

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Untuk membantu menyelesaikan proses pembuatan Proyek Akhir ini, maka dibutuhkan adanya beberapa referensi yang menjadi acuan penulis:

1. Richard B Laginda, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Dalam Skripsinya yang berjudul “Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20 kV Di Kota Tahuna. Perkembangan kota Tahuna sebagai pusat pengembangan wilayah Kabupaten Kepulauan Sangihe Provinsi Sulawesi kini setiap tahun semakin meningkat seiring dengan meningkatnya gaya hidup masyarakat dan maraknya pusat pembangunan dan pusat kegiatan public di kota Tahuna sampai saat ini sehingga mengakibatkan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan energi listrik. sehingga beban listrik meningkat dan mengakibatkan jatuh tegangan yang melebihi batas yaitu 10%, namun jatuh tegangan dapat diperbaiki dengan banyak cara salah satunya dengan penambahan kapasitor daya pada penyulang. Perhitungan jatuh tegangan sebelum dipasang kapasitor daya untuk penyulang Kota diperoleh hasil sebesar 13,15% dan untuk penyulang Tona sebesar 15,37% sedangkan perhitungan jatuh tegangan untuk penyulang golongan 30,77%. Setelah pemasangan kapasitor daya pada penyulang Kota maka diperoleh jatuh tegangan sebesar 6,94%, dan untuk penyulang Tona 8,76%, sedangkan pada penyulang Golongan sebesar 10% dengan demikian jatuh tegangan untuk penyulang Kota, Tona, dan Golongan sudah memenuhi standar yang ditentukan oleh PLN yaitu jatuh tegangan tidak boleh lebih dari 10%.
2. Handy Andika, Fakultas Teknik Energi Listrik, Universitas Sumatera Utara, Dalam skripsinya yang berjudul “Studi Pengaturan Tegangan Pada Jaringan Distribusi 20 kv yang Terhubung dengan *Distributed generation*”.

Kehadiran Distributed Generation (DG) yang telah meluas pada jaringan distribusi memberikan keuntungan dan kerugian tersendiri. Salah satu kerugian tersebut adalah sulitnya mempertahankan nilai tegangan yang memadai akibat aliran daya yang tidak satu arah (uniflow). Diperlukan pengaturan tegangan untuk menjaga nilai tegangan berada pada variasi standar yang diizinkan sebesar +5% dan - 10% dari tegangan nominal di seluruh jaringan distribusi dan variasi sebesar $\pm 5\%$ dari tegangan nominal pada titik hubung antara DG dan jaringan distribusi. Dalam Tulisan ini, membahas tentang studi pengaturan tegangan menggunakan On-Load Tap Changer (OLTC) transformator dan kapasitor bank pada jaringan distribusi 20 kV penyulang TR 5 Gardu Induk Tarutung yang terhubung dengan PLTM Aek Hutaraja 2 x 3 MW dalam keadaan beban puncak menggunakan bantuan program komputer. Dari hasil studi pengaturan tegangan tersebut didapatkan bahwa saat jaringan belum terhubung dengan DG dibutuhkan pengaturan tegangan dengan kapasitor bank yang mempunyai rating total sebesar 1.375 KVAR dan posisi tap OLTC pada tap 5 (157,5 kV), sedangkan ketika terhubung dengan DG hanya dibutuhkan pengaturan tegangan menggunakan OLTC pada posisi tap 7 (153,8 kV) untuk mendapatkan nilai tegangan pada standar yang telah diizinkan.

3. Rachmat Wahyudi Firman, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Dalam tugas Akhirnya “Analisa Drop tegangan menengah 20 kV pada penyulang pagentenan di PT PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Pamekasan”. Pendistribusian tenaga listrik dari gardu induk (GI) mempunyai banyak kerugian khususnya Tegangan Menengah (TM). PT PLN (Persero) Area Pamekasan merupakan industri penyalur tenaga listrik ke pelanggan tegangan tinggi 150kV, pelanggan tegangan menengah 20kV dan pelanggan tegangan rendah 220/380v. Setiap pendistribusian tenaga listrik dari gardu induk (GI) dibagi dari beberapa penyulang, tergantung dari cakupan wilayah pendistribusian setiap gardu. Tegangan pada penyulang ini merupakan tegangan menengah atau bertegangan 20kV

yang nantinya didistribusikan. Pada proses pendistribusian ini terdapat kerugian yang dialami perusahaan, salah satunya drop tegangan yang diakibatkan jauhnya pendistribusian listrik tersebut. Salah satu contoh drop tegangan yang buruk dialami pada penyulang pagentenan. Dengan metode analisa ini didapatkan titik drop tagangan yang buruk agar menjadi pembenahan untuk perusahaan, sehingga proses pendistribusian tersebut tidak mengalami kerugian, dan juga sesuai dengan standart PLN tentang tegangan agar tidak ada pihak yang dirugikan baik perusahaan PLN dan juga Konsumen.

