

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

1. Wisnu Adi Suryo (2014), Penelitian dengan judul “Studi Perkiraan Beban Pada Gardu Induk Manisrejo Tahun 12014”. Dengan menggunakan metode regresi linier berganda, Pada tahun 2025 diperkirakan beban pada GI Manisrejo sebesar 60,35 MVA, beban pada trafo V sebesar 37,24 MVA, dan pada trafo VI sebesar 60,35 MVA. Pada tahun 2026 diperkirakan beban pada GI manisreso mencapai 86,22% dan kapasitas pada trafo V sebesar 74,81% dari kapasitas trafo V, dan pada trafo VI sebesar 114,67% dari kapasitas trafo VI. Dikarenakan pada tahun 2018 beban pada trafo VI sudah mencapai 79,5% dari kapasitas trafo, maka diperlukan *uprating* kapasitas pada trafo VI GI Manisrejo pada tahun 2017 menjadi 30 MVA.
2. Elias K. Bawan (2013), Penelitian dengan judul “Estimasi Pembebanan Transformator Gardu Induk 150KV”. Standar toleransi kelayakan kapasitas transformator gardu induk wirobrajan sebesar 85 % yaitu 50.89 MVA untuk fungsi eksponensial dan 48.07 MVA dengan fungsi polinomial dengan arus pembebanan 84.81% yaitu sebsar 230.72 Ampere tercapai pada tahun 2025.

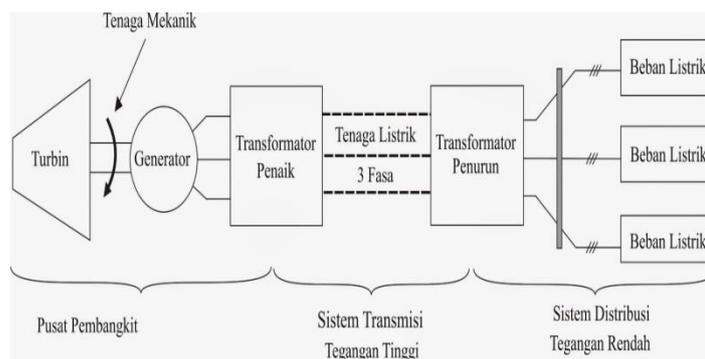
3. Luqman Hakim Anwar (2017), Penelitian dengan judul “Analisis Prakiraan Kemampuan Transformator Berdasarkan Pertumbuhan Beban Berdasarkan Metode Regresi Linier di Gardu Induk 150KV mojosongo boyolali”. Prakiraan beban transformator 1 gardu induk mojosongo di tahun 2017-2022 menunjukkan beban optimal yang masih melayani beban sebesar 80% kapasitas trafo. Sedangkan di tahun 2023 trafo sudah mengalami beban lebih karena beban mencapai 48,69 MVA di atas 80% kapasitas trafo. Prakiraan trafo I gardu induk mojosongo masih sanggup melayani beban dengan optimal selama 6 tahun kedepan dan di tahun berikutnya perencanaan penambahan kapasitas transformator atau penambahan satu unit transformator baru harus segera dilakukan melihat perkiraan beban trafo mengalami overload di tahun 2036.

4. Muhammad aziz soleh (2017), Penelitian dengan judul “Analisis Transformator Berdasarkan Pertumbuhan Beban di Gardu induk 150KV Klaten”. Peramalan beban untuk 20 tahun yang akan datang pada gardu induk 150KV Klaten trafo 130MVA pada tahun 2017 hingga 2024 beban trafo sudah dalam kategori beban optimal dalam melayani beban dengan beban di tahun 2024 sebesar 24,07MVA (80%) . kemudian beban trafo mencapai batas beban berat di tahun 2033 dengan beban sebesar 29,44 MVA (98%) sehingga pada tahun 2034 sampai 2036 sudah mencapai overload yaitu 33,52 MVA (112%).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

Secara umum definisi sistem tenaga listrik meliputi sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Pada saat ini sistem distribusi jika dilihat dari skala nasional, diperkirakan sama dengan biaya investasi fasilitas pembangkitan. Sistem distribusi bersama-sama dengan sistem pembangkitan berdasarkan pengalaman biasanya menelan biaya investasi hingga 80% dari total investasi yang dikeluarkan untuk sistem tenaga listrik. (Syahputra, 2016). 3 komponen utama dalam sistem tenaga listrik dijelaskan pada gambar dibawah.



