

Studi Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20 kV di Kota Gorontalo

James Phelipus Ulahayanan, Lily Setyowaty Patras, Fielman Lisi
Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115
Email: jamesulahayanan44@gmail.com, lilyspatras@unsrat.ac.id, fielmanlisi@unsrat.ac.id

Abstract -- *The purpose of this research is to analyse the quality of voltage improvements in 20kV's primary distribution network in Gorontalo City. The method used in this research is through library studies, field studies, discussion as well as analyzing the quality improvement of voltage in 20 kV primary distribution network in Gorontalo City, the best of IS3. Based on the results of the analysis based on the data calculated on IS3 the value of drop voltage far exceeds the standard of only 14650.136 volts. As for the standard voltage received is $\pm 10\%$ of the nominal voltage where the nominal voltage is 20000 volt, if the voltage is received at the standard end of 18000 volts.*

Key words: *Improvements in voltage quality , 20 kV Primary Distribution.*

Abstrak — Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perbaikan kualitas tegangan pada jaringan distribusi primer 20kV di kota Gorontalo. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melalui studi pustaka, studi lapangan, diskusi serta menganalisa perbaikan kualitas tegangan pada jaringan distribusi primer 20 kV di kota Gorontalo, khususnya pada penyulang IS3. Berdasarkan hasil analisis berdasarkan data yang dihitung pada IS3 didapati nilai tegangan drop jauh melebihi standar yaitu hanya 14650,136 volt. Sedangkan untuk standar tegangan yang diterima adalah $\pm 10\%$ dari tegangan nominal dimana tegangan nominal sebesar 20000 volt, jika tegangan yang diterima di ujung standarnya sebesar 18000 volt.

KataKunci : Perbaikan kualitas tegangan, Jaringan distribusi primer 20 kV.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan kota Gorontalo telah menunjukkan pertumbuhan yang semakin pesat. Hal ini terlihat dari penyediaan tenaga listrik yang semakin meningkat untuk memenuhi kebutuhan industri maupun non-industri yang semakin memperlihatkan grafik peningkatan yang tajam [1]. Dimana kebutuhan akan energi listrik yang telah merambah sampai ke pelosok-pelosok desa. Apalagi dengan peningkatan penyediaan listrik tidak dapat dipisahkan dari usaha pengembangan wilayah kesejahteraan masyarakat baik di desa

Maupun di kota serta merangsang dan mendorong pertumbuhan ekonomi.

Kebijakan dalam hal peningkatan penyediaan energi listrik diarahkan pula pada usaha penghematan tenaga listrik terutama untuk pemakaian yang bersifat komersial [2]. Dalam rangka usaha menimbangi laju pertumbuhan permintaan akan energi listrik, maka harus ditingkatkan pula mutu penyediaan energi listrik itu sendiri, antara lain meliputi mutu pelayanan yang baik, baik dari segi keandalan, tegangan maupun frekuensi. Disamping itu juga perlu dilaksanakan penyuluhan dan pengawasan terhadap pemakaian energi listrik itu sendiri, supaya faktor beban yang tinggi serta penghematan dan keamanan yang baik dan dapat tercapai.

Maka sehubungan untuk meningkatkan sistem energi listrik di kota Gorontalo maka kita perlu mendapatkan tegangan yang stabil agar dapat tercapai keandalan sistem kelistrikan yang pada sistem jaringan distribusi. Maka tujuan dalam penulisan ini akan dikemukakan dalam kajian dengan judul “Studi Perbaikan Kualitas Tegangan pada jaringan Distribusi Primer 20kV Di Kota Gorontalo”.

A. Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Yang di maksud dengan sistem jaringan tenaga listrik adalah seluruh jaringan listrik mulai dari gardu induk sampai pada meter konsumen dan mempunyai fungsi untuk menyalurkan daya listrik yang memadai.

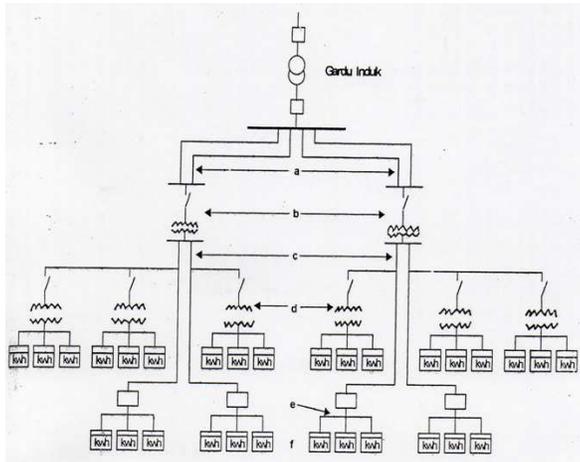
Pengertian dari pada mutu yang memadai disini adalah:

- 1) Mengusahakan kontinuitas pelayanan penyaluran daya listrik yang lebih baik
- 2) Mengusahakan rugi daya listrik yang sekecil mungkin.
- 3) Mengusahakan biaya serendah mungkin.
- 4) Mengusahakan terjaminnya keselamatan umum.

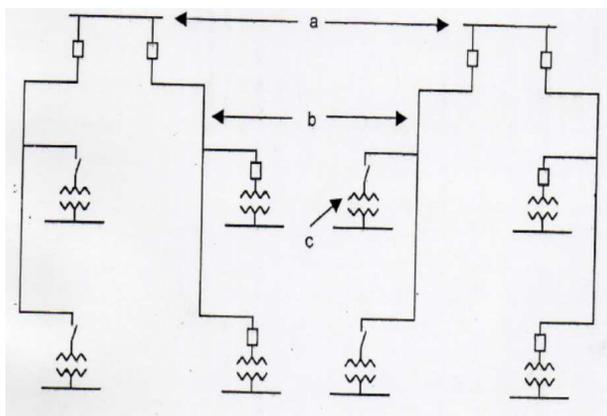
Sistem jaringan distribusi mempunyai tingkat kontinuitas pelayanan penyaluran daya listrik yang tergantung pada struktur jaringan distribusi, cara pengaturan operasinya, yang mana pada hakekatnya direncanakan atau dipilih untuk memenuhi kebutuhan dan sifat dari beban.

