

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian yang Relevan

1. Menurut Sudiarta I. W, Sutawinaya I. P, Ta I. K, & Firman A, 2016 berjudul “Manajemen Trafo Distribusi 20kv Antar Gardu BL031 dan BL033 Penyulang Liligundi Dengan Menggunakan Simulasi Program ETAP” suatu sistem distribusi tenaga listrik yang memiliki kehandalan yang tinggi. Namun, seringkali terjadi masalah yang muncul dalam pendistribusian tenaga listrik. Salah satunya adalah pembebanan trafo distribusi yang sudah melebihi kapasitas atau bisa dikatakan trafo kelebihan beban. Trafo dikatakan kelebihan beban jika kapasitas pembebanannya lebih dari 80%.
2. PT PLN (Persero) (2010) Dalam buku standar resmi berjudul “Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik” Gardu Distribusi tenaga listrik yang paling dikenal adalah suatu bangunan gardu listrik berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distribusi (TD) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V).
3. Menurut KHOIRUNISA, A. A, (2023) berjudul “ANALISIS PEMBEBANAN TRAFODISTRIBUSI PADA PENYULANG 6 PT. PLN (PERSERO) ULP WELERI DI DESA GEBANGAN KECAMATAN PAGERUYUNG” penelitian ini membahas tentang pembebanan transformator yang mengalami kenaikan seiring bertambahnya waktu, sehingga kedepannya kemungkinan transformator tersebut memiliki beban penuh atau melebihi kapasitasnya. Beban penuh pada transformator distribusi dapat memperpendek umur transformator distribusi dan kinerja transformator menurun.

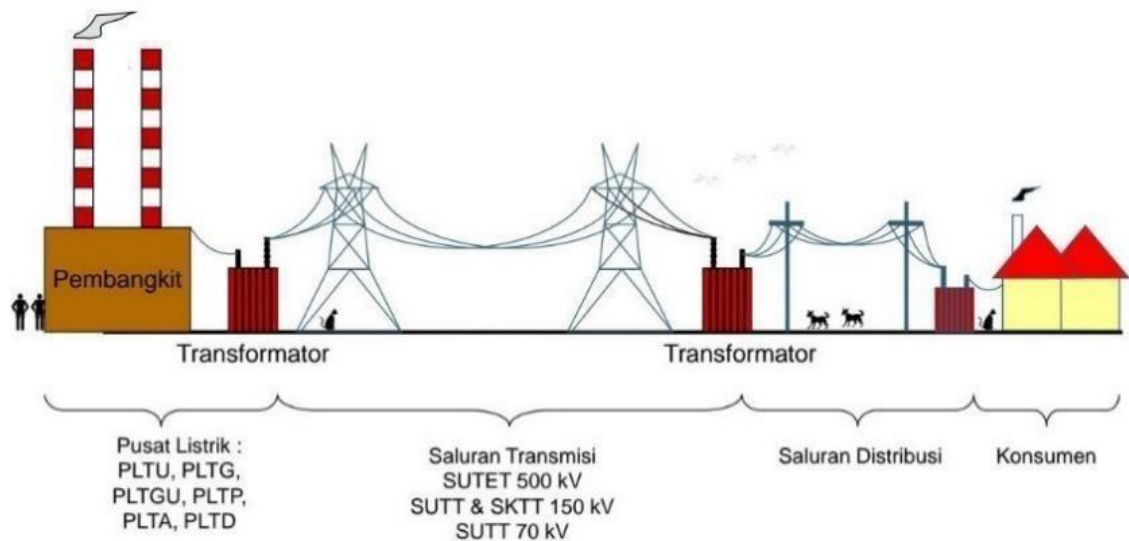
4. Menurut Anasta N, 2025 berjudul “Analisis Penanggulungan Overload Transformator Distribusi dengan Metode Uprating di PT PLN (Persero) ULP Sutami” Salah satu solusi untuk menangani overload pada transformator adalah dengan menerapkan metode uprating. Metode ini sangat sesuai karena memungkinkan penambahan kapasitas transformator tanpa memerlukan lahan atau material tambahan yang luas. Selain itu, metode ini juga dikenal sebagai pendekatan yang paling efisien dan ekonomis.
5. Menurut Partaonan Harahap, Muhammad Adam, Agus Prabowo, 2019 berjudul “ Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 Kv Mengurangi Beban Overload Dan Jutah Tegangan” Pemasangan trafo sisip merupakan salah satu parameter untuk menentuan keandalan sistem tenaga listrik. Sebagai perusahaan yang menjajankan bisnis dibidang kelistrikan. PT. PLN (Persero) Rayon Tanah Jawa berupaya untuk mengurangi trafo yang mengalami beban lebih. Beban lebih pada trafo akan menyebabkan kerusakan trafo. Dengan demikian, diperlukan upaya untuk pemasangan trafo sisip untuk meminimalisir terjadinya beban lebih.
6. Menurut Doloksaribu P. 2010 berjudul “Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik” Penyediaan energi listrik dilakukan oleh suatu sistem tenaga listrik yang meliputi sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Untuk menjamin kontinuitas pelayanan energi listrik diperlukan suatu tingkat keandalan yang tinggi pada ketiga unsur sistem tenaga listrik tersebut. Dari ketiga sistem ini, sistem yang paling dekat dengan beban atau pelanggan adalah sistem distribusi.

Dari berbagai penelitian yang telah penulis paparkan di atas memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan penulis lakukan saat ini, yaitu membahas tentang dampak pembebanan yang akan berlebih jika ada penambahan daya pada trafo distribusi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik merupakan sistem yang kompleks yang terdiri dari pusat pembangkitan, saluran transmisi dan jaringan distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit menuju ke pusat beban/ konsumen.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik bermula dari setelah listrik dihasilkan oleh pembangkit dan ditransmisikan melalui jaringan transmisi tegangan tinggi 150-500 kV, disalurkan oleh sistem distribusi kemudian tegangan tersebut diturunkan ke tingkat yang aman dan sesuai untuk digunakan oleh konsumen. Sistem Tenaga Listrik dalam perencanaannya merupakan aktivitas pengembangan sistem yang berhubungan dengan desain dan konstruksi dari suatu sistem tenaga listrik beserta komponennya untuk memenuhi asumsi kebutuhan dimasa mendatang. Pengembangan sistem tenaga listrik disuatu negara pada umumnya didasarkan pada perkembangan social economic, total kebutuhan energi (total energy consumptions),

sumber energi primer, aliran daya (power flows), hingga pengembangan teknis yang berdampingan dengan pengembangan energi.

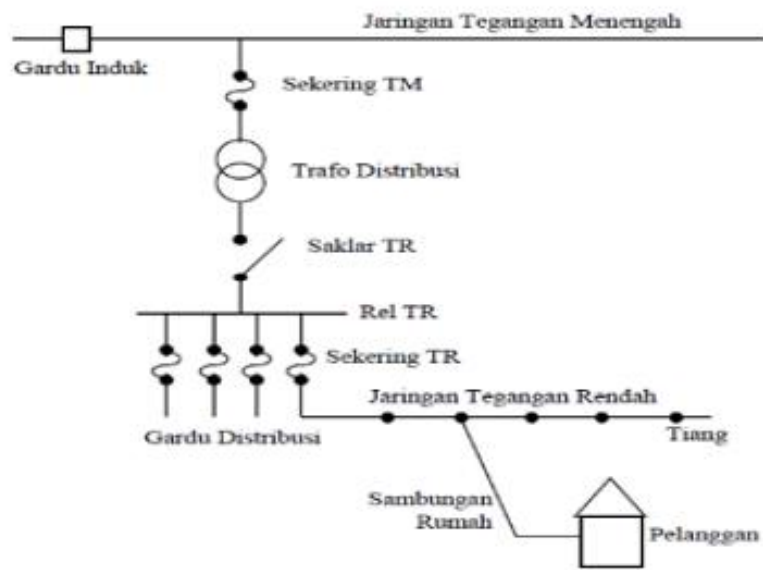
Dalam proses perencanaan sistem tenaga listrik didasarkan pada asumsi dasar dan berasal dari eksternal yang digunakan dalam tahap proyeksi (forecasting) energi seperti proyeksi pertumbuhan ekonomi nasional, proyeksi pertumbuhan penduduk, dan angka inflasi. Asumsi tersebut menjadi dasar dalam memperkirakan kebutuhan beban dimasa yang akan datang. Hasil dari konversi proyeksi energi (GWh) menjadi beban puncak (MW) inilah yang digunakan sebagai basis dalam perencanaan pembangkit, gardu induk hingga transmisi.