Gambar 2.1 komponen utama dalam penyaluran tenaga listrik

<http://agusbudiana1.blogspot.co.id/2014/04/sistem-tenaga-listrik.html>

Siklus aliran energi listrik pada sistem tenaga listrik dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada pusat pembangkit, sumber daya energi primer seperti bahan bakar fosil (minyak, gas alam, dan batubara), hidro, panas bumi, 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 tinggi menuju pusat-pusat beban. (Syahputra, 2016)

Tenaga listrik dapat menghasilkan listrik besar dari 11 kV sampai 24 kV dan dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator step up menjadi 70 kV, 150 kV, 220kV dan 500kV kemudian disalurkan oleh saluran transmisi menuju trafo step down dan tegangannya di turunkan menjadi 20 kV. Tujuan dinaikannya tegangan ialah untuk memperkecil rugi-rugi daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir (I^2R). dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya akan semakin kecil pula. Ketika tegangan sudah diturunkan menjadi 20 kV diturunkan lagi menjadi tegangan rendah 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran transmisi menuju konsumen.

2.2.2 Gardu Induk

Gardu induk merupakan suatu instalasi atau gedung yang terdiri dari sekumpulan peralatan listrik yang disusun menurut pola dan kegunaan dengan pertimbangan teknis, keindahan serta ekonomis.

Fungsi dari Gardu Induk yaitu :

1. Mentransformasikan tenaga listrik dari tegangan tinggi yang satu ketegangan yang lainnya atau tegangan menengah.
2. Pengukuran pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari system tenaga listrik.
3. Sebagai pengaturan daya ke gardu-gardu lainnya melalui tegangan tinggi dan gardu distribusi melalui feeder tegangan menengah.

Pada prinsipnya gardu induk terdiri dari saluran masuk dan dilengkapi dengan transformator daya, perlatan ukur, peralatan penghubung dan lainnya yang saling berhubungan.

2.2.3 Jenis-Jenis Gardu Induk

Gardu induk dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam, yaitu:

2.2.3.1 Menurut pemasangan peralatan

Berdasarkan Pemasangan peralatan, Gardu induk dapat dibedakan menjadi 4 macam yaitu :

1. Gardu Induk Pasang Luar

Gardu induk jenis ini terdiri dari peralatan tegangan tinggi pemasangan luar. Pasang luar yang di maksud adalah peralatan yang hampir semua di pasang di luar gedung kecuali komponen control, sistem proteksi dan sistem kendali serta komponen bantu lainnya ada di dalam gedung.

2. Gardu Induk Pasangan Dalam

Disebut gardu induk pasang dalam karena hampir semua peralatan di pasang di dalam ruangan bangunan. Peralatan yang ada seperti halnya pada pada gardu induk pasang luar. Dari transformator utama, rangkain *switchgear* dan panel control serta baterai.

3. Gardu Induk Setengah Pasangan Luar

Sebagian dari peralatan tegangan tingginya terpasang di dalam gedung dan yang lainnya dipasang diluar dengan mempertimbangkan situasi dan kondisi lingkungan. Karena konstruksi yang berimbang antara pasangan dalam

dengan pasangan luar inilah tipe gardu induk ini disebut juga gardu induk semi pasangan dalam.

2.2.3.2 Menurut tegangan

Berdasarkan tegangan, gardu induk dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

1. Gardu induk transmisi

Yaitu gardu induk yang mendapat daya dari saluran transmisi untuk kemudian menyalurkannya ke daerah beban (industri, kota, dan sebagainya). Gardu induk transmisi yang ada di PLN adalah tegangan tinggi 150 KV dan tegangan tinggi 70 KV.

2. Gardu distribusi

Gardu distribusi yaitu gardu induk yang menerima beban atau tenaga dari gardu induk transmisi dengan menurunkan tegangannya melalui transformator *step down* menjadi tegangan menengah untuk kemudian tegangan tersebut diturunkan kembali menjadi tegangan rendah sesuai dengan kebutuhan.

2.2.4 Peralatan Gardu Induk

Agar gardu induk dapat menjalankan fungsi dan tujuannya, maka gardu dilengkapi dengan peralatan serta fasilitas. Secara garis besar, peralatan-peralatan pada gardu induk tersebut adalah sebagai berikut:

2.2.4.1. Transformator Daya

1. Transformator Daya

Transformator Daya berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik, dengan merubah besaran tegangannya sedangkan frekuensinya tetap.