Secara umum sistem jaringan distribusi tenaga listrik dalam menyalurkan dayanya dapat dibagi dalam enam bagian utama antara lain :

- 1) Jaringan sub transmisi.
- 2) Gardu induk distribusi.
- 3) Jaringan tegangan menengah.
- 4) Gardu transformator distribusi.



Gambar 1 Bagian Sistem Jaringan Distribusi.



Gambar 2 Jaringan Sub-Transmisi Radial.

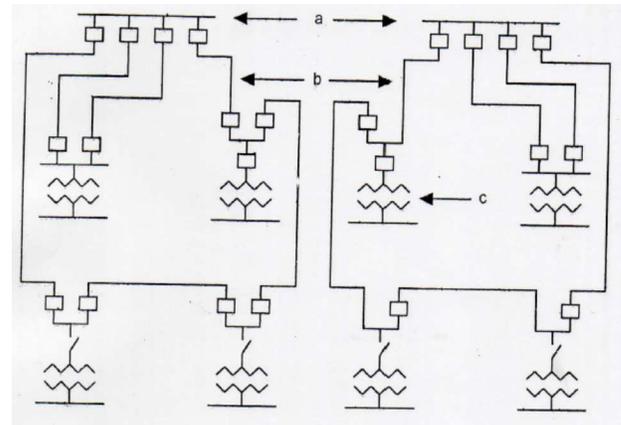
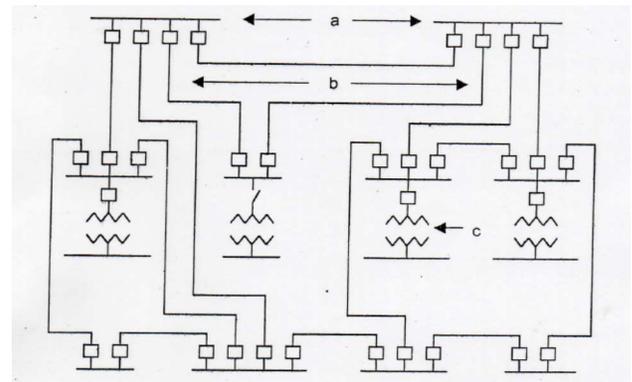
- 5) Jaringan tegangan rendah.
- 6) Meter konsumen.

B. Bagian Sistem Jaringan ditribusi Tenaga Listrik

Untuk meningkatkan mutu pelayanan penyaluran daya listrik dari gardu induk ke meter konsumen ditentukan oleh keandalan dari bagian utama sistem jaringan distribusi [3]. Hal ini dapat dijelaskan pada gambar 1.

1) Jaringan Sub Transmisi

Daya listrik yang ditransmisikan dari gardu induk ke gardu distribusi, selalu melalui jaringan sub transmisi. Jaringan sub transmisi dapat berbentuk radial, parallel atau loop dan sebagainya. Kontinuitas pelayanan penyaluran daya listrik (keterandalan) dari suplai tenaga ke gardu induk distribusi kurang terjamin, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu jaringan maka seluruh daerah yang dilayani oleh jaringan sub transmisi tersebut mengalami gangguan pula [4]. Pula untuk mengatasi kesulitan diatas, maka kita harus mengusahakan supaya gangguan tersebut terjadi dalam daerah yang kecil. Untuk itu dapat dipergunakan pemutus daya minyak (*oil circuit*) yang dapat memutuskan aliran dalam daerah perlingkungannya. Gambar 2 menunjukkan jaringan sub-transmisi *radial*.

Gambar 3 Jaringan Sub-Transmisi *Parallel* atau *Loop*

Gambar 4 Jaringan Sub Transmisi Dengan Dua Sumber Tenaga

Tiap jaringan sub transmisi radial akan melayani pendistribusian untuk transformator di gardu induk distribusi yang biasanya dilengkapi dengan suatu rangkaian darurat yang dapat diatur baik secara manual maupun secara otomatis, sehingga apabila terjadi gangguan dapat diperbaiki dengan cepat. Untuk mencegah terjadinya pemadaman listrik, maka biasanya jaringan sub transmisi dibuat berbentuk *parallel* dan *grid*

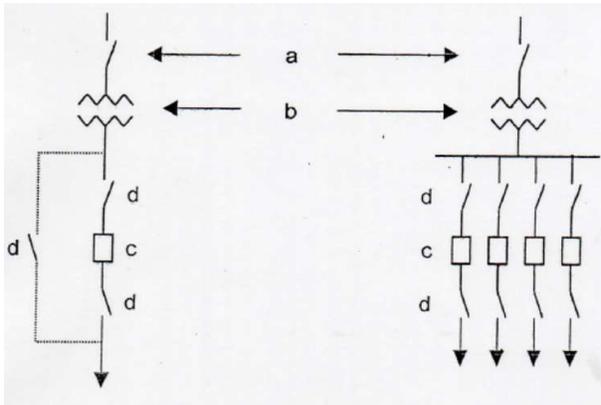
Dalam jaringan sub transmisi yang berbentuk *loop* ini, jaringan harus didesain sedemikian rupa, sehingga jaringan tidak akan dibebani lebih jika salah satu rangkaian yang lain lepas atau gagal Gambar 3 menunjukkan jaringan sub-transmisi *parallel* dan *loop*.