2.2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi Tenaga Listrik adalah komponen dari sistem tenaga listrik yang bertugas menyalurkan listrik dari jaringan transmisi kepada konsumen akhir, seperti rumah tangga, kantor, industri dan lain-lain. Setelah listrik dihasilkan oleh pembangkit dan ditransmisikan melalui jaringan tegangan tinggi, sistem distribusi menurunkan tegangan tersebut ke tingkat yang aman dan sesuai untuk digunakan oleh konsumen. Sistem distribusi biasanya menggunakan tegangan menengah dengan nominal tegangan 20 kV dan tegangan rendah dengan nominal 220/380 V. Secara umum kerangka distribusi dibagi menjadi 5 bagian, antara lain :

1. Gardu Induk.
2. Jaringan Tegangan Menengah (JTM).
3. Transformator Distribusi.
4. Jaringan Tegangan Rendah (JTR).
5. Saluran Layanan/ Pelanggan (SL).

Sistem distribusi penting mampu menyalurkan kendali kelistrikan dari gardu penyebar ke trafo dengan tegangan 20 kV. Rangkaian tegangan rendah merupakan rangkaian yang menghubungkan trafo distribusi ke konsumen, tegangan yang diberikan adalah 220/380 V.



Gambar 2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi Tenaga Listrik bermula dari listrik disalurkan melalui Gardu Induk, selanjutnya tegangan diturunkan dan disalurkan oleh jaringan tegangan menengah 20kV kemudian tegangan tersebut diturunkan oleh gardu distribusi ke jaringan tegangan rendah 220-380 V yang aman dan sesuai untuk digunakan oleh konsumen. Untuk menjamin kontinuitas pelayanan energi listrik diperlukan suatu tingkat keandalan yang tinggi pada ketiga unsur sistem tenaga listrik tersebut. Dari ketiga sistem ini, sistem yang paling dekat dengan beban atau pelanggan adalah sistem distribusi sehingga keandalan pada sistem ini akan langsung berdampak kepada beban atau pelanggan. Gangguan pada sistem pembangkit maupun sistem transmisi dapat mengakibatkan pemadaman pada pelanggan, akan tetapi pengaruhnya terhadap pelanggan lebih kecil dibandingkan gangguan pada sistem distribusi. Analisa keandalan suatu sistem distribusi tenaga listrik dapat dilakukan dengan melihat frekuensi dan lama pemadaman yang dialami oleh setiap beban yang disuplai oleh sistem tersebut. Konfigurasi sistem distribusi terdiri dari radial, loop, spindel

dan jaring (grid). Akan tetapi konfigurasi yang biasa dipakai adalah konfigurasi jenis radial. Kelemahan dari sistem distribusi radial dibandingkan loop dan grid adalah bahwa beban yang disuplainya rentan terhadap pemadaman apabila terjadi gangguan (Gonen, 1986). Hal ini disebabkan oleh tidak adanya suplai pendukung yang bisa menggantikan apabila suplai utama terputus. Sedangkan keuntungannya adalah biaya investasinya yang relatif lebih sedikit dibandingkan tipe yang lain.

Keandalan sistem distribusi didefinisikan dengan kemampuan komponen-komponen sistem distribusi untuk melakukan fungsinya (menyalurkan energi listrik ke pelanggan) dengan baik dalam kondisi maupun periode waktu yang telah ditentukan.

2.2.2.1 Konfigurasi Sistem Distribusi

Secara umum konfigurasi suatu jaringan tenaga listrik mempunyai 2 konsep konfigurasi yaitu :

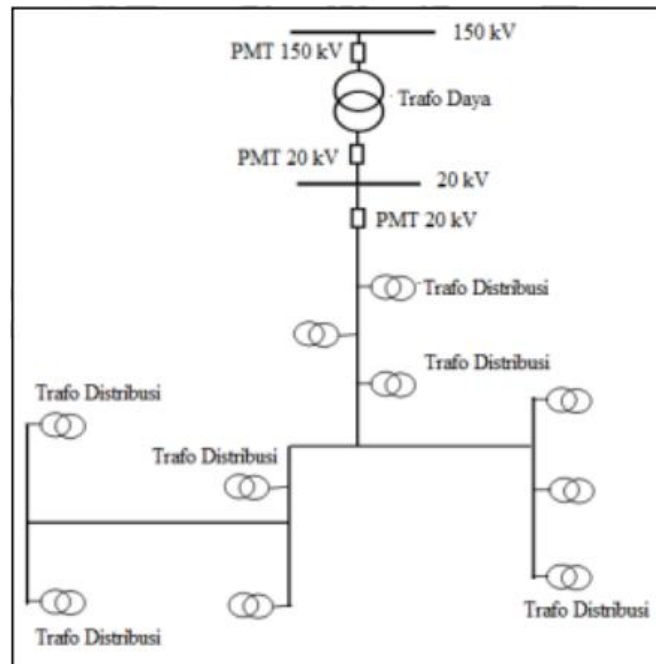
1. Jaringan Radial

Jaringan Radial yaitu jaringan yang hanya mempunyai satu pasokan tenaga listrik, jika terjadi gangguan akan terjadi blackout atau padam pada bagian yang tidak dapat dipasok. Sistem ini sangat sederhana jika dibandingkan dengan tipe jaringan yang lain. Tenaga listrik yang disalurkan secara radial dilakukan dengan terpisah antara satu dengan lainnya melalui gardu induk ke konsumen-konsumen. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani. Sistem radial terdiri atas feeders atau penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial. Konfigurasi jaringan sistem radial terbagi atas 2 (dua) bagian yaitu sistem radial terbuka dan sistem radial paralel.

Sistem Radial Terbuka

Penyaluran tenaga listrik pada sistem radial terbuka hanya dilakukan dengan menggunakan satu saluran saja. Maka dari itu, sistem radial sangat tidak bisa diandalkan karena ketika terjadi gangguan, penyaluran tenaga listrik akan terhenti dengan waktu yang

cukup lama. Sistem radial dapat beroperasi kembali normal ketika gangguan tersebut telah diperbaiki.



Gambar 2.3 Konfigurasi Jaringan Sistem Radial Terbuka

Konsumen yang berada jauh dari gardu induk menggunakan saluran yang semakin panjang. Hal ini mengakibatkan rugi rugi tegangan semakin besar, sehingga kualitas tegangan menjadi buruk dan tidak dapat diandalkan.

Kelebihan sistem radial terbuka :

1. Konstruksi lebih sederhana.
2. Harga material lebih murah, karena penggunaannya sangat minim.
3. Biaya pemeliharaan sistem yang murah.
4. Biaya yang murah untuk penyaluran jarak pendek.