Transformator daya juga berfungsi sebagai pengatur tegangan. Trafo daya dilengkapi oleh trafo pentanahan yang berfungsi untuk mendapatkan titik netral dari trafo daya. Perlengkapan lainnya adalah pentanahan trafo yang disebut *Neutral Grounding Resistance* (NGR).



Gambar 2.2 Transformator daya

<http://ini-herm4n.blogspot.co.id/2011/03/power-transformer-trafo-tenaga.html>

2. Neutral Grounding Resistance (NGR)

Neutral Grounding Resistance (NGR) berfungsi untuk memperkecil arus gangguan yang terjadi pada trafo. NGR dipasang di antara titik netral trafo dan pentanahan.



Gambar 2. 3 *Neutral Grounding Resistance*

<http://www.mdresistor.com/en/neutral-earthing-resistor/>

3. *Current Transformer* (CT)

Transformator Arus (CT) berfungsi untuk merubah besaran arus, dari arus yang besar ke arus yang kecil. Atau memperkecil besaran arus listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi arus untuk sistem pengukuran dan proteksi.

4. *Potential Transformer* (PT)

Transformator Tegangan (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.

2.2.4.2 Alat Pengubah Phasa

Alat pengubah phasa digunakan untuk mengatur jatuh tegangan pada saluran atau trafo dengan mengatur daya reaktif, atau untuk menurunkan rugi daya dengan memperbaiki faktor daya. Alat tersebut ada yang berputar, ada yang stationer. Yang berputar dipakai untuk phasa terdahulu (*leading*) atau terbelakang (*lagging*) yang dapat diatur secara terus-menerus. Akan tetapi alat ini sangat mahal dan pemeliharaannya yang rumit. Alat yang stationer sekarang ini banyak dipakai menggantikan alat yang berputar, sebab teknik pembuatannya telah banyak mengalami kemajuan pesat, tegangannya juga dapat diatur tanpa kesulitan dengan penyetelan daya reaktif secara bertingkat mengikuti sistem tenaga listrik.

2.2.4.3 Peralatan Penghubung

Saluran transmisi dan distribusi di salurkan ke gardu induk. Jadi gardu induk ini merupakan tempat pemutusan dari tenaga yang dibangkitkan dari sistem

interkoneksi, sistem transmisi, dan distribusi kepada pelanggan. Saluran transmisi dan distribusi ini dihubungkan pada ril (bus) melalui transformator utama, setiap saluran mempunyai pemutus beban (circuit breaker) dan pemisah (*disconnect switch*) pada sisi keluarnya. Pemutus beban ini dipakai untuk memutuskan atau menghubungkan beban bila terjadi gangguan pada saluran transmisi atau alat lain, pemutus beban

itu dipakai untuk memutuskan hubungan secara otomatis. Pemutus beban dan pemisah dinamakan peralatan penghubung (*switchgear*).

Peralatan penghubung terbagi dua yaitu :

1. Pemutus Tenaga (PMT)

Fungsi dari PMT adalah untuk memutuskan hubungan tenaga listrik dalam keadaan gangguan maupun dalam keadaan berbeban dan proses ini harus dilakukan dengan sangat cepat. Pemutus tenaga listrik dalam keadaan gangguan akan menimbulkan arus yang relatif besar, pada saat tersebut pemutus beban bekerja sangat berat.



Gambar 2 4 Pemutus Tenaga (PMT)

<https://scadaku.wordpress.com/2014/05/22/komponen-komponen-peralatan-pada-switchyard-gardu-induk/>

2. Pemisah (PMS)

Pemilihan jenis pemisah (*disconnect switch*) ditentukan oleh lokasi, tata bangunan luar (*outdoor structure*) dan sebagainya. Pada umumnya pemisah tidak dapat memutuskan arus. Meskipun ia dapat memutuskan arus yang kecil, misalnya arus pembangkit Trafo, tetapi pembukaan atau penutupannya harus dilakukan setelah pemutus tenaga lebih dahulu dibuka. Untuk menjamin bahwa kesalahan urutan operasi tidak terjadi, maka harus ada keadaan saling mengunci (*interlock*), antara pemisah dengan pemutus bebannya.