2.2.Landasan Teori

2.2.1. Umum

Sistem distribusi daya listrik meliputi semua Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20KV dan semua Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt hingga ke meter-meter pelanggan. Pendistribusian daya listrik dilakukan dengan menarik kawat-kawat distribusi melalui penghantar udara. Penghantar bawah tanah dari mula gardu induk hingga ke pusat-pusat beban. Pada sistem di PLN Rayon Borobudur belum semuanya terpasang jaringan bawah tanah karena keadaan kota atau daerah ini tetap disuplai melalui hantaran udara 3 phasa 4 kawat. Setiap elemen jaringan distribusi pada lokasi tertentu dipasang trafo-trafo distribusi, dimana tegangan 20KV diturunkan ke level tegangan yang lebih rendah menjadi 380/220 volt. Dari trafo-trafo ini kemudian para pelanggan listrik dilayani dengan menarik kabel-kabel tegangan rendah menuju ke sepanjang pusat-pusat pemukiman, baik itu komersial maupun bebrapa industri yang ada di sini. Tenaga Isitrik yang lazim digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk mengoperasikan peralatan-peralatan tersebut adalah listrik dengan tegangan rendah (380/220Volt) dan tegangan tinggi (sistem 150KV) hanya sistem penyaluran (distribusi dan trasmisi) untuk jarak jauh. Hal ini bertujuan untuk keandalan sistem karena memperkecil rugi-rugi daya dan memiliki tingkat keandalan penyaluran yang tinggi

disalurkan melalui saluran transmisi ke berbagai wilayah menuju pusat-pusat pelanggan.

2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi 20kV

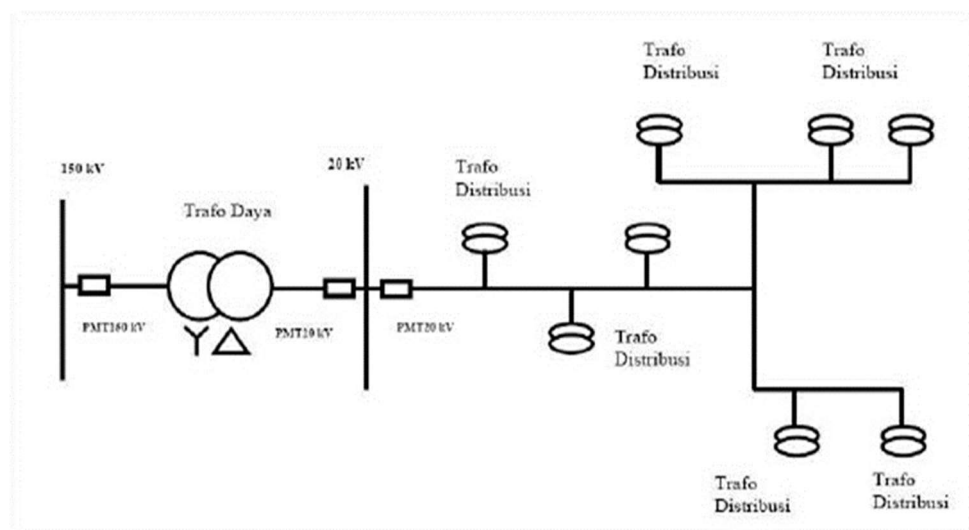
Sistem jaringan distribusi dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian besar, yaitu distribusi primer (20kV) dan distribusi sekunder (380/220V). Jaringan distribusi 20kV sering disebut Sistem Distribusi Tegangan Menengah dan jaringan distribusi 380/220V sering disebut jaringan distribusi sekunder atau disebut Jaringan Tegangan Rendah 380/220V.

1. Distribusi Primer

Distribusi primer adalah jaringan distribusi daya listrik yang bertegangan menengah (20kV). Jaringan distribusi primer tersebut merupakan jaringan penyulang. Jaringan ini berawal dari sisi skunder trafo daya yang terpasang pada gardu induk hingga kesisi primer trafo distribusi yang terpasang pada tiang-tiang saluran. Pada jaringan distribusi primer terdapat 4 jenis dasar yaitu :

a. Sistem Radial.

Sistem distribusi dengan pola radial adalah yang paling sederhana dan yang paling banyak dipakai, terdiri atas fider (feeders) atau rangkaian tersendiri, yang seolah-olah keluar dari suatu sumber atau wilayah tertentu secara radial.