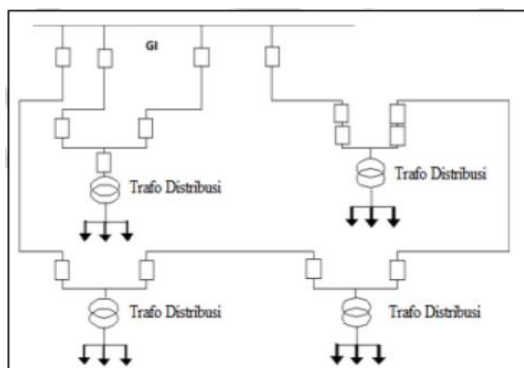
Kelemahan sistem radial terbuka :

1. Rendahnya keandalan sistem.
2. Faktor penggunaan konduktor 100%.
3. Makin panjang jaringan (dari gardu induk atau gardu hubung) kondisi tegangan tidak dapat diandalkan.
4. Besarnya rugi rugi tegangan.
5. Terbatasnya kapasitas pelayanan.
6. Penyaluran daya akan terhenti apabila terjadi gangguan.

Sistem Radial Paralel

Sistem radial paralel dapat menjadi solusi untuk memperbaiki kekurangan dari sistem radial terbuka. Tenaga listrik disalurkan melalui dua saluran yang diparalelkan. Pada sistem ini terdapat dua saluran yang melayani titik beban, sehingga bila salah satu saluran mengalami kerusakan, maka dapat dibackup oleh saluran yang satunya lagi. Dengan demikian pemadamandapat dihindari.

Kontinuitas pelayanan sistem radial paralel ini lebih terjamin dan kapasitas pelayanan bisa lebih besar dan sanggup melayani beban puncak (peak load) dalam batas yang diinginkan. Kedua saluran juga dapat difungsikan secara bersamaan untuk melayani satu titik beban.



Gambar 2.4 Konfigurasi Jaringan Sistem Radial Paralel

Kelebihan sistem radial paralel :

1. Kontinuitas pelayanan lebih andal, karena tidak bergantung hanya pada satu sumber saja.
2. Besarnya kapasitas beban tersalurkan dengan maksimal ke konsumen, meskipun pada saat beban puncak.
3. Kedua saluran dapat mensuplai titik beban secara bersamaan.
4. Jika terjadi kerusakan pada salah satu saluran, saluran yang satu lagi dapat menjadi pengganti agar tidak terjadi pemadaman.
5. Dapat menyalurkan daya listrik melalui dua saluran yang diparalelkan.

Kelemahan sistem radial paralel :

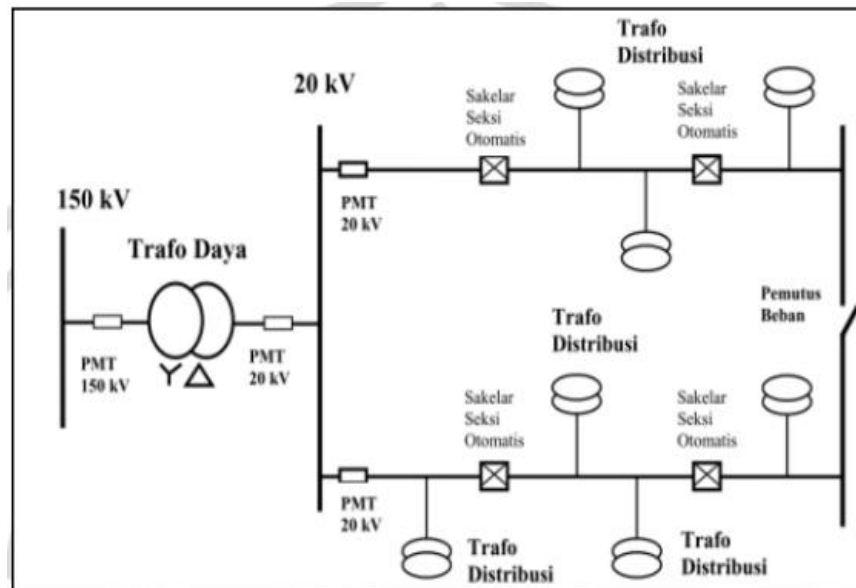
1. Banyaknya peralatan yang harus disediakan, terutama peralatan proteksi.
2. Biaya investasi aset lebih mahal.

2. Jaringan Loop (tertutup)

Jaringan Loop (Tertutup) yaitu jaringan yang mempunyai alternatif pasokan tenaga listrik jika terjadi gangguan. Sehingga bagian yang mengalami pemadaman (blackout) dapat dikurangi atau bahkan dihindari. Rangkaian dari saluran ini disusun membentuk seperti ring yang memungkinkan titik beban tersuplai dari dua arah saluran, yang dapat menghasilkan kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas daya menjadi lebih baik.

Jaringan pola loop merupakan jaringan yang dimulai dari pada titik di busbar, berputar di sekitar area beban, dan kembali ke titik busbar semula.. Pola ini juga ditandai dengan adanya dua sumber pengisian yaitu suplai utama dan sebuah suplai cadangan. Jika terjadi gangguan pada salah satu sumber pengisian (suplai utama), maka dapat digantikan dengan sumber pengisian yang lain (suplai cadangan). Jaringan dengan polaini seringdigunakan

pada sistem distribusi yang melayani beban dengan persyaratan layanan kontinuitas pelayanan yang baik (lebih baik dari pada pola radial).



Gambar 2.4 Konfigurasi Jaringan Sistem Loop

Kelebihan jaringan sistem loop :

1. Daya listrik dapat dialirkan lewat satu atau dua saluran feeder yang saling terhubung.
2. Menguntungkan dari sudut pandang ekonomis.
3. Jika pada salah satu saluran terjadi gangguan, maka saluran lain dapat berfungsi menggantikan penyaluran daya listrik.
4. Terjaminnya kontinuitas penyaluran daya listrik.
5. Rendahnya biaya konstruksi.
6. Faktor pemanfaatan konduktor yang cukup rendah, yaitu 50%.
7. Keadaan relatif lebih baik.

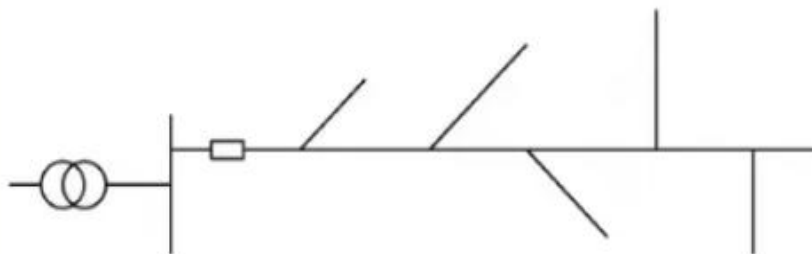
Kelemahan sistem loop :

1. Lebih rendahnya keandalan sistem.
2. Penurunan tegangan meningkat.
3. Kapasitas pelayanan menjadi lebih buruk, apabila beban yang dilayani meningkat.

Berdasarkan kedua konfigurasi jaringan tersebut, dibuat konfigurasi - konfigurasi jaringan sesuai dengan maksud perencanaannya sebagai berikut :

a. Konfigurasi Tulang Ikan (Fish-Bone)

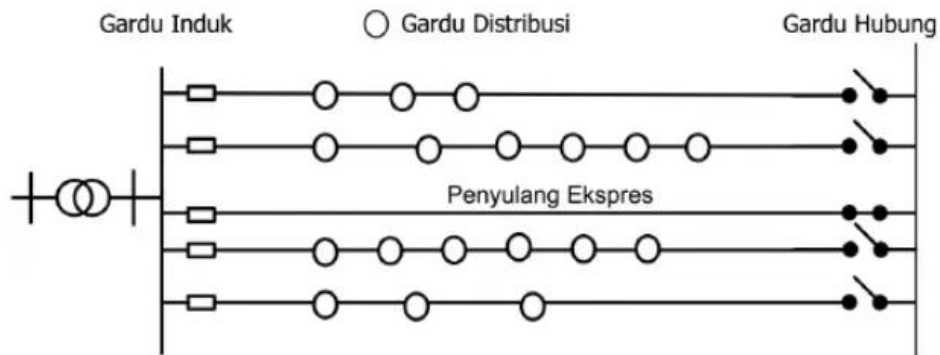
Konfigurasi ini adalah tipikal konfigurasi dari saluran udara tegangan menengah beroperasi radial. Pengurangan luas pemadaman dilakukan dengan mengisolasi bagian yang terkena gangguan dengan memakai pemisah (Pole Top Switch) PTS, Air Break Switch (ABS) dengan kordinasi relai atau dengan sistem SCADA. Pemutus balik otomatis PBO (Automatic Recloser) dipasang pada saluran utama dan saklar seksi otomatis SSO (Automatic Sectionalizer) pada percabangan.