Sesuai dengan fungsi dan kegunaannya, maka PMS dibagi menjadi 2 macam yaitu:

1. Pemisah Tanah, berfungsi untuk mengamankan peralatan dari sisi tegangan yang timbul sesudah SUTT / SUTM diputuskan.
2. Pemisah Peralatan, berfungsi untuk mengisolasikan peralatan listrik dari peralatan yang bertegangan. Pemisah ini dioperasikan tanpa beban.



Gambar 2.5 Pemisah (PMS)

<http://roadto01.blogspot.co.id/2011/07/pemisah-pms-disconnecting-switch-ds.html>

2.2.4.4 Panel Hubung

Panel hubung (meja, switch board) merupakan pusat syaraf sebagai suatu GI. Pada panel hubung inilah operator dapat melihat atau mengamati keadaan peralatan, melakukan operasi peralatan serta pengukuran-pengukuran tegangan dan arus, daya dan sebagainya. Bila terjadi gangguan, panel hubung ini membuka pemutus beban secara otomatis melalui rele pengaman dan memisahkan bagian yang terganggu. Karena tegangan dan arus tidak dapat diukur langsung pada sisi tegangan tinggi, maka transformator ukur (*instrument*) mengubah menjadi tegangan dan arus rendah, sekaligus memisahkan alat-alat tadi dari sisi tegangan tinggi



Gambar 2.6 Panel hubung

<http://riochandra42.blogspot.co.id/2010/10/phb-perangkat-hubung-bagi.html>

2.2.4.5. Baterai

baterai dipakai sebagai sumber tenaga kontrol dan proteksi pada gardu induk. Peranan dari baterai sangat penting karena pada saat gangguan terjadi, baterai sebagai sumber tenaga untuk menyuplai dan menggerakkan alat-alat kontrol dan proteksi.



Gambar 2.7 Baterai

<https://trooperpergikp.wordpress.com/2012/08/>

2.2.4.6. Alat Pelindung

Alat - alat pelindung (*protective device*) dalam arti luas, disamping pemutus beban dan rele pengaman, adalah sebagai berikut :

1. Arrester mengamankan peralatan gardu induk terhadap tegangan lebih yang bersifat kejutan, misalnya kejutan petir.
2. Beberapa peralatan netral sering dipakai dititik netral transformator untuk pengamanan pada waktu terjadi gangguan tanah.
3. Bila terjadi gangguan (hubung – singkat) tanah atau gangguan petir, potensial tanah dari gardu induk mungkin naik abnormal sehingga membahayakan orang yang ada didekatnya atau menyebabkan rusaknya alat. Untuk menghindari resiko seperti ini, ditanamlah penghantar pengtanahan dengan tahanan tanah sekecil mungkin.

2.2.4.7. Peralatan Lain – Lain

Disamping peralatan diatas, ada peralatan bantu (*auxiliary tool*), seperti : alat pendingin, alat pencuci isolator, batere, pengisi batere, kompresor, sumber

tenaga, alat penerangan dan sebagainya. Gardu – gardu yang tua kebanyakan dilengkapi pula dengan peralatan yang diperlukan untuk pemeliharaan, seperti : Ruang bongkar transformator, fasilitas untuk pemindahan transformator, bengkel dan sebagainya.

2.2.4.8. Bangunan (Gedung) Gardu Induk

Gedung G.I (gardu induk) berbeda – beda tergantung pada skala dan jenis G.I. Pada G.I pemasangan luar, disamping panel hubung dan sumber tenaga untuk kontrol, hanyalah peralatan komunikasi dan kantor yang harus ada di dalam gedung. Oleh karena itu gedungnya lebih kecil bila dibandingkan dengan gardu induk jenis pemasangan dalam.

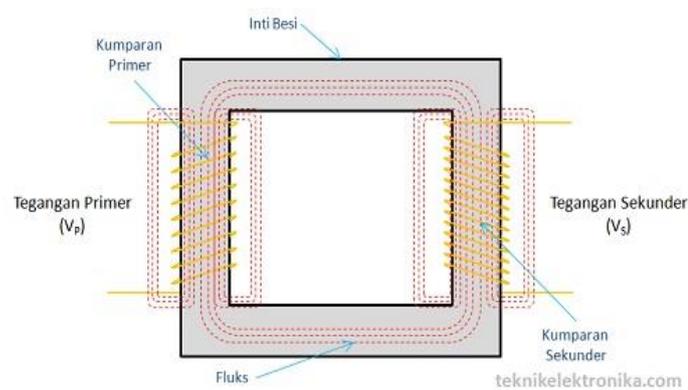
2.2.5 Transformator

Transformator merupakan suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik AC dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Transformator pada umumnya banyak digunakan untuk sistem tenaga listrik maupun untuk peralatan elektronik. Dalam sistem tenaga listrik, trafo dipergunakan untuk memindahkan energi dari suatu rangkaian listrik ke arah listrik berikutnya tanpa merubah frekuensi (Hamzah Berahim, 1997).