Gambar 4 menunjukkan jaringan sub transmisi dengan dua sumber tenaga dengan a merupakan bus sumber pembangkit, b jaringan sub transmisi dan c adalah gardu induk distribusi.

2) Gardu Distribusi

Gardu distribusi adalah gardu yang dibunakan untuk memberikan daya listrik kepada jaringan distribusi. Untuk ekonomis dari gardu distribusi ditentukan oleh:

- a. Kerapatan beban.
- b. Biaya unit jaringan transmisi.
- c. Factor-faktor lain.



Gambar 5 Gardu Induk Distribusi Sekunder

Bentuk gardu distribusi yang sederhana ditunjukkan dalam gambar 5. Yang terdiri dari :

- a. Sakelar pemisah tegangan tinggi.
- b. Sebuah *transformator*
- c. Pemutus daya jaringan utama pada sisi tegangan rendah dari *transformator*.

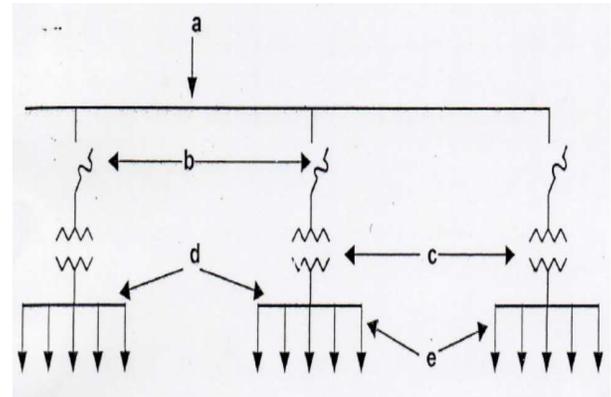
Sistem pada gambar biasanya disuplai melalui jaringan sub transmisi radial dan pada masing-masing transformator dihubungkan langsung ke jaringan suplai melalui sakelar pemisah.

Saklar pemisah tersebut berfungsi untuk mengamankan pemutus daya pada saat mengadakan perbaikan dan apabila pemutus daya *trip*. saklar pemisah tersebut tidak boleh dibuka pada keadaan berbeban, maka saklar pemisah *interlock* dengan pemutus daya pada jaringan utama, sehingga bila pemutus daya diaktifkan, maka saklar pemisah baru dapat dibuka.

Biasannya pemutus daya pada jaringan utama dilengkapi dengan relai arus lebih dan *automatic reclosing*. Kapasitas pemadamannya diambil sama dengan arus gangguan maksimum pada transformator dan rating pemadaman ditentukan oleh *reclosing cyclennya*.

Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada *transformator* dan untuk memutuskan hubungan antara gardu induk distribusi dengan relainya dipakai sekering atau alat pengaman lainnya pada sisi tegangan tinggi dan transformator. Alat-alat pengaman ini harus dikoordinasikan dengan pemutus daya pada jaringan utama sedemikian rupa, sehingga waktu kerja pengaman atau pemutus sekering selalu lebih lama dari waktu *tripping* pemutus dayanya.

Untuk gardu distribusi yang berkapasitas kecil dengan sebuah atau beberapa jaringan tegangan menengah dibutuhkan sebuah perlengkapan pengatur tegangan untuk menjaga tegangan beban supaya tetap dalam keadaan stabil, sedangkan untuk gardu induk distribusi yang berkapasitas besar digunakan



Gambar 6 Hubungan Gardu *Transformator* Distribusi Jaringan Tegangan Dengan Jaringan Tegangan Rendah

pengatur bus supaya lebih ekonomis.

3) *Jaringan Tegangan Menengah*

Jaringan tegangan menengah adalah jaringan distribusi yang dimulai dari gardu induk distribusi sampai dengan gardu *transformator* distribusi dan dilengkapi pemutus daya pada kedua ujungnya. Jaringan tegangan menengah dibagi dalam 3 (tiga) bagian yaitu :

- a. Jaringan utama,
- b. Cabang jaringan utama (*lateral*),
- c. Sub cabang jaringan utama *sub (lateral)*.

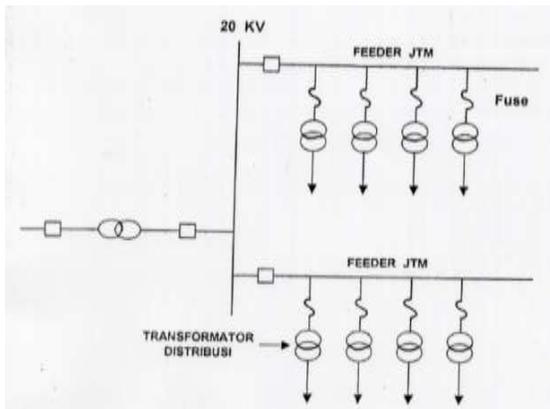
Sub cabang utama ini dihubungkan untuk melayani gardu *transformator* distribusi. Jaringan utama dapat berupa jaringan kawat terbuka dan jaringan kabel. Kemungkinan terjadi gangguan pada jaringan kabel lebih kecil dibandingkan dengan jaringan kawat terbuka. Untuk mengurangi daerah yang mengalami gangguan pada jaringan utama, pada cabang jaringan utama dan sub cabang jaringan utama dipergunakan *fuse*. Penggunaan dari *fuse* harus dikoordinasikan sedemikian rupa dengan pemutus daya pada jaringan utama dan *fuse* pada gardu *transformator* distribusi.

4) *Gardu Transformator Distribusi*

Gardu transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan tegangan pada jaringan tegangan menengah menjadi jaringan tegangan rendah atau tegangan pemakaian. Ujung primer dari gardu transformator distribusi dihubungkan dengan jaringan utama, cabang jaringan utama dan sub-cabang jaringan utama melalui *primary fuse* atau *fuse cut off*, sedangkan ujung sekunder dari transformator distribusi dihubungkan dengan jaringan tegangan rendah yang diteruskan menuju ke meter konsumen. Hubungan gardu *transformator* distribusi dapat dilihat pada gambar 6.