Gambar 2.3 Konfigurasi Tulang Ikan (Fishbone)

b. Konfigurasi Spindel

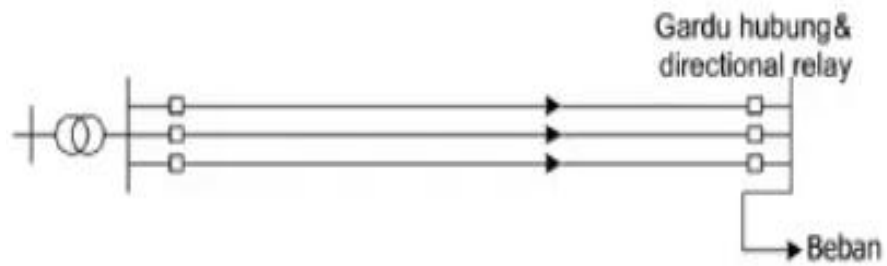
Konfigurasi spindel umumnya dipakai pada saluran kabel bawah tanah. Pada konfigurasi ini dikenal 2 jenis penyulang yaitu penyulang operasi (Working Feeder) dan penyulang cadangan (Express Feeder). Penyulang cadangan tidak dibebani dan berfungsi sebagai backup supply jika terjadi gangguan pada penyulang operasi. Untuk konfigurasi 2 penyulang, maka faktor pembebanan hanya 50%. Berdasarkan konsep spindel jumlah penyulang pada 1 spindel adalah 6 penyulang operasi dan 1 penyulang cadangan sehingga faktor pembebanan konfigurasi spindel penuh adalah 85%. Ujung penyulang berakhir pada gardu yang disebut gardu hubung dengan kondisi penyulang operasi “NO” (Normally Open), kecuali penyulang cadangan dengan kondisi “NC” (Normally Close).



Gambar 2.4 Konfigurasi Spindel

c. Konfigurasi Spotload

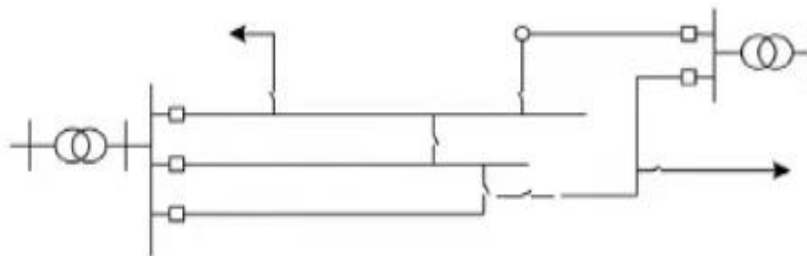
Konfigurasi yang terdiri sejumlah penyulang beroperasi paralel dari sumber atau gardu induk yang berakhir pada gardu distribusi. Konfigurasi ini dipakai jika beban pelanggan melebihi kemampuan hantar arus penghantar. Salah satu penyulang berfungsi sebagai penyulang cadangan, guna mempertahankan kontinuitas penyaluran. Sistem harus dilengkapi dengan relai arah (Directional Relay) pada gardu ujung (gardu hubung).



Gambar 2.5 Konfigurasi Spotload

d. Konfigurasi Jala-Jala

Konfigurasi jala-jala memungkinkan pasokan tenaga listrik dari berbagai arah ke titik beban. Rumit dalam proses pengoperasian, umumnya dipakai pada daerah padat beban tinggi dan pelanggan-pelanggan pemakaian khusus.



Gambar 2.6 Konfigurasi Jala-Jala

2.2.3 Transformator

Transformator adalah suatu alat kelistrikan yang mengubah tegangan arus AC dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui medan tarik menarik dan didasarkan pada pedoman penerimaan elektromagnetik, yaitu proporsi tegangan antara sisi esensial dan sisi bantu secara khusus sesuai. Dengan jumlah lilitan dan sebaliknya arus berbanding terbalik saat ini. Transformator terdiri dari bagian tengah yang terbuat dari besi yang berlapis dan 2 buah kumparan yaitu primer dan sekunder (Khoirunisa, 2023).

2.2.3.1 Prinsip Kerja Transformator

Pedoman kerja transformator didasarkan pada hukum Ampere dan Faraday, yaitu “arus listrik dapat menimbulkan medan tarik menarik dan sebaliknya, medan tarik menarik dapat menimbulkan arus listrik”. Garis magnet tarik menarik yang berubah-ubah akan muncul jika salah satu kumparan transformator diberi energi arus listrik. Kumparan sekunder akan menerima garis gaya magnet dari kumparan primer yang besarnya berubah-ubah dan dikumparan sekunder juga akan timbul induksi yang diakibatkan diantara 2 ujung kumparan terdapat beda tegangan, jumlah garis gaya (fluks) yang masuk pada kumparan sekunder akan sama dengan garis gaya yang keluar dari kumparan primer (Nas, 2017).

Aturan kerja suatu transformator dapat diperjelas berdasarkan penerimaan elektromagnetiknya, dimana antara sisi primer dan sekunder terdapat magnetis yang terpusat untuk tempat fluks dialirkan bersama-sama. Medan magnet memainkan peran yang sangat penting dalam pegangan transformasi energi. Melalui medium medan tarik, kerangka energi mekanik dapat diubah menjadi energi listrik, alat pengubah ini disebut generator atau sebaliknya dari kerangka energi listrik menjadi energi mekanik, alat transformasi tersebut disebut mesin. Dalam sebuah transformator, kemampuan medan tarik untuk bertukar dan mengubah energi listrik dari rangkaian utama ke rangkaian bantu melalui pedoman penerimaan elektromagnetik. Dari sudut pandang kelistrikan, medan tarik menarik mampu menginisiasi tegangan pada suatu konduktor, sedangkan dari sudut pandang mekanis, medan tarik menarik mampu menghantarkan daya. Keunggulannya

sebagai penggandeng dalam pegangan transformasi vitalitas adalah karena adanya bahan atraktif yang memungkinkan diperoleh ketebalan vitalitas yang tinggi. Ketebalan vitalitas yang tinggi ini akan menghasilkan kapasitas kendali per satuan volume mesin yang tinggi. Jelaslah bahwa pemahaman kuantitatif tentang area magnet dan sirkuit tarik menarik merupakan bagian penting dalam memahami bentuk transformasi energi listrik (Ermawanto, 2011).

2.2.3.2 Transformator Berdasarkan Fungsi Tegangan

1. Transformator Peningkat Tegangan (Step-Up)

Transformator peningkat tegangan/ Transformator step-up adalah sejenis transformator yang dapat menaikkan tegangan. Transformator ini sering digunakan pada pembangkit listrik untuk memperluas tegangan yang dihasilkan oleh generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan pada sistem transmisi jarak jauh (Khoirunisa, 2023). Misalnya suatu sumber kendali listrik mempunyai tegangan sebesar 130 Volt, sedangkan suatu alat elektronik memerlukan tegangan masuk sebesar 150 Volt, maka diperlukan transformator step-up untuk menaikkan tegangan tersebut sehingga memerlukan lilitan bantu yang lebih banyak dibandingkan dengan tegangan dasarnya.