Transformator pada dasarnya terdiri dari 2 lilitan atau kumparan kawat logam yang diisolasi. Kawat tersebut yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder yang dililitkan pada sebuah inti besi. Saat kumparan primer dialiri oleh arus AC maka akan menimbulkan fluks magnet atau medan magnet di sekitar inti besi tersebut. Kekuatan fluks magnet tersebut dipengaruhi oleh besarnya arus listrik

yang dimana arus listrik yang mengalir lebih besar maka medan magnet yang terjadi semakin besar.

Medan magnet yang terjadi pada kumparan primer mengakibatkan GGL (Gaya Gerak Listrik) dalam kumparan sekunder sehingga menyebabkan pertumpahan daya dari sisi primer menuju sisi sekunder. Sehingga taraf tegangan listrik dari kumparan sisi primer akan mengalami perubahan pada kumparan sekunder. dengan demikian apabila trafo step down mendapatkan sumber tegangan yang tinggi maka akan keluar dengan teagangan rendah.



Gambar 2.8 induksi magnet pada transformator

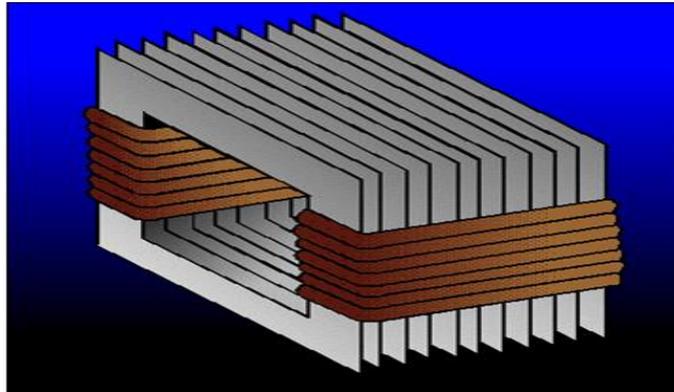
<http://teknikelektronika.com/pengertian-transformator-prinsip-kerja-trafo/>

2.2.5.1 Bagian Utama Transformator

Bagian utama transformator yaitu sebagai berikut :

1. Inti Besi

Fungsi dari inti besi yaitu untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Pada transformator, inti besi dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh “Eddy Current”



Gambar 2 .9 Inti besi transformator

<https://materiteknik.wordpress.com/2011/03/21/inti-besi/>

2. Kumbaran

Beberapa kawat berisolasi akan membentuk suatu kumbaran. Kumbaran tersebut di-isolasi, baik terhadap inti besi maupun terhadap kumbaran lain disebelahnya dengan isolasi padat, seperti karton, pertinax.



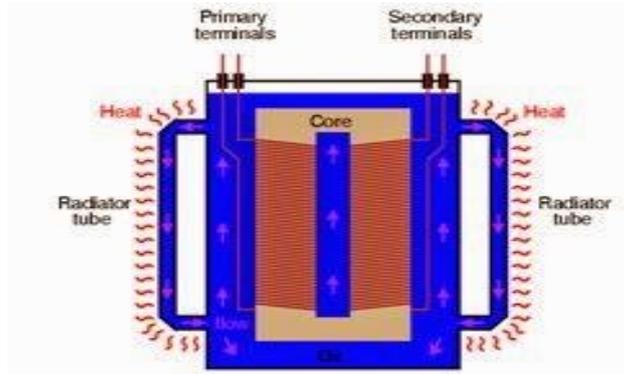
Gambar 2 .10 Kumparam Transformator

<http://dennirudiyanto22.blogspot.co.id/2014/12/transformator-transformator-adalah-alat.html>

3. Minyak Transformator

Beberapa komponen dan kumbaran kumbaran trafo di rendam menggunakan minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas

besarkarena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (di sirkulasi). Untuk penggunaan minyak trafo juga dilakukan pengecekan secara berkala untuk mengetahui kualitas dari minyak tersebut sehingga pelumasan pada komponen trafo lebih maksimal.