5) *Jaringan Tegangan Rendah*

Jaringan tegangan rendah adalah jaringan tegangan distribusi yang dimulai dari gardu



Gambar 7 Konfigurasi Radial

transformator distribusi sampai dengan alat pembatas dan pengukur atau ammeter konsumen. Jaringan tegangan rendah terdiri atas :

- Saluran tegangan rendah
- Titik penyambungan
- Sambungan pelayanan, yang meliputi :
- Alat pembatas dan pengukur atau meter konsumen.

Gangguan pada jaringan tegangan rendah biasanya jarang terjadi dan rugi tegangan yang diperkenankan pada gardu transformator distribusi adalah 10%, sedangkan rugi tegangan untuk penghantar sambungan rumah diperkenankan 2%, dalam hal ini sambungan rumah diperhitungkan dari titik penyambungan saluran tegangan rendah.

C. Bentuk Sistem Jaringan Distribusi

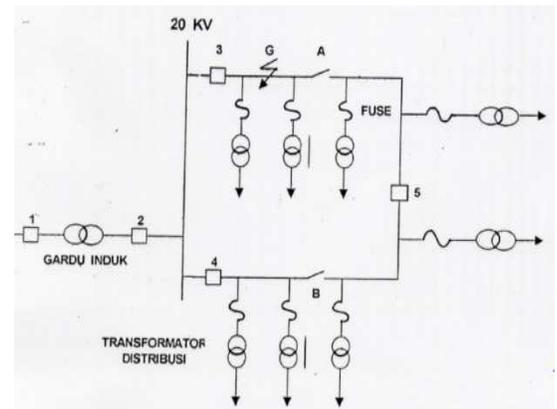
Bentuk sistem jaringan, dibagi dalam empat penyulang, yaitu [5] :

1) Penyulang tipe radial

Keandalannya rendah, metode operasinya Sangat mudah, kerugian jaringan sangat besar. Gambar 7 dibawah ini menggambarkan jaringan tegangan menengah berupa *feeder-feeder* radial yang keluar dari Gardu Induk (GI). Sepanjang setiap *feeder* terdapat *transformator-transformator* distribusi (TD) yang dilengkapi dengan fuse S. *Transformator* Distribusi diletakan sedekat mungkin dengan beban sehingga umumnya terletak didalam kota apabila yang dilayani adalah kota bukan desa. Dilain pihak sering didapat kesulitan untuk meletakkan (GI) di dalam kota karena masalah ijin tanah, untuk SUTT dan untuk bangunan (GI). Untuk mengatasi hal tersebut maka dapat dibangun Gardu Hubung (GH).

2) Penyulang tipe ring

Keadalanya cukup tinggi, pengoperasiannya mudah, kerugian jaringan rendah. pada gambar 6, apabila terjadi gangguan di titik G maka PMTno.3 trip. Setelah PMT no.3 dicoba Keadalanya cukup tinggi, pengoperasiannya mudah, kerugian jaringan rendah. pada gambar 8, apabila terjadi gangguan di titik G maka PMTno.3 trip. Setelah PMT no.3 dicoba



Gambar 8 Jaringan Tegangan Menengah dengan Konfigurasi Ring

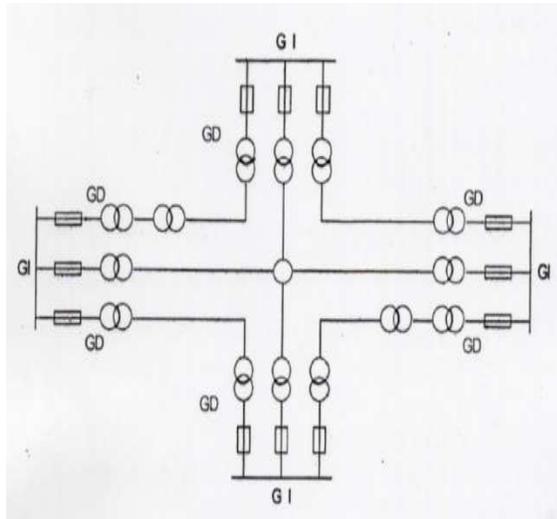
diaktifkan lagi dan trip lagi maka harus dilahukan langkah mencari dan memperbaiki bagian yang terganggu. Setelah PMS A dibuka dan PMT no.5 diaktifkan dan ternyata keadaannya normal maka kerusakan yang menyebabkan gangguan permanen di titik G harus dicari yaitu terletak antara PMS A dan PMT no.3. Selama pencarian dan perbaikan titik G yang terganggu hanya pelanggan yang ada diantara PMS A dan PMT no.3 yang mengalami interupsi pelayanan. Apabila jumlah PMS seksi seperti PMS A dan PMS B diperbanyak, maka jumlah pelanggan yang mengalami iterupsi pelayanan dapat dikurangi lagi. Keadalanya cukup tinggi, pengoperasiannya mudah, kerugian jaringan rendah. pada gambar 6, apabila terjadi gangguan di titik G maka PMTno.3 trip. Setelah PMT no.3 dicoba diaktifkan lagi dan trip lagi maka harus dilahukan langkah mencari dan memperbaiki bagian yang terganggu. Setelah PMS A dibuka dan PMT no.5 diaktifkan dan ternyata keadaannya normal maka kerusakan yang menyebabkan gangguan permanen di titik G harus dicari yaitu terletak antara PMS A dan PMT no.3. Selama pencarian dan perbaikan titik G yang terganggu hanya pelanggan yang ada diantara PMS A dan PMT no.3 yang mengalami interupsi pelayanan. Apabila jumlah PMS seksi seperti PMS A dan PMS B diperbanyak, maka jumlah pelanggan yang mengalami iterupsi pelayanan dapat dikurangi lagi.