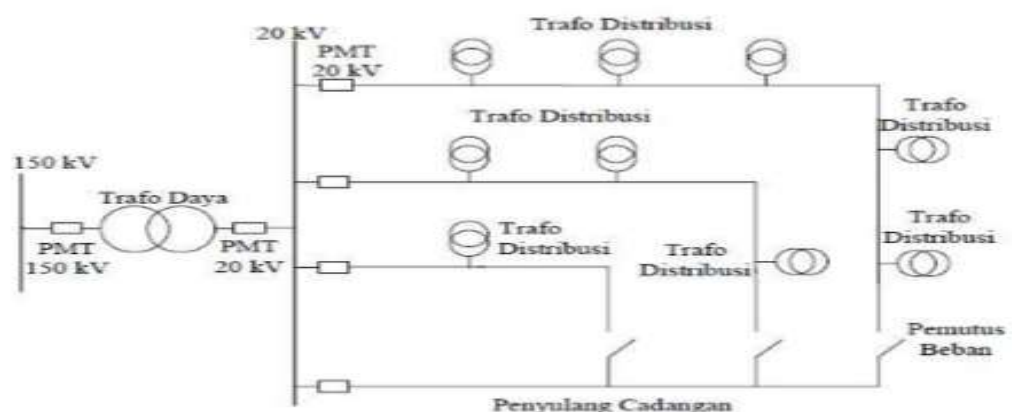


Gambar 2.1 konfigurasi Sistem Jaringan Radial

Dalam penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Gardu distribusi adalah tempat dimana trafo untuk konsumen dipasang. Bisa dalam bangunan beton atau diletakan diatas tiang. Keuntungan dari sistem ini adalah sistem ini tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem yang lain. Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada diujung saluran.

b. Sistem *Kluster*

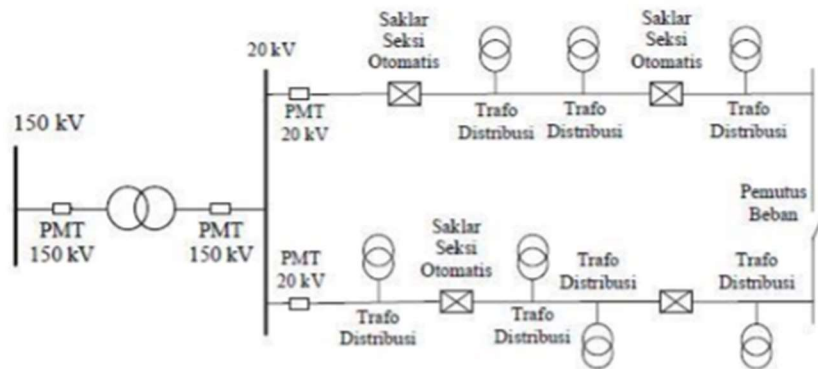
Konfigurasi Gugus banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat saklar pemutus beban, dan penyulang cadangan.



Gambar 2.2 Sistem *Kluster*

c. Sistem *Loop*

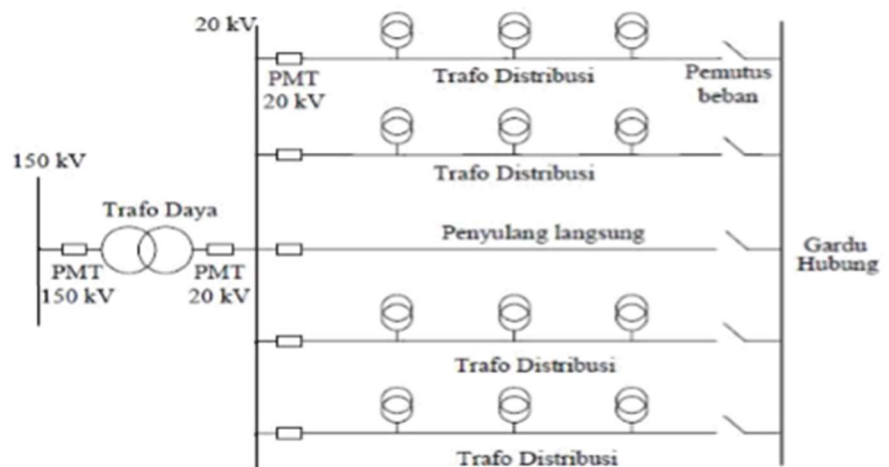
Pada Struktur Lingkaran (*Loop*) dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalannya relatif lebih baik.



Gambar 2.3 Sistem *Loop*

d. Sistem *Spindel*

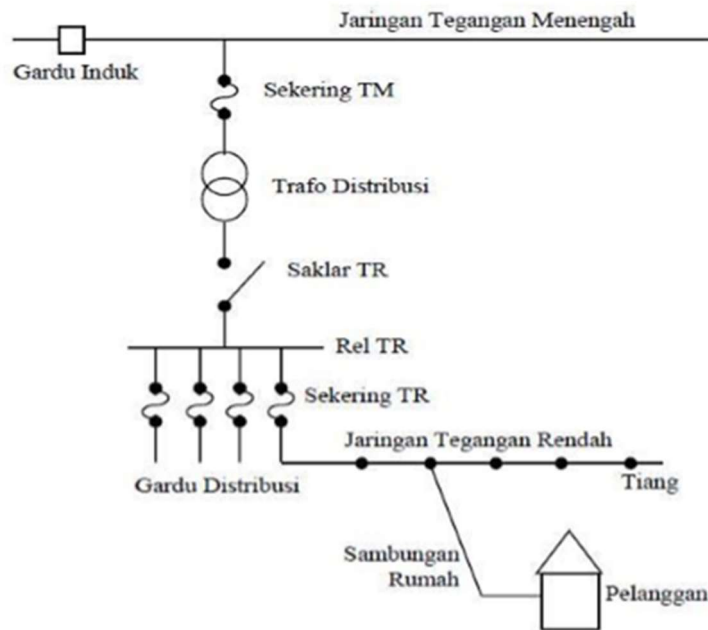
Sistem Spindel adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola radial dan ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH).