2. Transformator Penurun Tegangan (Step Down)

Transformator step down adalah salah satu jenis transformator yang memiliki peran penting dalam sistem distribusi listrik. Acuan kerja transformator step down memiliki kebalikan dari kerja transformator step up. Cara kerja transformator step down adalah menurunkan tegangan sehingga lilitan bantunya lebih sedikit dibandingkan lilitan esensial. Dengan adanya trafo ini, energi listrik dari pembangkit dapat didistribusikan dengan aman ke berbagai lokasi, baik untuk kebutuhan industri maupun perumahan.

2.2.3.3 Transformator Berdasarkan Kegunaan/Kerjanya

Sesuai dengan kegunaannya, transformator dibedakan menjadi sebagai berikut :

1. Transformator Daya

Transformator Daya digunakan untuk memasok kontrol tumpukan beban. Transformator ini mempunyai 2 kapasitas yakni menaikkan tegangan (step-up) dan menurunkan tegangan (step down). Transformator ini tidak dapat langsung digunakan untuk mensuplai stack, karena sisi tegangan keluaran masih lebih tinggi dari tegangan masukan, sedangkan pada sisi tegangan tinggi adalah tegangan transmisi, kapasitas transformator sebagai penambah dalam rangka dimana tegangan lebih tinggi dari tegangan masukan (untuk kasus pada kontrol transmisi/distribusi) dan kemudian tegangan di kapasitas transformator sebagai penambah tegangan jika tegangan keluaran lebih rendah dari tegangan masukan, untuk kasus kendali penerimaan/keluaran.

2. Transformator Distribusi

Transformator ini pada pedomannya sama dengan transformator daya, bedanya tegangan rendah pada trafo daya jika dibandingkan dengan tegangan tinggi pada transformator distribusi masih lebih tinggi. Kedua tegangan pada transformator tersebut merupakan tegangan distribusi khusus untuk Tegangan Menengah (TM) dan Tegangan Rendah (TR). Transformator ini digunakan untuk menyalurkan energi listrik khusus ke konsumen. Transformator yang biasa digunakan adalah transformator step down 20 kV/220-380 V, tegangan tahap sistem JTR adalah 380 V, karena ada drop tegangan maka tegangan TR dibuat lebih dari 380 V. Sehingga tegangan pada akhir rangkaian beban menjadi 380 V.

3. Transformator Pengukur

Pada umumnya transformator ini dapat digunakan untuk mengukur arus (I) dan tegangan (V). Transformator ini dibuat khusus untuk mengukur arus dan tegangan yang tidak dapat diukur secara langsung dengan ampere meter atau volt meter.

2.2.4 Komponen Utama Sistem Distribusi

Dalam menyalurkan listrik ke konsumen terdapat beberapa komponen utama dalam jaringan sistem distribusi tenaga listrik dimana terdiri dari Jaringan Tegangan Menengah (JTM 20 kV), Transformator Distribusi, Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Layanan/ Pelanggan. Komponen ini berfungsi menyalurkan listrik dari gardu induk ke konsumen dengan aman dan andal.

2.2.4.1 Jaringan Tegangan Menengah (20 kV)

Dalam penyaluran tenaga listrik pada Jaringan Tegangan Menengah menggunakan 3 sistem saluran diantaranya Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari gardu induk menuju gardu distribusi atau pelanggan tegangan menengah melalui saluran bertegangan 20kV. Sistem ini menjadi penghubung antara jaringan transmisi dan jaringan distribusi yang melayani konsumen akhir.

Konstruksi Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) adalah konstruksi yang aman dan andal untuk mendistribusikan tenaga listrik tegangan menengah, tetapi relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama. Keadaan ini dimungkinkan dengan konstruksi isolasi penghantar per fasa dan pelindung mekanis yang dipersyaratkan. Pada rentang biaya yang diperlukan konstruksi ditanam langsung langsung adalah termurah dibandingkan dengan penggunaan conduit atau bahkan tunneling (terowongan beton). Penggunaan saluran kabel bawah tanah tegangan menengah (SKTM) sebagai jaringan utama pendistribusian tenaga listrik adalah sebagai upaya utama peningkatan kualitas pendistribusian. Dibandingkan dengan SUTM, penggunaan SKTM akan memperkecil resiko kegagalan operasi akibat faktor eksternal/ meningkatkan keamanan ketenagalistrikan. Jenis penghantar SKTM yang sering digunakan yaitu kabel N2XSY yang berisolasi XLPE (isolasi untuk ketahanan panas dan isolasi listrik yang baik).



Gambar 2.7 Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 20kV

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah sebagian konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama. Konstruksi ini terbanyak digunakan untuk konsumen jaringan tegangan menengah yang digunakan di Indonesia. Ciri utama jaringan ini adalah penggunaan penghantar telanjang/berisolasi yang ditopang dengan isolator pada tiang besi/beton. Penggunaan penghantar telanjang, dengan sendirinya harus diperhatikan faktor yang terkait dengan keselamatan ketenagalistrikan seperti jarak aman minimum yang harus dipenuhi penghantar bertegangan 20 kV tersebut antar fasa atau dengan bangunan atau dengan pohon atau dengan jangkauan manusia.

Termasuk dalam kelompok yang diklasifikasikan SUTM adalah juga penghantar yang digunakan adalah penghantar berisolasi. Penggunaan penghantar telanjang tidak menjamin keamanan terhadap tegangan sentuh yang dipersyaratkan akan tetapi untuk mengurangi resiko gangguan temporer khususnya akibat sentuhan pohon. Jenis penghantar SUTM yang sering digunakan yaitu kabel AAAC (All Aluminium Alloy Conductor) dan AAAC-S (All Aluminium Alloy Conductor Shielded).



Gambar 2.8 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20kV

Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) adalah jaringan distribusi 20 kV yang menggunakan kabel berisolasi (twisted cable) yang dipilin dan digantung pada tiang, bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan keamanan dibandingkan SUTM telanjang. SKUTM atau sering disebut umumnya digunakan di area padat dengan jarak aman minimal 60 cm untuk menghindari bahaya kontak isolasi penghantar tiap fasa tidak perlu dilindungi dengan pelindung mekanis. Berat kabel pilin menjadi pertimbangan terhadap pemilihan kekuatan beban kerja tiang beton penopangnya. Jenis penghantar SKUTM yang sering digunakan yaitu kabel NFA2X ini adalah kabel twisted/terpilin konduktor aluminium dengan isolasi atau sering disebut kabel MVTIC (Medium Voltage Twisted Insulated Cable).



Gambar 2.9 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) 20kV

Sebuah penyulang (feeder) terdiri dari penyulang utama, yang biasanya untai tiga fase tiga kawat dan percabangan atau lateral, yang biasanya berupa untai fase tunggal atau tiga fase yang ditambatkan pada penyulang utama. Selain itu juga terdapat sublateral yang ditambatkan ke lateral.

Umumnya lateral dan sublateral berlokasi dalam daerah perumahan perkotaan dan pedesaan adalah berfase tunggal dan terdiri dari satu konduktor fase dan konduktor netral. Sebagian besar transformator distribusi merupakan fase tunggal dan terhubung antara fase dan netral melalui pemutus sekring.

Penyulang dalam sistem distribusi primer dipisahkan oleh piranti reclosing pada berbagai lokasi yang berguna untuk memutuskan rangkaian secepat mungkin apabila terjadi gangguan. Hal ini dapat dicapai melalui koordinasi operasi dari seluruh sekring dan recloser.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan rating penyulang utama, diantaranya adalah :

1. Sifat beban yang tersambung.
2. Kerapatan/kepadatan beban pada daerah yang dilayani.
3. Pesat pertumbuhan beban.
4. Kebutuhan akan kapasitas cadangan untuk operasi keadaan darurat.
5. Tipe dan biaya dari konstruksi rangkaian.
6. Desain dan kapasitas gardu induk.
7. Tipe perlengkapan regulasi yang digunakan.
8. Kualitas pelayanan yang dibutuhkan, dan
9. Tingkat kontinuitas pelayanan yang dibutuhkan.