3) Penyulang tipe grid

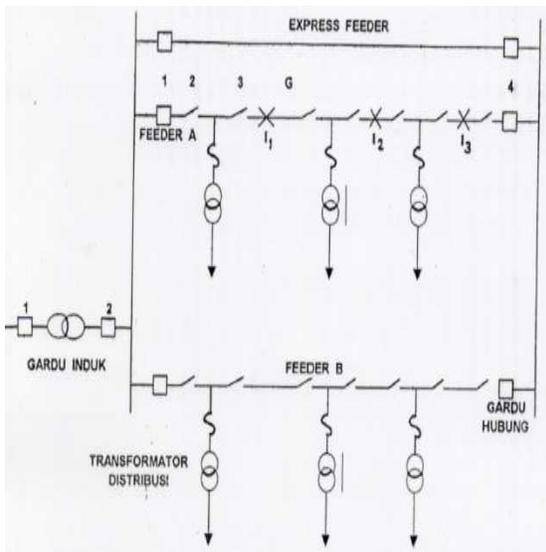
Merupakan suatu system jaringan distribusi dimana suatu daerah beban dapat dilayani dari tiga sumber atau lebih. Hal ini terjadi karena sistem saling terinterkoneksi. Namun setiap aliran daya yang masuk ke beban hanya satu. Penyulungan tipe *grit* dapat dilihat pada gambar 9.

4) Penyulang tipe spindle

Keadalanya tinggi, pengoperasiannya mudah, kerugian jaringan sangat kecil. Jaringan Tegangan Menengah dengan konfiguasi spindle digambarkan seperti gambar 10.



Gambar 9 Penyulang Tipe Grid



Gambar 10 Penyulang Tipe Spindle



Gambar 11 Kabel Penghantar BCC

D. Jenis dan Jarak Pengantar Pada Jaringan Distribusi

Bahan Kawat Penghantar Jaringan Tegangan Menengah Untuk penyaluran energi listrik pada Jaringan Tegangan Menengah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu berupa saluran udara dan kabel tanah [6]. Bahanbahan kawat penghantar biasanya dipilih dari logam-logam yang mempunyai konduktivitas yang besar, keras dan mempunyai kekuatan tarik (*Tensile Strength*) yang besar, serta



Gambar 12 Kabel Pengantar AAC



Gambar 13 Kabel Pengantar AAAC



Gambar 14 Kabel ACSR

memiliki berat jenis yang rendah. Juga logam yang tahan akan pengaruh proses kimia dan perubahan suhu serta memiliki titik cair yang lebih tinggi.

Untuk memenuhi syarat-syarat tersebut, kawat penghantar hendaknya dipilih suatu logam campuran (*Alloy*), yang merupakan percampuran dari beberapa logam yang dipadukan menjadi satu logam. Dari hasil campuran ini didapatkan suatu kawat penghantar dengan kekuatan Tarik dan konduktifitas yang tinggi. Logam campuran yang banyak digunakan untuk Jaringan Distribusi adalah kawat tembaga campuran (*Copper Alloy*) atau kawat aluminium campuran (*Aluminium Alloy*). Karena faktor ekonomis, saat ini lebih banyak digunakan kawat aluminium campuran untuk Jaringan Distribusi.

Sedangkan kawat lain seperti kawat tembaga, kawat tembaga campuran, atau kawat *aluminium* berinti baja tidak banyak digunakan.

Untuk itu perlu adanya pemilihan bahan yang sesuai dengan suatu transformator yang di inginkan supaya suatu transformator yang di desain sesuai dengan pemakaian yang dilakukan agar rugi-rugidaya yang terjadi akan mengecil dan efisiensi yang di keluarkan transformator tersebut mendekati 100%.

1) Kawat Penghantar SUTM

Pada saluran udara, terutama hantaran udara telanjang menggunakan beberapa kawat penghantar pada umumnya yang terdiri atas :

- a. Kawat tembaga telanjang BCC (*Bare Cooper Conductor*). Bentuk kabel BBC dapat dilihat pada gambar 11,
- b. Aluminium telanjang AAC (*All Aluminium Conductor*). Bentuk kabel BBC dapat dilihat pada gambar 12,
- c. Kawat Logam Campuran AAAC (*All Alloy Aluminium Conductor*). Bentuk kabel AAAC dapat dilihat pada gambar 13 dan
- d. *Aluminium* berinti baja ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*). Bentuk kabel ACSR dapat dilihat pada gambar 14.

E. Perbaikan Kualitas Sistem Tegangan Jaringan Distribusi

Yang dimaksud dengan kualitas tegangan adalah naik turunnya tegangan akibat operasi system pembangkit untuk mengusahakan tegangan yang konstan, karena adanya jatuh tegangan pada hantaran atau pada peralatan distribusi lainnya sehubungan dengan besarnya beban konsumen [7].

Namun pada kenyataannya sulit didapat tegangan pelayanan yang konstan, terutama bagi peralatan pada konsumen yang letaknya jauh dari pembangkit. Jauh tegangan ini terjadi pada setiap bagian dari sistem jaringan distribusi antara pembangkit dengan konsumen, atau dapat juga terjadi pada rangkaian dalam dari konsumen sendiri.

Akibat adanya jatuh tegangan pada hantaran dan pada peralatan distribusi akan timbul suatu bentangan tegangan (*voltage spread*), yaitu perbedaan antara tegangan maksimum dan tegangan minimum tanpa dip tegangan yang ada pada penyalan motor.

Bila tegangan pengirimannya dibuat konstan, maka tegangan penerimaan akan mengalami penurunan, dengan kata lain bertambah besar beban atau arus beban, bertambah besar pula penurunan tegangan .