Gambar 2.4 sistem *spindle*

2. Distribusi Sekuder

Sistem distribusi sekunder merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu trafo sampai pada pemakai akhir atau konsumen.



Gambar 2.5 Sistem jaringan Distribusi Sekunder

2.2.3. Transformator

Transformator adalah salah komponen listrik yang berkerja untuk menaikan tegangan serta menurunkan tegangan dengan perinsip kerja gandengan elektromagnetik. Dalam sistem distribusi tenaga listrik transformator dapat dibagi

berdasarkan sistem kerja menjadi dua macam yaitu:

1. Transformator Gardu Induk Distribusi (150kV menjadi 20kV), dalam penyaluranya disebut dengan sistem distribusi primer
2. Transformator Distribusi (20 kV menjadi 380/220 V), dalam penyaluranya disebut dengan sistem distribusi sekunder

Secara fisik Yang membedakan transformator gardu induk, dan transformator distribusi terletak pada sistem pendinginannya, tetapi dilihat dari segi komponen yang ada didalamnya masih sama seperti transformator daya pada umumnya. Sistem pendingin yang ada pada transformator gardu induk menggunakan sistem minyak bersirkulasi paksa (*forced oil*). Dalam hal ini , minyak di trafo bersirkulasi atas bantuan sebuah pompa. Dengan cara ini diperoleh sirkulasi minyak yang lebih baik dibandingkan dengan cara sistem minyak bersirkulasi sendiri(*oil immersed*), karena kapasitas tranformator gardu induk yang besar, menjadikan Transformator gardu induk membutuhkan pendinginan yang cepat.

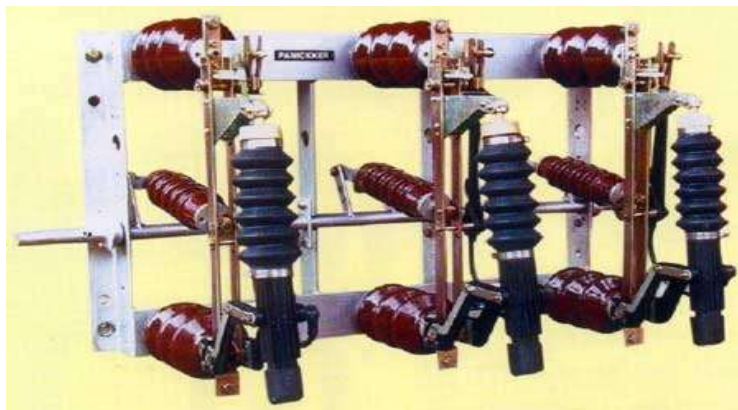
Berikut contoh gambar transformator Gardu Induk :



Gambar 2.6. Transformator Gardu Induk

2.2.4. Load Break Switch (LBS).

Load Break Switch (LBS) atau saklar pemutus beban adalah peralatan hubung yang digunakan sebagai pemisah ataupun pemutus tenaga dengan beban nominal. Proses pemutusan atau pelepasan jaringan dapat dilihat dengan mata terlanjang, saklar pemutus beban ini tidak dapat bekerja secara otomatis pada waktu terjadi gangguan, dibuka atau ditutup hanya untuk memanipulasi beban. Berikut contoh gambar LBS :



Gambar 2.7. Load Break Switch(LBS)

2.2.5. Air Brake Switchgear (ABSW).

Air Break Switchgear (ABSW) adalah peralatan hubung yang berfungsi sebagai pemisah dan biasa dipasang pada jaringan luar. Biasanya medium kontakannya adalah udara yang dilengkapi dengan peredam busur api atau interrupter berupa hembusan udara. ABSW juga dilengkapi dengan peredam busur api yang berfungsi untuk meredam busur api yang ditimbulkan pada saat membuka atau melepas pisau ABSW yang dalam kondisi bertegangan. Kemudian ABSW juga dilengkapi dengan isolator tumpu sebagai penopang pisau ABSW, pisau kontak sebagai kontak gerak yang berfungsi membuka atau memutus dan menghubungkan atau memasukan ABSW, serta stang ABSW yang berfungsi sebagai tangkai penggerak pisau ABSW. Perawatan rutin yang dilakukan untuk ABSW karena sering dioperasikan, mengakibatkan pisau-pisaunya menjadi aus dan terdapat celah ketika dimasukkan ke peredamnya atau

kontakannya. Celah ini yang mengakibatkan terjadi lonjakan bunga api yang dapat membuat ABSw terbakar. Berikut contoh gambar recloser :



Gambar 2.8. Air Break Switchgear (ABSW).