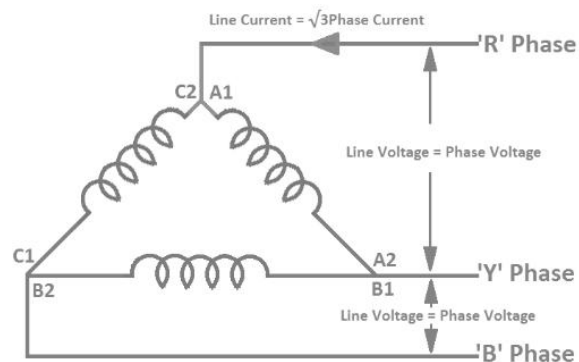
2.2.4.2 Transformator Distribusi

Transformator Distribusi berperan penting dalam jaringan distribusi untuk mentransformasikan energi listrik dari tegangan menengah 20 kV ke tegangan rendah 220/380 V. Oleh sebab itu, kondisi pembebanan transformator harus diperhatikan guna menjaga kontinuitas energi listrik. Kapasitas transformator distribusi harus disesuaikan dengan beban yang ditanggungnya. Kapasitas daya trafo diukur dalam kilo volt ampere (kVA) yang menunjukkan kemampuan daya semu standar umum kapasitas trafo yaitu 25 kVA, 50 kVA, 100 kVA, 160 kVA, 200 kVA, 250 kVA, 315 kVA, 400 kVA, 630 kVA dan 1.000 kVA. Ketidaksesuaian kapasitas transformator dengan beban akan mengakibatkan transformator overload, pembebanan transformator rendah, dan terjadinya drop tegangan disisi pelanggan. Hal tersebut juga mampu memengaruhi umur trafo, dan penyaluran tenaga listrik yang tidak berkualitas dan andal.

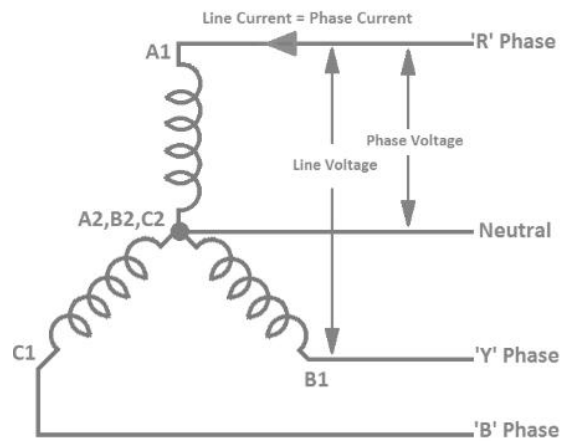


Gambar 2.10 Transformator Distribusi

Hubungan belitan pada transformator distribusi umumnya menggunakan konfigurasi delta (Δ) pada sisi primer (tegangan menengah) dan bintang/wye (Y) pada sisi sekunder (tegangan rendah). Belitan primer dihubungkan segitiga hal ini memberikan keandalan yang lebih baik dan efisiensi untuk tegangan tinggi sementara Belitan sekunder dihubungkan bintang dimana ujung-ujung kumparan dihubungkan menjadi satu titik menciptakan netral yang memungkinkan pengambilan tegangan fasa ke netral (220 V) dan fasa ke fasa (380V).



Gambar 2.11 Rangkaian Belitan Segitiga/ Delta (Δ)



Gambar 2.12 Rangkaian Belitan Bintang/ Star (Y)

Secara umum komponen transformator distribusi terdiri dari : Kumparan, Inti Besi (Core), Oli/ Minyak Trafo, Bushing Trafo (Khoirunisa, 2023).

1. Kumparan

Trafo terdiri dari 2 buah kumparan, yaitu primer dan sekunder. Jika salah satu kumparan pada trafo diberi arus pengganti jumlah GGL berubah. Akibatnya penerimaan terjadi pada sisi esensial, sisi pendukung mendapat jalur-jalur dorongan yang menarik dari sisi esensial. Angkanya pun berubah, sehingga penerimaan juga terjadi pada sisi bantu, terjadi perbedaan tegangan antara kedua ujung (Khoirunisa, 2023).

2. Inti Besi (Core)

Secara umum pusat trafo terdiri dari 2 macam, yaitu tipe tengah dan tipe cangkang. Bentuk tengahnya dibentuk dari lapisan tekan pelindung berbentuk persegi panjang dan kumparan trafo dililitkan pada dua sisi persegi, sedangkan jenis cangkang dibentuk dari lapisan tengah pelindung dan kumparan trafo dililitkan pada bagian tengahnya. Transformator dengan tipe pengembangan shell mempunyai kualitas ketangguhan yang lebih baik dibandingkan dengan tipe pengembangan pusat dalam menghadapi beban mekanik yang kuat ketika terjadi hubung singkat (Siregar, M. A, 2013).

3. Minyak Trafo

Di dalam trafo terdapat oli yang berperan penting dalam sistem pendingin trafo untuk mengeluarkan panas akibat gangguan kontrol trafo serta sebagai sistem penutup. Minyak transformator mengandung naftalin, parafin dan aromatik. Beberapa keunggulan minyak trafo sebagai separator antara lain :

- Pemisah cair memiliki ketebalan 1000 kali atau lebih dibandingkan dengan pemisah gas, sehingga memiliki kualitas dielektrik yang lebih tinggi.
- Pemisah cairan akan mengisi celah atau ruang yang akan diputuskan dan pada saat yang sama melalui pegangan pengganti mengeluarkan panas yang muncul akibat kemalangan pengendalian.
- Penutup cairan cenderung dapat memperbaiki dirinya sendiri (self-healing) jika terjadi pelepasan (Nas, I, 2017).

Ada beberapa jenis cairan pendingin trafo antara lain :

1) ONAN (Oil Natural Air Natural)

Sistem pendingin ini menggunakan karakteristik sirkulasi oli dan udara sirkulasi alami. Sirkulasi oli yang terjadi disebabkan oleh perbedaan gravitasi tertentu antara oli dingin dan oli panas.

2) ONAF (Oil Natural Air Force)

Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi oli normal sedangkan sirkulasi udara dibantu tepatnya dengan menggunakan kipas yang digerakkan oleh mesin listrik. Secara umum, pengoperasian trafo dimulai dengan ONAN atau ONAF tetapi seolah-olah merupakan bagian dari putaran kipas. Jika suhu trafo meningkat kipas akan berputar terus menerus.

3) OFAF (Oil Force Air Force)

Dalam sistem ini, sirkulasi oli digerakkan menggunakan kontrol pompa, sedangkan sirkulasi udara dibantu dengan menggunakan putaran kipas.

4. Bushing Trafo

Untuk tujuan keamanan, konduktor tegangan tinggi dilewatkan melalui bidang pembumian melalui celah terbuka yang dibuat sesedikit mungkin dan biasanya memerlukan kait yang kuat yang disebut bushing. Sebagian besar bushing terdiri dari pusat atau konduktor, dielektrik yang terbuat dari logam. Pusat mampu menyalurkan arus dari bagian dalam perangkat keras ke terminal eksternal dan bekerja pada tegangan tinggi. Dengan bantuan zans, penutup diikatkan ke badan roda gigi yang diarde. Kualitas dielektrik dicirikan sebagai tegangan paling ekstrim yang diperlukan untuk menyebabkan kerusakan dielektrik pada suatu material yang dikomunikasikan dalam satuan Volt/m. Dimana kualitas dielektrik merupakan derajat kapasitas listrik suatu kain sebagai penutupnya.