Gambar 2 .11 Minyak Transformator

<http://dennirudiyanto22.blogspot.co.id/2014/12/transformator-transformator-adalah-alat.html>

4. Tangki

Pada umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo berada (ditempatkan) dalam tangki. Untuk menampung pemuaiian minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator.



Gambar 2 .12 Tangki Transformator

<http://dennirudiyanto22.blogspot.co.id/2014/12/transformator-transformator-adalah-alat.html>

5. Bushing Transformator

Hubungan antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah bushing, yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.



Gambar 2.13 Bushing Transformator

<http://anak-elektro-ustj.blogspot.co.id/2012/08/transformator-distribusi.html>

2.2.5.2 Prinsip Kerja Transformator

Transformator merupakan alat yang digunakan untuk menurunkan atau menaikkan tegangan bolak-balik (AC). Terdapat 3 komponen pada transformator yaitu yang pertama merupakan kumparan pertama (Primer) yang berfungsi sebagai input, kemudian kumparan yang kedua (skunder) yang berfungsi sebagai output dari transformator, dan yang ketiga merupakan inti besi yang berfungsi sebagai memperkuat medan magnet yang dihasilkan.

Prinsip kerja dari transformator adalah ketika kumparan primer dihubungkan oleh arus tegangan bolak-balik, maka terjadi perubahan arus listrik dan perubahan medan magnet. GGL induksi terjadi apabila medan magnet yang berubah diperkuat dengan adanya inti besi di dalam transformator yang di hantarkan inti besi ke kumparan skunder. Dengan kata lain efek ini dinamakan

dengan induktansi timbal-balik. Pada transformator ketika arus listrik dari sumber mengalir melalui kumparan primer maka tegangan polaritasnya berbalik arah dan medan magnet yang dihasilkan akan berubah arah pula sehingga arus listrik yang dihasilkan akan berubah polaritasnya di kumparan sekunder.

Hubungan antara tegangan primer, jumlah lilitan primer, tegangan sekunder, dan jumlah lilitan sekunder, dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$\frac{v_p}{v_s} = \frac{n_p}{n_s} \quad (2.1)$$

V_p = tegangan primer (volt)

V_s = tegangan sekunder (volt)

N_p = jumlah lilitan primer

N_s = jumlah lilitan sekunder

2.2.5.3 Transformator 3 Fasa

Transformator 3 fasa pada prinsipnya sama dengan transformator satu fasa, perbedaan antara kedua transformator ini hanya terletak pada transformator tiga fasa yang mengenal adanya hubungan bintang, segitiga dan hubungan zig-zag, dan juga sistem bilangan jam yang sangat menentukan kerja paralel tiga fasa. Transformator di kembangkan dengan alasan lebih ekonomis atau biaya yang digunakan untuk pembuatan lebih murah karena menggunakan bahan yang lebih sedikit dibandingkan menggunakan tiga buah transformator satu fasa dengan jumlah daya yang sama dengan satu buah transformator tiga fasa, sehingga

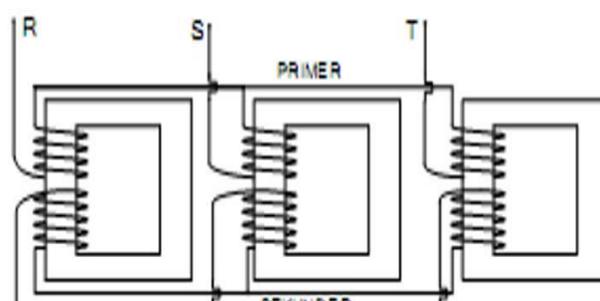
pembuatan transformator bisa dikatakan lebih cepat. Cara menganalisa transformator tiga fasa dilakukan dengan menganggap bahwa transformator tiga fasa dianggap sebagai transformator satu fasa. dengan kata lain tekni perhitungan transformator tiga fasa juga sama.

Transformator tiga fasa sering digunakan karena beberapa alasan seperti tidak memerlukan ruangan yang besar untuk daya yang sama, pemeliharaan persatuan barang lebih murah dan lebih mudah sehingga mempunyai nilai ekonomis bila di bandingkan dengan transformator satu fasa.