2.2.6. *Recloser* (Penutup Balik Otomatis/PBO)

Recloser adalah peralatan yang digunakan untuk memproteksi bila terdapat gangguan, pada sisi hilirnya akan membuka secara otomatis dan akan melakukan penutupan balik (reclose) sampai beberapa kali tergantung penyetelannya dan akhirnya akan membuka secara permanen bila gangguan masih belum hilang (lock out). Penormalan recloser dapat dilakukan baik secara manual maupun dengan sistem remote. Recloser juga berfungsi sebagai pembatas daerah yang padam akibat gangguan permanen atau dapat melokalisasi daerah yang terganggu. Berikut contoh gambar recloser :



Gambar 2.9. Recloser

2.2.7. Definisi Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti.

Jatuh tegangan secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Tegangan jatuh (V) pada penghantar semakin besar jika arus (I) di dalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar (R_l) semakin besar pula. Tegangan jatuh merupakan penyebab terjadinya

kerugian pada penghantar karena dapat menurunkan tegangan pada beban. Akibatnya hingga berada di bawah tegangan nominal yang dibutuhkan. Atas dasar hal tersebut maka tegangan jatuh yang diijinkan untuk instalasi arus kuat hingga 1.000 V yang ditetapkan dalam persen dari tegangan.

Rugi-rugi tegangan yang hilang di jaringan juga menimbulkan rugi-rugi daya pada jaringan, karena rugi-rugi daya sendiri merupakan efek dari rugi-rugi tegangan yang ada pada jaringan. Untuk melihat efek tersebut, dilampirkanlah rumus sebagai berikut:

1. Impedansi :

$$Z = R + jX \text{ (Ohm)} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Jatuh tegangan :

$$\Delta V \text{ (1}\Phi\text{)} = (I.R.\cos\phi + I.jX.\sin\phi) \text{ (Volt)}\dots\dots\dots(2.2)$$

$$\Delta V \text{ (3}\Phi\text{)} = \sqrt{3} (I.R.\cos\phi + I.jX.\sin\phi) \text{ (Volt)} \dots\dots\dots(2.3)$$

3. Rugi Jaringan:

a. Daya aktif:

$$(1\Phi) = I^2.R. \text{ (watt)} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$(3\Phi) = 3.I^2.R. \text{ (watt)} \dots\dots\dots(2.5)$$

b. Rugi energi di jaringan

$$(1\Phi) = \frac{I^2 \times R \times h}{1000} \text{ (kWH)} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$(3\Phi) = \frac{3I^2 \times R \times h}{1000} \text{ (kWH)} \dots\dots\dots(2.7)$$

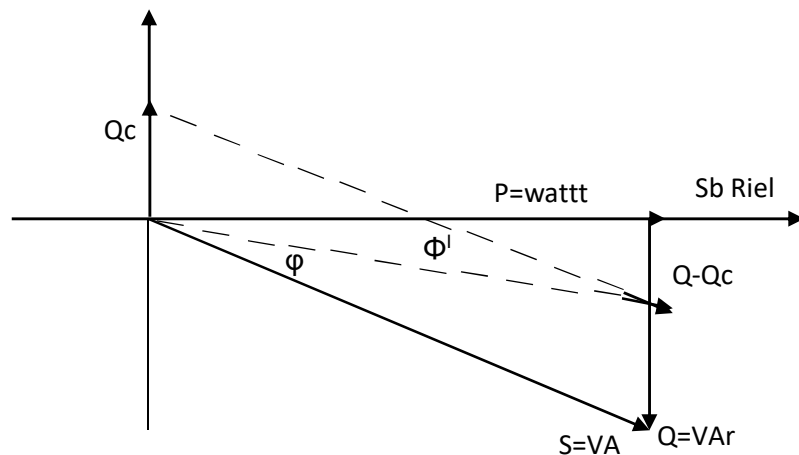
c. Daya reaktif:

$$(1\Phi) = I^2.jX.\sin\phi \text{ (VAr)} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$(3\Phi) = 3.I^2.jX.\sin\phi \text{ (VAr)} \dots\dots\dots(2.9)$$

2.2.8. Pengaruh Kapasitor

Kapasitor memiliki pengaruh yang cukup besar untuk menaikkan cosphi yang rendah, dan sifat dari kapasitor adalah leading. Kapasitor umumnya dipasang paralel, karena penggunaan kapasitor seri terbatas penggunaannya, yang disebabkan pengaman dari kapasitor seri cukup rumit dibandingkan dengan kapasitor dipasang parallel.



Gambar.2.10. Segitiga Daya

Pada segitiga daya diatas adanya penambahan kapasitor shunt yang tergambar pada sumbu imajiner, dengan kapasitor shunt dapat diletakkan/dipasang di jaringan 20KV atau dibeban. Keuntungan yang diperoleh sebagai berikut:

1. Dapat menaikkan faktor daya missal dari $\cos\phi = 0.8$ menjadi 0.95, dalam hal ini dapat menambah daya semu ($\Delta S=S-S'$)
2. Menaikkan tegangan di sisi beban
3. Mengurangi kerugian energi di jaringan

a. Persamaan untuk memperoleh daya reaktif kapasitor sbb:

$$Q_c = P (\tan\phi - \tan\phi') \text{ (kVAr)} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

Q_c = daya kapasitor shunt (3phasa).