Beban yang didukung oleh transformator daya mempunyai dampak yang signifikan terhadap efisiensi dan masa pakai transformator. Panas dapat menumpuk di kumparan transformator saat berada di bawah beban. Peringkat papan nama trafo harus sesuai dengan jumlah beban yang ingin ditanganinya. Mungkin ada beberapa risiko ketika menerapkan beban yang lebih besar dari peringkat papan nama (A. Azis, N. Nurdiana, and U. L. Nisa, 2018). Temperatur kumparan dan minyak trafo naik ketika trafo diaktifkan dan dibebani pada suhu nol derajat karena rugi-rugi daya dari inti, kumparan, dan rugi-rugi kebocoran berperan sebagai sumber panas. Karena dapat menimbulkan titik panas ketika arus tinggi, rugi-rugi kebocoran dapat berdampak pada rating trafo secara keseluruhan (A. Azis, N. Nurdiana, and U. L. Nisa, 2018).

Rugi-rugi transformator landasannya adalah energi listrik yang masuk trafo dan energi listrik yang keluar trafo tidak sama. Rugi-rugi, khususnya hilangnya arus saat melewati trafo, merupakan penyebabnya. Rugi-rugi inti (Pcore) dan rugi-rugi tembaga (Pcopper) adalah dua cara untuk memisahkan rugi-rugi ini. Ketika beban minimal atau tidak ada sama sekali, rugi-rugi terbatas pada rugi-rugi inti. Rugi-rugi inti tidak dipengaruhi oleh variasi beban. Dari beban nol hingga beban penuh, kerugian inti akan sama. (H. Elnizar, H. Gusmedi, and O. Zebua, 2019).

Rugi-rugi inti (besi) yaitu rugi-rugi histeresis dan rugi-rugi arus eddy merupakan dua jenis rugi-rugi inti transformator yang dapat diukur melalui eksperimen atau pengujian tanpa beban. Dalam pengujian atau eksperimen ini, rugi-rugi histeresis didefinisikan sebagai rugi-rugi yang disebabkan oleh fluks bolak-balik pada inti besi, sedangkan rugi-rugi arus eddy didefinisikan sebagai rugi-rugi yang disebabkan oleh arus eddy pada inti besi. Oleh karena itu, kerugian inti dapat dinyatakan sebagai Persamaan: (H. Elnizar, H. Gusmedi, and O. Zebua, 2019.).

Rugi Histeris (Ph) yaitu kerugian yang disebabkan oleh fluks bolak-balik (Φ) pada inti besi disebut kerugian histeresis. Hilangnya histeresis per siklus pada besi yang menerima fluks bergantian berhubungan dengan ukuran loop histeresis. Persamaan ini dapat digunakan untuk mewakili kerugian histeresis: (H. Elnizar, H. Gusmedi, and O. Zebua, 2019).

Rugi Eddy Current (Arus Pusar) yaitu kerugian yang disebabkan oleh arus eddy pada inti besi disebut kerugian arus eddy. Arus eddy adalah arus yang melewati inti suatu zat sebagai akibat dari tegangan yang diinduksi fluks. Arus eddy bergerak dengan arah 90 derajat dari arah fluks. Arus eddy dapat menghasilkan panas akibat adanya hambatan pada material inti, sehingga dapat merusak kualitas fisik material dan berpotensi menyebabkan trafo terbakar. Bahan inti harus dibuat tipis dan dilaminasi agar dikonfigurasi dengan ketebalan yang diperlukan untuk mengurangi dampak arus eddy (A. Setiawan, 2018). Pada

laminasi tipis, impedansi inti yang dialiri listrik dapat dianggap konstan dan tidak bergantung pada frekuensi pada frekuensi rendah atau frekuensi daya listrik.

Efisiensi Transformator, meskipun tidak bergerak trafo tetap mengalami rugi-rugi, meskipun tidak sebesar kerugian yang dialami peralatan bergerak atau bertenaga listrik lainnya. Efisiensi rata-rata transformator daya modern setidaknya 95%. 2013 (Ermawanto) E (S. Nasution, F. I. Pasaribu, and M. H. Hidayat, 2021). Efisiensi transformator didefinisikan sebagai rasio daya input dan output.

Ketidakseimbangan beban, sisi sekunder trafo distribusi dihubungkan dengan beban pelanggan dengan tegangan operasi 380/ 220 V. Umumnya dalam praktik, arus yang mengalir pada fase R, S dan T sisi sekunder transformator distribusi tidak sama besarnya. Kondisi dimana trafo distribusi mengalirkan arus fase tidak sama besar disebut sebagai ketidakseimbangan arus (unbalance current) atau ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan arus tersebut akan menghasilkan arus netral yang mengalir pada penghantar yang terhubung dengan titik netral sisi sekunder trafo dengan tanah. Arus yang mengalir pada penghantar netral merupakan salah satu sumber kerugian daya (losses) pada JTR.

Sementara itu beban trafo lebih (overload) merujuk pada kondisi di mana beban yang diterima oleh trafo melebihi kapasitas nominalnya. Ini dapat terjadi ketika lebih banyak daya listrik diambil dari trafo daripada yang dapat ditangani dengan aman tanpa risiko kerusakan. Beban yang melebihi kapasitas dapat menyebabkan peningkatan suhu pada trafo, yang dapat merusak isolasi dan komponen lainnya. Dalam kondisi ekstrem beban lebih dapat mengakibatkan kegagalan total trafo, yang dapat mengganggu pasokan listrik kepada pelanggan. Overload adalah masalah yang sering terjadi pada transformator distribusi dan dapat menyebabkan penurunan performa sistem kelistrikan secara signifikan. Jika dibiarkan, kondisi ini berpotensi menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik akibat arus yang melebihi kapasitas sistem dan gangguan terhadap sistem proteksi. Untuk menjaga keandalan

sistem distribusi listrik, sangat penting untuk memperhatikan pembebanan transformator agar efisiensi tetap optimal dan kerusakan dapat dihindari.

Suatu transformator akan bekerja secara kontinyu apabila transformator berada pada beban nominalnya. Menurut SPLN, transformator dikatakan overload apabila beban transformator melebihi 80% dari kapasitas transformator atau arus nominalnya. Maka transformator akan mengalami suatu pemanasan yang berlebih dan nantinya pada transformator akan lebih mempersingkat umur isolasi karena keadaan beban lebih (overload). Beban lebih (overload) sendiri adalah suatu keadaan dimana beban listrik melebihi kapasitas yang tersedia semakin meningkat dalam lingkup masyarakat atau adanya gangguan dalam penyaluran terhadap pembebanan yang menyebabkan transformator menghasilkan panas yang berlebih. Dengan meningkatnya beban yang terjadi maka dari itu di perlukan adanya tindakan penambahan kapasitas daya pada transformator distribusi. Proses penambahan kapasitas transformator dapat berpengaruh terhadap suatu keandalan pada sistem tenaga listrik yang akan mempengaruhi kinerja dari sistem proteksi tenaga listrik itu sendiri.

Dalam menentukan kapasitas daya yang dibutuhkan pada transformator distribusi yang didasarkan pada pembebanan yang dilayani. Dimana persentase pembebanan transformator distribusi tidak lebih dari 80%. Bila pembebanan transformator terlalu besar, maka dapat ditanggulangi dengan cara pergantian transformator, penyisipan transformator ataupun mutasi transformator. Transformator bisa dikatakan mengalami keadaan bebebhan lebih (overload) dapat terjadi dikarenakan ada beberapa faktor, diantaranya : Tidak dilakukannya secara rutin pengukuran beban transformator untuk mengetahui berapa besar beban sebenarnya pada transformator, Tidak adanya petugas yang memonitor apabila transformator dalam keadaan overload dan merencanakan agar mengurangi terjadinya pembebanan berlebih.