Sebagai akibat dari perbaikan jatuh tegangan tersebut yang dilakukan oleh pihak pembangkit, supaya konsumen pada titik penerimaan tidak mengalami terlalu banyak penurunan tegangan maka tegangan pengirimannya akan dinaikkan.

Naiknya tegangan pada titik pengiriman dan turunnya tegangan pada titik penerimaan akan terbatas mengingat pada dua titik tersebut terdapat konsumen yang tegangannya tidak bias begitu saja

dinaikkan atau diturunkan karena toleransi tegangan peralatan yang digunakan konsumen tersebut terbatas.

F. Kualitas Pelayanan dan Standar Tegangan

Pada umumnya berdasarkan pengalaman, tegangan tetap yang terlalu tinggi mengakibatkan berkurangnya umur balon lampu, berkurangnya umur peralatan elektronik, dan mempercepat kerusakan beberapa jenis peralatan [8]. Dilain pihak, tegangan tetap yang terlalu rendah menyebabkan penurunan tingkat imunisasi, memperkecil gambar pada televisi, memperlambat proses pemanasan pada alat pemanas, mempersulit dalam menyalakan motor listrik, dan pemanasan atau merusak motor. Untunglah, kebanyakan perlengkapan dan alat-alat beroperasi pada tegangan dengan *range* tertentu karena itu toleransi yang layak diijinkan.

Standar tegangan yang harus diterima oleh konsumen untuk Indonesia ditetapkan sebesar $\pm 10\%$.

- a) diagram satu garis jaringan pengumpan;
- b) profil tegangan pada keadaan beban puncak;
- c) profil tegangan pada keadaan tegangan beban

sesaat

G. Pengaruh Kualitas Tegangan Terhadap Sistem Jaringan Distribusi

Suatu sistem daya listrik yang ideal disuplai dengan tegangan yang konstan dan sesuai dengan tegangan name plat (nominalnya), baik pada tegangan yang ringan maupun yang besar, sedangkan bentangan tegangan pada terminal peralatan yang digunakan umumnya akibat dari beban yang ringan pada harga tegangan maksimum dan beban yang besar pada harga tegangan minimum. Sehingga setiap spesifikasi tegangan yang didisain dengan sistem tegangan nominal dan setiap satu system yang ada, dapat disatukan dengan sistem tegangan yang direncanakan atau sistem yang lain.

Setiap tingkat tegangan total yang dioperasikan mempunyai 3 daerah yaitu :

1) Daerah baik.

Daerah ini sebagian besar dioperasikan pada tegangan yang ada, karena daerah ini cukup lengkap dan efisien. Bentuk system dan peralatannya didesain pada tegangan operasi, sedangkan peralatan yang dioperasikan cukup baik dan memuaskan.

2) Daerah sedang.

Daerah ini di dioperasikan pada tegangan yang lebih rendah dari tegangan yang ada di daerah baik dan peralatan memberikan operasi yang memuaskan.

3) Daerah ekstrim.

Daerah ini mempunyai batas normal pada setiap bebannya yaitu 2% atau 3% lebih, sedangkan tegangan yang dioperasikan lebih rendah dari tegangan pada daerah sedang dan operasi peralatan yang digunakan cukup baik. Daerah ekstrim ini bersifat sementara dan hanya selama keadaan darurat, seperti pada saat mengatasi kesalahan atau

pengukuran sementara selama keadaan penyusunan sistem.

H. Cara Mengatasi dan Memperbaiki

Untuk membuat tegangan distribusi dalam batas yang diijinkan, berarti harus diantisipasi dengan mengatur tegangan, dalam hal ini menaikan tegangan jaringan saat tegangan terlalu rendah dan menurunkannya saat tegangan terlalu tinggi. Ada beberapa cara untuk mengatasi kualitas tegangan, yaitu [9] :

- 1) Menaikan tegangan pada ujung awal dari system jaringan distribusi pada saat beban meningkat, dengan kata lain mengurangi perbedaan tegangan rata-rata pada saat beban tinggi.
- 2) Menaikan tegangan impedansi antara jaringan utama dengan beban atau mengurangi jatuh tegangan dan bentangan tegangan.

Ada beberapa metode untuk memperbaiki kualitas tegangan pada sistem jaringan distribusi. Atara lain :

- 1) Pengaturan tegangan pada Gardu Induk Distribusi.
- 2) Pengaturan tegangan pada Jaringan Distribusi.

II. METODE

A. Perbaikan Kualitas Tegangan

Didalam suatu sistem jaringan distribusi persoalan tegangan sangat penting, baik itu didalam keadaan beroperasi maupun dalam perancangan harus selalu di perhatikan tegangan pada setiap titik dalam jaringan distribusi tersebut, yaitu besar kualitas tegangan yang diperbolehkan biasanya sekitar + 5% hal ini terutama dimaksudkan untuk mengontrol tegangan kerja disetiap titik di sepanjang jaringan distribusi dan disamping itu juga untuk menaikan kapasitas penyaluran daya listrik[10].

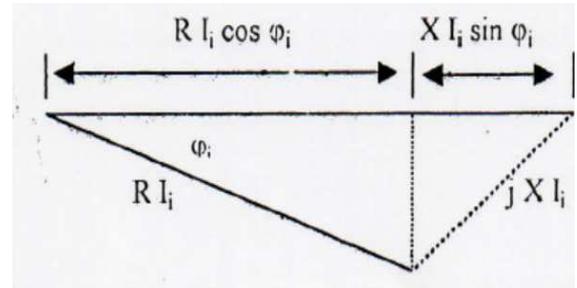
Pengaturan tegangan pada sistem jaringan distribusi biasanya dilakukan dengan mengubah kedudukan tahapan dari trasfomator, menambah sumber daya aktif yaitu kapasitor dan peralatan pengaturan tegangan lainnya. Pengaturan tegangan tersebut harus dibuat sedemikian rupa, sehingga kualitas tegangan pada ujung jaringan menjadi kecil mungkin dan tegangan jaringan dipertahankan pada tingkat yang sama dengan tegangan nominal.