P = daya aktif (watt) sebelum dipasang kapasitor, bila terpasang di jaringan, daya aktif diperoleh dari jumlah seluruh beban yang terpasang setelah kapasitor.

$\tan \phi$ = $\tan (\arccos \phi)$ sebelum dipasang kapasitor shunt.

$\tan \phi'$ = $\tan (\arccos \phi')$ setelah dipasang kapsitor shunt.

I = arus (amp)

$\cos \phi$ = power factor

R = Resistansi (ohm)

Z = Impedansi (ohm)

$\sin \phi$ = sudut reaktif

X = Reaktansi (ohm)

Φ = fasa

b. Persamaan Untuk mencari nilai Capasitansi sbb:

$$I_c = \frac{Q_c}{\sqrt{3} \times V_{LL}} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$X_c = \frac{v_{LL}}{I_c} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$C = \frac{10^6}{2\pi f X_c} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

I_c = Arus Kapasitor

X_c = Reaktansi kapasitif

C = Capacitas kapasitor

V_{LL} = Tegangan antar fasa



Gambar 2.11. Kapasitor Pada Jaringan Distribusi

2.2.9. Bahan Kawat Penghantar

Bahan-bahan kawat penghantar untuk jaringan tenaga listrik biasanya dipilih dari logam-logam yang mempunyai konduktivitas yang besar, keras dan mempunyai kekuatan tarik (tensile strenght) yang besar, serta memiliki berat jenis yang rendah. Juga logam yang tahan akan pengaruh proses kimia dan perubahan suhu sertamempunyai 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 konduktivitas 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.

Berikut jenis – jenis kawat yang sering digunakan jaringan distribusi :

1. Kawat Tembaga

Tembaga murni merupakan logam liat berwarna kemerah merahan, yang mempunyai tahanan jenis 0,0175 dengan berat jenis 8,9 dan titik cair sampai 1083° C, lebih tinggi dari kawat aluminium. Kawat tembaga ini mempunyai konduktivitas dan daya hantar yang tinggi. Pada mulanya kawat tembaga ini banyak dipakai untuk penghantar jaringan, tetapi bila dibandingkan dengan kawat aluminium untuk tahanan (resistansi) yang sama, kawat tembaga lebih berat sehingga harganya akan lebih mahal. Dengan berat yang sama, kawat aluminium mempunyai diameter yang lebih besar dan lebih panjang dibandingkan kawat tembaga. Sekarang ini cenderung kawat penghantar jaringan digunakan dari logam aluminium.

2. Kawat Aluminium

Aluminium merupakan suatu logam yang sangat ringan, beratnya kira-kira sepertiga dari tembaga, dan mempunyai tahanan jenis tiga kali dari tembaga. Sifat logam aluminium ini mudah dibengkok-bengkokkan karena lunaknya. Oleh karena itu kekuatan tarik dari kawat aluminium lebih rendah dari kawat tembaga, yaitu setengah dari kekuatan tarik kawat tembaga. Untuk itu kawat aluminium hanya dapat dipakai pada gawang (span) yang pendek, sedangkan untuk gawang yang panjang dapat digunakan kawat aluminium yang dipilin menjadi satu dengan logam yang sejenis maupun yang tidak sejenis, agar mempunyai kekuatan tarik yang lebih tinggi. Oleh karena itu kawat aluminium baik sekali digunakan sebagai kawat penghantar jaringan. Kelemahan kawat aluminium ini tidak tahan akan pengaruh suhu, sehingga pada saat cuaca dingin regangan (stress) kawat akan menjadi kendor. Agar kekendoran regangan kawat lebih besar, biasanya dipakai kawat aluminium campuran (*alloy aluminium wire*) pada gawang-gawang yang panjang. Selain itu kawat aluminium tidak mudah dipatri (disolder) maupun di las dan tidak tahan akan air yang bergaram, untuk itu diperlukan suatu lapisan dari logam lain sebagai pelindung. Juga kawat aluminium ini mudah terbakar, sehingga apabila terjadi hubung

singkat (*short circuit*) akan cepat putus. Karena itu kawat aluminium ini banyak digunakan untuk jaringan distribusi sekunder maupun primer yang sedikit sekali mengalami gangguan dari luar. Sedangkan untuk jaringan transmisi kawat yang digunakan adalah kawat aluminium capuran dengan diperkuat oleh baja (*aluminium conductor steel reinforced*) atau (*aluminium cladsteel*).