2.2.4.3 Pengaman/ Sekring pada Gardu Distribusi

Fuse link merupakan komponen pengaman yang difungsikan untuk pengaman arus lebih dan hubung singkat. Umumnya fuse link ini mempunyai fungsi yang sama dengan fuse lainnya, namun yang membedakannya berada pada kapasitas beban yang masuk ke fuse link atau perubahan bebannya. Fuse Link dipakai sebagai pengaman trafo gardu distribusi untuk pelindung arus besar. Bagian dalam Fuse link akan bekerja apabila terjadi arus lebih pada kawat lebur yang terdapat pada fuse link, jadi kawat akan mengalami terjadinya kenaikan suhu dan akan mengalami peleburan (putus) dan saat kawat lebur yang terdapat di dalam fuse link mengalami peleburan maka fuse link tidak akan dapat difungsikan kembali dan harus diganti dengan yang baru.



Gambar 2.13 Fuse link Gardu Distribusi

NH Fuse merupakan komponen pengaman kelistrikan pada jaringan tegangan rendah yang berfungsi untuk mengamankan jaringan tegangan rendah dari arus lebih. Di dalam NH Fuse terdapat kawat lebur yang berfungsi sebagai penghantar arus dan juga sebagai pengaman dari beban lebih dan hubung singkat. Apabila terjadi arus lebih atau hubung singkat, kawat lebur tersebut akan mengalami kenaikan suhu dan akan melebur (putus), sehingga arus listrik yang melalui NH Fuse akan terputus. Apabila kawat lebur

sudah terputus maka fuse sudah tidak berfungsi dan harus diganti. Pada penggunaannya NH Fuse dipasang padaudukan atau yang biasa disebut dengan holder.



Gambar 2.14 NH Fuse Gardu Distribusi

2.2.4.4 Jaringan Tegangan Rendah (JTR)

Merupakan saluran kabel tegangan rendah yang salurannya biasa berupa SKTR/SUTR, yang menghubungkan gardu distribusi / trafo distribusi ke konsumen. Tegangan kerja pada sistem yang dipergunakan adalah 220 volt atau 380 volt. Kawat penghantarnya berupa kabel tanah atau kawat udara yang menghubungkan dari gardu distribusi yang merupakan sisi sekunder trafo distribusi ke konsumen/pelanggan.

Sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini selain berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (trafo distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus diperhatikan. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) secara konstruksi yang mana pemasangannya berada pada ketinggian atau dengan menggunakan media tiang beton/ besi sebagai penyangganya dengan ketinggian 7-9 meter. Tiang penyangga adalah tiang yang

dipasang pada saluran listrik yang lurus dan berguna untuk penyangga kawat penghantar dan perlengkapannya. Gaya yang diderita adalah gaya berat kawat dan perlengkapannya. Tinggi tiang penyangga ini beragam, mulai dari tinggi ukuran 7 meter sampai dengan 9 meter. Tiang yang dipakai adalah tiang beton atau tiang besi dengan kekuatan/ beban kerja (working load) sebesar 200 daN, 350 daN, 500 daN dengan faktor keamanan 2 kali working load. Pemilihan jenis beban kerja tiang disesuaikan dengan fungsi tiang (tiang tengah, tiang awal/ujung, tiang sudut, tiang peregang) dan berdasarkan pengaruh gaya-gaya mekanis maksimum pada tiang tersebut.



Gambar 2.15 Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)

Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR) ditinjau dari segi fungsi, jaringan SKTR memiliki fungsi yang sama dengan jaringan SUTR. Perbedaan mendasar adalah SKTR ditanam di dalam tanah. Kabel ditanam sedalam 70 cm diselimuti pasir urug setebal 5 cm pada permukaan kabel atau total 20 cm. Selanjutnya bagian atas pasir dipasang batu pengaman yang berfungsi sebagai batu peringatan dengan tebal sekurang-kurangnya 6 cm dan dibagian atas tertulis “Awat Kabel PLN Bertegangan” ukuran batu peringatan disesuaikan dengan kebutuhan, terbuat dari beton skala 1:3 lebar galian sekurang-kurangnya 40 cm. Kabel yang digelar dibawah tanah harus memenuhi persyaratan jarak dengan utilitas lain

yang ada dibawah tanah. Jarak antara kabel dengan kabel listrik lain yang bersilangan tidak boleh kurang dari 20 cm. Jika jaraknya kurang dari 20 cm, bagian persilangan dilindungi dengan pipa beton belah atau pelat beton dengan tebal 6 cm, sekurang-kurangnya sejauh 50 cm dari titik silang.

Persilangan dengan kabel telekomunikasi diperbolehkan apabila jarak minimal diantaranya tidak kurang dari 30 cm. Sepanjang persilangan sekurang-kurangnya 1 meter ditutup dengan buis beton belah atau dengan plat beton tebal 6 x 100 x 100 cm.

Penggunaan kabel tanah jaringan distribusi tegangan rendah harus disesuaikan dengan jenis kabel dengan pelindung perisai baja contohnya : Kabel NYFGBY atau pemakaian kabel tanah tanpa perisai baj diperbolehkan namun harus dilindungi secara mekanis contohnya : Kabel NYY didalam pelindung pipa.

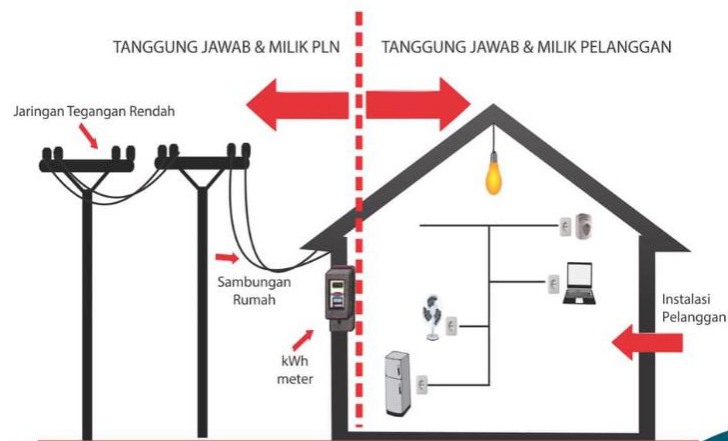


Gambar 2.16 Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

2.2.4.5 Sambungan Layanan/ Pelanggan (SL)

Sambungan tenaga listrik adalah penghantar dibawah ataupun diatas tanah termasuk peralatannya sebagai bagian instalasi milik PLN yang menghubungkan jaringan tenaga listrik milik PLN dengan instalasi listrik pelanggan untuk menyalurkan tenaga listrik. Dapat juga dikatakan dengan sambungan pelanggan yang merupakan titik akhir dari pelayanan

listrik kepada pelanggan, dengan tingkat mutu pelayanan yang dapat dilihat dari mutu tegangan dan tingkat kehandalan dari sisi pelayanan tersebut. Berdasarkan jenis tegangan pada sistem distribusi sambungan tenaga listrik terbagi atas Sambungan tenaga listrik tegangan rendah (SLTR) dan Sambungan tenaga listrik tegangan menengah (SLTM). Konfigurasi sambungan tenaga listrik tegangan rendah (SLTR) fasa 1 atau fasa 3 disesuaikan dengan kebutuhan besarnya daya tersambung. SLTR adalah sambungan listrik dengan tegangan pelayanan sebesar 220/380 V dan dengan daya sebesar-besarnya 197 kVA. Terdapat 2 jenis konstruksi sambungan listrik tegangan rendah, baik untuk fasa 1 ataupun fasa 3 yaitu konstruksi melalui saluran udara dan konstruksi melalui kabel bawah tanah dan berdasarkan sistem pengukuran bebannya ada pengukuran langsung (tanpa trafo arus) dan pengukuran tidak langsung (menggunakan trafo arus). Penghantar yang digunakan untuk sambungan tenaga listrik tegangan rendah saluran udara fasa 1 dan fasa 3 adalah jenis kabel pilin (twisted cable) NFA2X-T.



Gambar 2.17 Saluran Pelayanan/ Pelanggan (SL)