2.2.5.4 Prinsip Kerja Transformator 3 fasa

Transformator tiga fasa mempunyai prinsip kerja yang sama dengan transformator satu fasa, perbedaan hanya terletak pada sistem kelistrikannya yaitu satu fasa dan tiga fasa. Sehingga transformator tiga fasa dapat dihubungkan secara bintar, segitiga, atau zig-zag. Penggunaan transformator ini pada sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik karena pertimbangan ekonomis. Penggunaan beban dan ruang yang lebih sedikit ini pula yang menguntungkan pada transformator tiga fasa dan harga yang lebih murah.

Selain mempunyai kelebihan tersebut, kekurangan dari transformator tiga fasa ini yakni apabila salah satu sisi fasa mengalami kerusakan, maka seluruh transformator harus dipindahkan atau diganti. berbeda dengan transformator satu fasa bila mengalami salah satu transformator mengalami kerusakan dari tiga transformator fasa, maka sistem masih bisa dioperasikan dengan sistem *open delta*.



Gambar 2 .14 Transformator 3 fasa

<http://industrielektric.blogspot.co.id/2012/05/transformator.html>

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. Hasil dari prakiraan tersebut akan digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan energi listrik dimasa mendatang. Dalam melakukan peramalan dibutuhkan data yang akurat dimasa lampau untuk melihat prospek situasi dan kondisi dimasa datang. Kegunaan dari peramalan sebagai berikut :

1. Sebagai alat bantu dalam perencanaan yang efektif.
2. Untuk menentukan kebutuhan sumber daya dimasa mendatang.
3. Membuat keputusan yang tepat.

2.3.1 Jenis-Jenis Prakiraan/Peramalan

Peramalan dapat dilakukan secara kuantitatif maupun secara kualitatif. Pengukuran secara kuantitatif menggunakan metode statistik, sedangkan secara kualitatif berdasarkan pendapat dari yang melakukan peramalan. Dalam peramalan dikenal suatu istilah yaitu prediksi. Prediksi secara umum didefinisikan sebagai suatu proses peramalan suatu kejadian (variabel) di masa mendatang dengan berdasarkan data variabel itu pada masa sebelumnya. Data masa lampau tersebut secara sistematis digabungkan menggunakan suatu metode tertentu kemudian diolah untuk memperoleh prakiraan keadaan pada masa mendatang. Pada umumnya terdapat dua jenis peramalan yang sering digunakan yakni peramalan kualitatif dan peramalan kuantitatif.

1. Peramalan Kualitatif

Peramalan kualitatif yaitu peramalan yang didasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada orang yang menyusunnya. Hal ini sangat penting karena hasil peramalan tersebut ditentukan berdasarkan pendapat dan pengetahuan serta pengalaman penyusunnya.

2. Peramalan Kuantitatif

Peramalan kuantitatif yaitu peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat tergantung pada metode yang dipergunakan dalam peramalan tersebut. Baik tidaknya metode yang digunakan oleh perbedaan atau penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang terjadi. pada kondisi 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

Yaitu 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

Peramalan jangka menengah adalah 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.

2.3.2 Metode Peramalan

Ada beberapa metode peramalan beban yang digunakan oleh banyak perusahaan listrik, secara umum dapat dibagi menjadi lima metode yaitu:

1. Metode Analitis (End Use)

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

2. Metode Ekonometri

Metode ekonometri adalah metode yang disusun berdasarkan kaidah statistic dan ekonomi.

3. Metode regresi

Metode regresi merupakan metode yang paling sering digunakan dalam perhitungan statistik. Peramalan beban listrik biasa digunakan untuk mencari hubungan antara konsumsi energy 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 variable bebas. Jenis metode regresi yang bisa digunakan untuk memperkirakan beban GI, yaitu metode regresi linier dan regresi eksponensial

a. Regresi linear

Regresi linear ini digunakan untuk menguji hubungan antara dua kelompok data yaitu kelompok dengan variabel tak bebas (Y) dengan kelompok variabel bebas (X). Persamaan model linear dirumuskan sebagai berikut:

$$y = a + bx \quad (2.2)$$

Dimana :