3. Kawat Logam Campuran

Kawat logam campuran merupakan kawat penghantar yang terdiri dari percampuran beberapa logam tertentu yang sejenis guna mendapatkan sifat-sifat tertentu dari hasil pencampuran tersebut. Dimana di dalam pencampuran tersebut sifat-sifat logam murni yang baik untuk kawat penghantar dipertahankan sesuaidengan aslinya. Hanya saja pencampuran ini khusus untuk menghilangkan kelemahan-kelemahan dari logam tersebut. Jenis yang banyak digunakan untuk kawat penghantar logam campuran ini adalah kawat tembaga campuran (*copper alloy*) dan kawat alumi-nium campuran (*alloy aluminium*). Kawat tembaga campuran sedikit ringan dari kawat tembaga murni, sehingga harganya lebih murah. Kekuatan tarik kawat tembaga campuran ini lebih tinggi, sehingga dapat digunakan untuk gawang yang panjang. Sedangkan kawat aluminium campuran mempunyai kekuatan mekanis yang lebih tinggi dari kawat aluminium murni, sehingga banyak dipakai pada gawang gawang yang lebih lebar. Juga kondiktivitasnya akan lebih besar serta mempunyai daya tahan yang lebih tinggi terhadap perubahan suhu. yang mempunyai tahanan jenis 0,0175 dengan berat jenis 8,9 dan titik cair sampai 1083° C, lebih tinggi dari kawat aluminium.

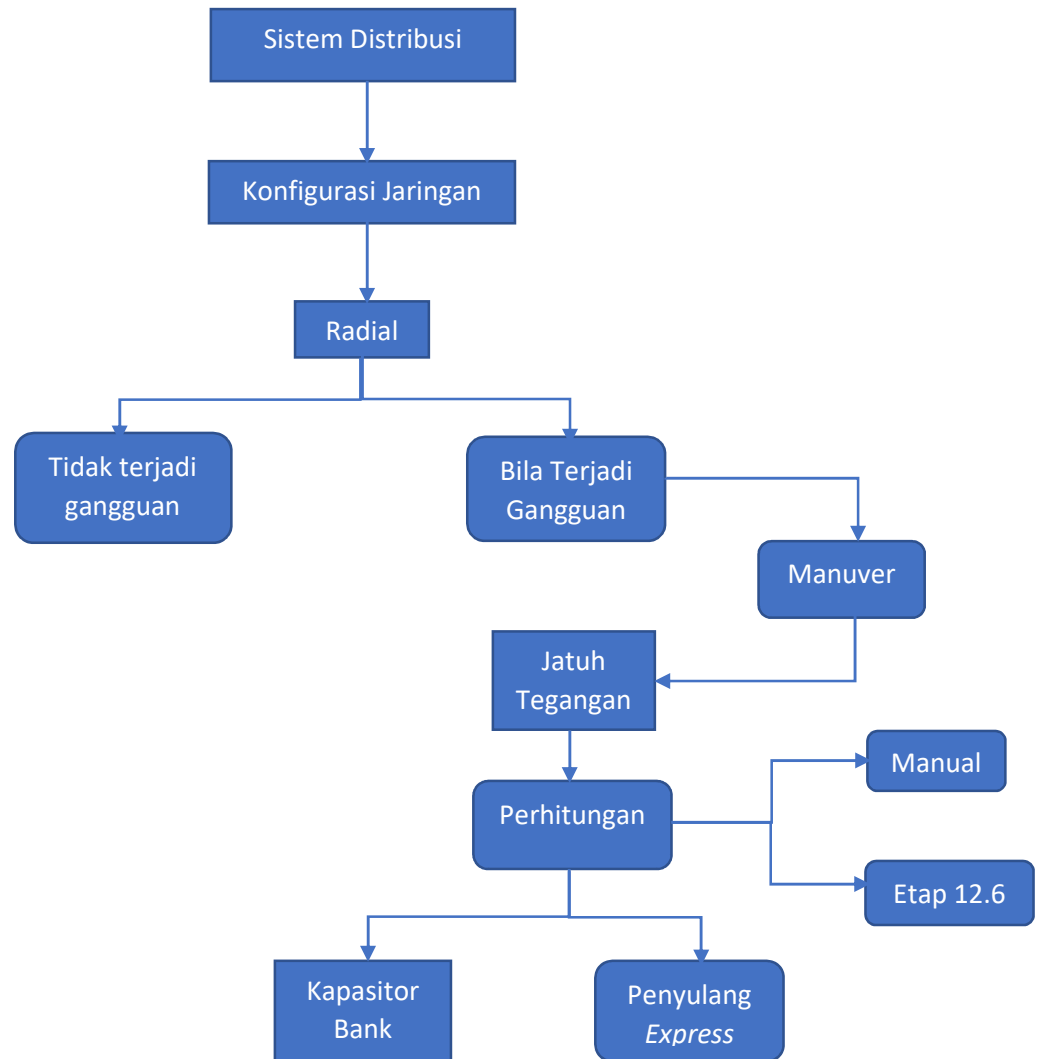
4. Kawat Logam Paduan

Kawat logam paduan merupakan kawat penghantar yang terbuat dari dua atau lebih logam yang dipadukan sehingga memiliki kekuatan mekanis dan konduktivitas yang tinggi. Biasanya tujuan dari perpaduan antara logam-logam tersebut digunakan untuk merubah atau menghilangkan kekurangan-kekurangan yang terdapat pada kawat-