B. Proses Desain Dalam Pengaturan Tegangan

Pengaturan tegangan adalah pesan jatuh tegangan jala – jala yang diyatakan pada penerimaan tegangan terakhir berdasarkan persamaan (1) [11].

$$\text{Pengaturan Tegangan} = \frac{V_s V_D}{V_D} \times 100 \quad (1)$$

Gambar 15 Tegangan Jatuh



Pada setiap jaringan dipilih salah satu titik sebagai titik karakteristik, karena tegangan pada titik tersebut harus mewakili tegangan dari jaringan. Pada setiap titik karakteristik daya p_j berhubungan dengan tegangan V_{ji} berdasarkan persamaan (2). Misalkan :

$$\alpha_j = \frac{P_j}{\sum P_j} \quad (2)$$

Hasil bagi beban P_j dan beban total dari Gardu Induk Distribusi adalah seperti berikut berdasarkan persamaan (3) sampai dengan persamaan (5):

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n = 1 \quad (3)$$

$$V_{fi} = \alpha_1 \cdot V_{1i} + \alpha_2 \cdot V_{2i} + \dots + \alpha_n \cdot V_{ni} \quad (4)$$

$$V_{fi} \sum_{j=i}^n V_{ji} \quad (5)$$

Dimana $V_{bi} = R \cdot I_i \cdot \cos \phi_i$, sebagai tegangan busbar jaringan tegangan menengah pada Gardu Induk Distribusi berdasarkan persamaan (6) sampai dengan persamaan (7), maka jatuh tegangan adalah :

$$\Delta V_i = V_{bi} - V_{fi} \quad (6)$$

$$= R \cdot I_i \cdot \cos \phi_i + x \cdot \sin \phi_i \quad (7)$$

Jatuh tegangan tersebut dapat dijelaskan dengan gambar 15

Daya gardu induk distribusi Sebelum 8 persamaan untuk mendapatkan selisih tegangan pada ujung saluran maka digunakanlah rumus dapat dilihat berdasarkan persamaan (8) sampai dengan persamaan (11) di bawah ini adalah sebagai berikut.

$$P_i = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \phi_i \quad (8)$$

$$V_i = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \sin \phi_i \quad (9)$$

Maka :

$$\Delta V_i = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot U_n} (R \cdot P_i + x \cdot Q_i) \quad (10)$$

$$\Delta V_i \frac{R P_i}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{R P_i}{3 V_n} \quad (11)$$

Dimana :

V_L = Tegangan jala-jala

V_P = Tegangan fase

Sehingga ΔV_i hanya pengatur P_i Harga ($V_{bi} - V_{fi}$) dengan ΔV_i tidak pada setiap saat dan bila selisih harga tersebut adalah V_{oi} maka :

$$V_{bi} - V_{fi} = \Delta V_i + V_{oi} \quad (12)$$

$$V_{bi} - V_{fi} = +V_{oi} \quad (13)$$

Maka persamaan (12) dan (13) adalah rugi tegangan antara busbar jaringan tegangan menengah dengan ujung jaringan yang berlaku pada setiap saat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Jatuh Tegangan (Drop)

Pada perhitungan impedansi yang telah di asumsikan pada penghantar kawat yang di gunakan adalah jenis penghantar AAAC 95 mm dan panjang saluran yang telah di gunakan pada (SUTM) IS3 pada Kota Gorontalo adalah 270 km. dan Impedansi urutan positif yang telah di gunakan adalah $0,3396 + j 0,3449 (\Omega/\text{km})$. Dimana bila diketahui nilai impedansi jaringan yang telah diasumsikan maka dapat dilihat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z &= 0,3396 + j0,3449 \\ &= 0,48403 \Omega \end{aligned}$$

Maka Panjang saluran IS3 sepanjang 270 km sehingga nilai impedansi jaringan saluran IS3 sebesar :

$$\begin{aligned} Z_{IS3} &= 270 \times 0,48403 \angle 45,44357^\circ \\ &= 130,6881 \Omega \end{aligned}$$

Jadi didapat nilai jatuh tegangan yang diasumsikan pada jaringan distribusi IS3 berdasarkan persamaan (14) adalah sebagai berikut :

$$V_D = I \cdot Z \quad (14)$$

Dengan nilai yang terpasang 112,1 A

$$\begin{aligned} V_D &= 112,1 (130,6881 \angle 45,44357^\circ) \\ &= 14650,136 \text{ volt} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk standar tegangan yang diterima adalah $\pm 10\%$ dari tegangan nominal dimana tegangan nominal sebesar 20000 volt, jika tegangan yang diterima di ujung standarnya sebesar 18000 volt. Sedangkan yang diperoleh jauh dari standar atau nilainya sebesar 14650,136 volt, untuk itu diperbaiki menggunakan kapasitor.

B. Nilai Kapasitor yang Digunakan

Jadi untuk mendapatkan nilai jatuh tegangan drop (V_D) sebesar 19000 volt

$$V_D = (R + jX) = I \left(R + jx_1 - \frac{I}{jx_1} \right)$$

$$V_D = 190000$$

$$19000 + I \frac{I}{jx_c} = I (R + jx_1)$$

$$19000 + \frac{I}{jx_c} I ((102,492 + j 93,123))$$

$$19000 + \frac{I}{jx_c} = 112,2 (102,492 + j 93,123)$$

$$112,2 (102,492 + j 93,123)$$

$$jx_c 11499,60 + j 10448,4$$

untuk mencari nilai X_c yang diasumsikan maka menggunakan persamaan (15) adalah sebagai berikut.