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x)^2 - (\sum x)^2} \quad (2.3)$$

$$\alpha = \frac{\sum y}{n} - b \frac{\sum x}{n} \quad (2.4)$$

keterangan :

y = variable tidak bebas

x = variable bebas

α = koefisien intersepsi

b = koefisien kemiringan

trend eksponensial $y = ea + bx$ yang dapat diubah menjadi:

$$\ln y = \ln e (a + bx) \quad (2.5)$$

Karena $\log e = 1$, maka:

$$\ln y = a + bx \quad (2.6)$$

Jika $\ln y = y'$, maka persamaanya akan menjadi persamaan linier,

yaitu: $y' = a + bx$. Nilai koefisien α dan b di cari melalui persamaan (2) dan (3).

b. Regresi Linear Berganda

Regresi linear berganda adalah analisis yang menjelaskan hubungan antara perubahan respon (*Variable dependen*) dengan faktor-faktor yang mempengaruhi lebih dari satu prediktor (*variabel*

independen). regresi linear berganda mempunyai variabel bebasnya lebih dari satu variabel. Regresi linear berganda bertujuan untuk mengukur intensitas hubungan antara dua variabel atau lebih dan membuat prediksi perkiraan nilai Y atas X. Bentuk pemodelan regresi linear berganda ini adalah sebagai berikut :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

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

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

$$\sum X_2^2 = \sum X_2^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{n}$$

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

$$\sum X_1Y = \sum X_1Y - \frac{\sum X_1Y}{n}$$

$$\sum X_2Y = \sum X_2Y - \frac{\sum X_2Y}{n}$$

$$\sum X_1X_2 = \sum X_1X_2 - \frac{\sum X_1X_2}{n}$$

Sehingga,

$$b_1 = \frac{[(\sum x_2^2 X \sum x_1 y) - (\sum x_2^2 X \sum x_1 x_2)]}{[(\sum x_1^2 X \sum x_2^2) - (\sum x_1 x_2)^2]}$$

$$b_2 = \frac{[(\sum x_1^2 \times \sum x_1 y) - (\sum x_1^2 \times \sum x_1 x_2)]}{[(\sum x_1^2 \times \sum x_2^2) - (\sum x_1 x_2)^2]}$$

$$a = \frac{(\sum Y) - (b_1 * \sum x_1) - (b_2 * \sum x_2)}{n}$$

2.3.3 Model Peramalan Beban

Tahap akhir dari penyusunan peramalan beban adalah pembuatan model. Dari model tersebut akan dihitung kebutuhan tenaga listrik. Untuk keperluan penyusunan peramalan kebutuhan tenaga listrik, model yang dapat di pakai adalah:

1. Model Lokasi

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

2. 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.

2.3.4 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 beban adalah kebutuhan bagi para pengguna listrik secara keseluruhan. Kebutuhan listrik pada suatu daerah tergantung dari keadaan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan rencana pengembangan ataupun pembangunan daerah di masa depan.

2.4.1 Karakteristik Beban

Pada dasarnya kebutuhan listrik seperti 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 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:

$$L_f \frac{B_r \text{ (Beban rata-rata)}}{\text{Beban puncak}} \quad (2.7)$$

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

2.4.3 Beban Rata-Rata

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

$$Br = \frac{\text{KWh Produksi Total 1 Tahun}}{8760 \text{ Jam}} \quad (2.8)$$

2.5 Kemampuan Transformator

2.5.1 Pembebanan Transformator

Transformator merupakan peralatan yang sangat penting dalam penyaluran energi listrik, dalam penyalurannya terdapat beban energi listrik yang digunakan sesuai dengan kebutuhan sehari-hari. Pembebanan transformator dapat diketahui dengan hasil peramalan beban dibagi dengan kapasitas transformator. Untuk kapasitas transformator didapat dari data spesifikasi transformator tersebut. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung beban transformator :

$$\% \text{pembebanan} = \frac{S_t}{K_{\text{transformator}}} \times 100\% \quad (2.9)$$

Keterangan :

S_t : pemakaian beban pada bulan t

$K_{\text{transformator}}$: kapasitas trafo (data)

2.5.2 Peramalan Pembebanan Transformator

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

$$S_t = S_o \frac{Y}{a} \quad (2.10)$$

Dimana,

S_t : pemakaian beban pada tahun t (yang diramalkan)

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

a : Pertumbuhan beban rata-rata yang diamati
(faktor pengali)

Y : Hasil persamaan pendekatan

b. Untuk mencari nilai Pertumbuhan beban (a) menggunakan rumus :

$$a = \frac{s_n - (s_{n-1})}{(s_{n-1})} \times 100\% \quad (2.11)$$

Dengan,

α : Pertumbuhan beban pertahun

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

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