kawat penghantar dari logam murninya. Kawat logam paduan ini yang banyak digunakan adalah kawat baja yang berlapis dengan tembaga maupun aluminium. Karena kawat baja merupakan penghantar yang memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dari kawat aluminium maupun kawat tembaga, sehingga banyak digunakan untuk gawang gawang yang lebar. Tetapi kawat tembaga ini memiliki konduktivitas yang rendah. Oleh karena itu diperlukan suatu lapisan logam yang mempunyai konduktivitas yang tinggi, antara lain tembaga dan aluminium. Selain itu dapat digunakan untuk melindungi kulit kawat logam paduan dari bahaya karat atau korosi. Jenis kawat logam paduan ini antara lain kawat baja berlapis tembaga (*copper clad steel*) dan kawat baja berlapis aluminium (*aluminium clad steel*). Kawat baja berlapis tembaga mempunyai kekuatan mekanis yang besar dan dapat dipakai untuk gawang yang lebih lebar. Sedangkan kawat baja berlapis aluminium mempunyai kekuatan mekanis lebih ringan dari kawat baja berlapis tembaga, tetapi konduktivitasnya lebih kecil. Oleh karena itu banyak digunakan hanya untuk gawang-gawang yang tidak terlalu lebar. Logam liat berwarna kemerah-merahan, yang mempunyai tahanan jenis 0,0175 dengan berat jenis 8,9 dan titik cair sampai 1083° C, lebih tinggi dari kawat aluminium.

2.3. Kerangka Pemikiran

Berdasarkan dukungan landasan teori yang diperoleh maka dapat disusun kerangka pemikiran sebagai berikut:



Gambar 2.12. Diagram Alur Penelitian

Dari diagram alur di atas dapat dijelaskan pada penjelasan di bawah ini

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen,

Fungsi dari distribusi tenaga listrik adalah:

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan)
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Dalam hal ini konfigurasi jaringan menjadi hal penting dalam pembahasan proyek akhir ini, karena setiap jenis konfigurasinya memiliki sistem yang berbeda juga. Untuk di daerah Rayon Borobudur memakai sistem Radial dalam penyalurannya, sehingga harus menyesuaikan jenis konfigurasi tersebut.

Dalam pembahasan proyek akhir ini, bila terjadi gangguan pada salah satu sistem jaringan, maka jaringan yang sehat tidak boleh padam, sehingga diperlukan keandalan dari sistem yang baik, untuk mencatu daya ke sumber yang sehat dibutuhkan manuver dari sumber lain atau penyulang lain, tetapi permasalahan yang timbul ketika melakukan manuver pada sistem Radial yang belum memiliki feeder express adalah terjadinya jatuh tegangan, Jatuh tegangan yang terjadi tentunya berpengaruh terhadap kualitas daya listrik yang disalurkan, penyaluran daya listrik tentunya mempunyai standarisasi yang sudah ditetapkan, standar yang telah ditetapkan oleh PLN adalah +5%, dan -5%

Jatuh tegangan yang terjadi dipengaruhi oleh adanya resistansi di dalam konduktor, resistansi yang ada pada konduktor dipengaruhi oleh luas penampang, semakin besar luas penampangnya semakin kecil resistansinya, begitu pula sebaliknya. Faktor lain yang mempengaruhi jatuh tegangan adalah cosphi yang rendah, karena jika cosphi rendah maka arus yang ditimbulkan di saluran semakin besar. Cosphi yang rendah sendiri dipengaruhi oleh daya reaktif yang timbul di saluran tinggi.

Untuk mengetahui bahwa jaringan tersebut mengalami jatuh tegangan atau tidak, maka akan dilakukannya perhitungan secara manual dan menggunakan aplikasi Etap 12.6, dengan menggunakan perhitungan manual maka akan digunakan rumus pada persamaan rumus 2.3 yang

dimana beban, tegangan hilir , panjang jaringan, resistansi, dan $\cos\phi$ harus diketahui. Selain dari perhitungan manual, ada acara lain untuk menghitung jatuh tegangan pada jaringan, yaitu dengan menggunakan ETAP 12.6, cara untuk menghitungnya adalah dengan cara sebagai berikut:

- 1.membuat single line diagram
- 2.memasukkan data-data seperti beban, resistansi dll
- 3.setelah data yang dimasukkan lengkap, lakukan load flow, maka jatuh tegangan di ujung akan langsung diketahui

Setelah dilakukan perhitungan, dan ternyata ditemukan drop tegangan yang melebihi standar yang ditentukan, maka bisa dilakukan 2 metode yang memungkinkan untuk melakukan perbaikan jatuh tegangan di daerah Rayon Borobudur, yang pertama menggunakan kapasitor Bank, dan yang kedua menggunakan penyulang *express*. Untuk penggunaan kapasitor bank memang sangat mudah dan tidak memakan biaya yang besar dibandingkan dengan penyulang *express*, tetapi penggunaan kapasitor bank tidak selamanya mengatasi permasalahan tersebut, dan hanya bersifat sementara, ketika beban semakin bertambah, kapasitor sudah tidak memungkinkan untuk digunakan kembali. Untuk mengatasi permasalahan kedepan, memang penyulang *express* menjadi salah satu solusi yang baik, karena penyulang *express* membantu penyulang yang tidak bermasalah tidak ikut padam, dan bisa digunakan untuk pecah beban.