrik. Model yang dimaksud disini adalah suatu fungsi matematis untuk memformulasikan kebutuhan tenaga listrik sebagai fungsi variabel yang dipilih. Untuk keperluan penyusunan peramalan kebutuhan tenaga listrik, model yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Model Sektoral

Pada model ini menggunakan pendekatan sektoral pemakai dan dengan menggunakan metode gabungan. Model ini digunakan untuk menyusun peramalan tingkat distribusi/wilayah.

2. Model Lokasi

Model ini serupa dengan model sektoral, dengan penyederhanaan pada beberapa variabel/asumsi. Metode ini digunakan untuk menyusun peramalan tingkat pusat beban (*Load Centre*).

3. Model Gardu Induk

Metode ini menggunakan metode time series (*moving average time series*), dengan input tunggal beban puncak bulanan gardu induk. Model ini digunakan untuk menyusun peramalan beban gardu induk.

2.3.3 Faktor Penting Untuk Peramalan

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan adalah faktor cuaca, kelompok konsumen dan waktu. Peramalan jangka menengah dan panjang menggunakan data historis beban dan cuaca, banyaknya pelanggan dalam kelompok yang berbeda dan banyaknya listrik dalam suatu area. Beban dalam minggu yang berbeda juga berbeda-beda sifat. Kondisi cuaca juga mempengaruhi beban listrik. Faktanya, parameter ramalan cuaca merupakan faktor yang paling penting pada peramalan beban jangka pendek.

2.4. Kebutuhan Beban

Kebutuhan sistem tenaga listrik adalah beban terminal terima secara rata-rata dalam suatu selang waktu tertentu. Kebutuhan listrik pada suatu daerah tergantung dari keadaan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan rencana pengembangan pada waktu mendatang.

2.4.1 Karakteristik Beban

Secara umum menurut kegiatan pemakaian listrik, konsumen listrik dapat dikelompokkan menjadi konsumen rumah tangga, komersil, publik dan industri. Konsumen-konsumen tersebut memiliki karakteristik beban yang berbeda, hal ini berhubungan dengan pola konsumsi energi listrik pada masing-masing konsumen. Untuk konsumen rumah tangga pola pembebanan ditunjukkan oleh adanya fluktuasi konsumsi listrik yang cukup besar. Pada konsumen industri fluktuasi energi listrik hampir sama sehingga perbandingan beban rata-rata dengan beban puncak hampir mendekati satu, sedangkan pada konsumen komersil akan mempunyai beban puncak pada malam hari.

2.4.2 Beban Rata-Rata

Beban rata-rata (B_r) didefinisikan sebagai perbandingan antara energi yang terpakai dengan waktu periode tertentu. Untuk periode satu tahun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$B_r = \frac{\text{Kwh produksi total 1 tahun}}{8760 \text{ jam}} \dots\dots\dots(7)$$

2.4.3 Faktor Beban

Didefinisikan sebagai perbandingan antara beban rata-rata dengan beban puncak yang diukur pada suatu periode tertentu. Beban puncak yang dimaksud adalah beban puncak sesaat dalam selang waktu tertentu. Persamaan faktor beban ditulis sebagai berikut:

$$L_f = \frac{E_r}{\text{beban puncak}} \dots\dots\dots(8)$$

Beban rata-rata akan selalu akan lebih kecil dari beban puncak , sehingga faktor beban akan selalu lebih kecil dari satu.

2.5. Evaluasi Kemampuan Transformator

1. Definisi kemampuan: Kemampuan suatu benda untuk digunakan atau memproduksi atau menghasilkan.
2. Definisi kapasitas: Ruang yang tersedia atau kemampuan daya tampung.
3. Definisi evaluasi: Penaksiran atau penilaian terhadap pertumbuhan dan kemajuan kearah tujuan atau nilai nilai yang telah ditetapkan.
4. Kemampuan transformator: kemampuan transformator untuk digunakan mentransformasikan daya atau listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya sesuai dengan nilai dari kapasitas transformator yang telah ditetapkan

Dari definisi definisi tersebut maka evaluasi kemampuan transformator dapat diartikan sebagai penaksiran atau penilaian terhadap kemampuan transformator untuk digunakan mentransformasikan daya atau listrik dari tegangan tinggi ke

tegangan rendah atau sebaliknya sesuai dengan nilai dari kapasitas transformator yang telah ditetapkan.

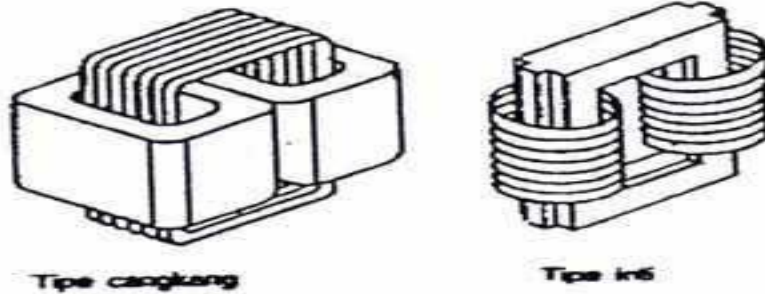
2.5.1. Tentang Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang digunakan untuk mentransformasikan daya atau listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, melalui suatu gandengan magnet yang berdasarkan prinsip induksi elektro magnet. Prinsip transformator adalah hukum ampere dan hukum faraday, yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Transformator digunakan secara luas baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi:

1. Transformasi daya
2. Transformator distribusi
3. Transformator pengukuran (transformator arus dan transformator tegangan).

Kerja transformator berdasarkan induksi elektro magnet, menghendaki adanya gandengan magnet antara rangkain primer dan rangkain sekunder. Gandengan magnet ini berupa inti besi tempat melakukan fluks bersama. Berdasarkan cara melilitkan kumparan pada inti, dikenal dua macam transformator yaitu tipe inti dan tipe cangkang.



Sumber: Abdul Kadir, Transmisi Tenaga Listrik, 2011

Gambar 2.3 tipe cangkang dan tipe inti pada kumparan transformator

2.5.2. Pembebanan Transformator

Pembebanan transformator didapat dari hasil peramalan beban dibagi dengan kapasitas transformator, kapasitas transformator didapat dari data transformator yang dipakai.

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{S_t}{K_{trafo}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

S_t : Pemakaian beban pada bulan t

K_{trafo} : Kapasitas trafo (data)

2.5.3. Peramalan Pembebanan Transformator

Peramalan beban adalah suatu cara memperkirakan atau menggambarkan beban dimana masa yang akan datang, model pendekatan peramalan:

$$S_t = S_0 \left(\frac{\gamma}{\alpha} \right) \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

S_t : Pemakaian beban pada tahun t (yang diramalkan)

S_0 : Pemakaian beban tenaga listrik (MVA) dasar pada tahun perhitungan tahun pertama

α : Pertumbuhan beban rata-rata yang diamati (faktor pengali).

γ : Hasil persamaan pendekatan,

Untuk mencari nilai Pertumbuhan beban (α) menggunakan rumus:

$$\alpha = \frac{S_n - (S_{n-1})}{(S_{n-1})} \times 100 \dots\dots\dots(11)$$

Dengan:

α : Pertumbuhan beban pertahun

S_n : Rata-rata beban pertahun ke-n (MVA)

(S_{n-1}) : Rata-rata beban tahun n-1 (MVA)