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot c} \quad (15)$$

$$19000 + \frac{112,2}{jx_c} = 11450 + j 10450$$

$$19000 - 1145 = j10450 x_c - \frac{112,2}{jx_c}$$

$$17855 = \frac{j^2 10450 x_c - 112,2}{jx_c}$$

$$17855 jx_c = -10450 x_c - 112,2$$

$$X_c [10450 + j17855] = -112,2$$

$$x_c = - \frac{112,2}{10450 + j17855}$$

$$= - \frac{112,2}{20688,24 \angle 60^\circ}$$

$$= 0,00542 \times 10^{-3} \angle -60^\circ$$

$$= 0,054 \Omega$$

$$= -0,021 + j0,054 = \frac{1}{j\omega C}$$

$$= \frac{1}{j314,16C}$$

Untuk mencari nilai C maka diketahui dulu nilai X_C nya kalau nilai X_C nya sudah didapat maka nilai C nya juga dapat. Maka untuk mencari nilai C adalah persamaan sebagai berikut :

Dimana :

$$j314,16[-0,021 + j0,054] = 1$$

$$-j6,59 + j^2 16,96 = 1$$

$$C [16,96 - j6,59] = 1$$

$$C = \frac{1}{16,96 - j6,59}$$

$$= \frac{1}{18,19 \angle -21^\circ}$$

$$= 0,05 \times 10^{-6} \angle +21^\circ F$$

$$= 5 \mu f$$

Jadi untuk mendapatkan nilai jatuh tegangan (V_D) adalah sebesar 19000 volt maka dapat diperlukan kapasitor (C) adalah sebesar 5 μF . Jadi nilai kVAR yang didapat dengan menggunakan persamaan adalah sebagai berikut :

Dimana :

$$V = 20^2 \text{ kV}$$

$$\pi = 3.14$$

$$F = 50 \text{ Hz}$$

$$C = 5 \mu F$$

$$KVAR = \frac{e^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C \cdot 10^{-9}}{1000}$$

$$= \frac{20000^2 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 16 \cdot 50 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-8}}{1000}$$

$$= \frac{400.000.000 \cdot 1570,80 \cdot 10^{-11}}{10^3}$$

$$= \frac{4 \cdot 10^8 \cdot 1570,80 \cdot 2 \cdot 100^2 \cdot 10^{-14}}{10^3 \cdot 10^3}$$

$$= 6283,2 \times 10^{-11}$$

$$= 6,28 \times 10^{-8}$$

$$= 6,28 \text{ Var}$$

Berdasarkan pada asumsi-asumsi diatas ,Maka memperoleh KVAR pada sistem IS3 pada Kota Gorontalo adalah sebesar 0,109 Var.

IV KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data yang dihitung pada IS3 nilai teganga drop jauh melebihi standar dari 10% dari 20kv hanya dapat tegangan adalah 14650,136kV.

Untuk mengatasi tegangan drop lebih atau kurang dari 10% maka dibuthkan kenaikan nilai kapasitor pada perhitungan yang dibutuhkan.

B. Saran

Saluran IS3 pada Gardu Induk Isimu terlalu besar maka dapat diperlukan penyeimbangan beban.

Melakukan rekonfigurasi pada jaringan Penyulang GI Isimu IS3

V. KUTIPAN

- [1] PLN, *Tegangan Standar PLN*. 1978.
- [2] P. Van Harten and E. Setiawan, *Instalasi Arus Listrik*, 5th ed. Jakarta, 2001.
- [3] A. S. Pabla and A. Hadi, *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga, 1994.
- [4] Ferry, "Pengenalan Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero)," Jakarta.
- [5] T. Goren, *Electric Power Distribution Sistem Engineering*. Singapore, 1986.
- [6] Westing House, *Electric Utiliti Engineering Reference*. .
- [7] Westing House, *Transmision And Distribution*. New York.
- [8] Sibarani, "Makalah Variasi Tegangan Pada Jaringan Distribusi," 1999.
- [9] M. I. Uddin, *PE Power Plant Aux Power Sistem General Consederation Semiawan*. Jakarta, 1990.
- [10] A. R, "Studi perbaikan variasi tegangan menggunakan pengaturan tegangan pada jaringan distribusi," 2003.
- [11] M. Djiteng, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Balai Penerbit Humas ISTN, 1990.



Penulis bernama lengkap James philups ulahayanan anak ketiga dari lima bersaudara lahir dari pasangan suami istri, Ayah Benicdictus Ulahayanan dan Ibu Martha Letlora, Lena 28 July 1993. Penulis telah menempuh pendidikan secara berturut turut di SD 02 Amaori (1999-2005), Smp Negeri 13 Ambon (2005-2008), SMK Negeri Namrole

(2008-2012). Selama menempuh pendidikan di SMP Negeri 13 Ambon Penulis juga aktif dalam Organisasi OSIS bahkan pernah menjabat sebagai Anggota OSIS bahkan Kegiatan ekstrakurikuler lainnya Seperti Pramuka. Dan pada tahun 2012 penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Samratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro. Dengan mengambil konsentrasi Minat Teknik Tenaga Listrik Pada tahun 2014. Dalam menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Samratulangi Penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek di Hative Kecil Galala Ambon. Pada 16 maret 2017 s/d 17 Mei 2017. Dan penulis selesai melaksanakan Pendidikan di Fakultas Teknik Elektro Universitas Samratulangi Manado, Jurusan Teknik Elektro pada tanggal 22 Juni 2019. Begitu pula selama menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Samratulangi Manado, Penulis juga aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Elektro (HME) dan KelompokMuda Katolik (KMK)